



CILCA 2021

9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
LIFE CYCLE ASSESSMENT IN LATIN AMERICA

BUENOS AIRES | ARGENTINA

“Think long-term and act immediately”

VIRTUAL MEETING
ARGENTINA
MAY 31 TO JUNE 04, 2021





Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



ESTACIÓN EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina



Agencia I+D+i

Agencia Nacional de Promoción
de la Investigación, el Desarrollo
Tecnológico y la Innovación



Life Cycle Initiative



CILCA 2021

Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment

From 31 May to 4 June 2021
Buenos Aires, Argentina

CILCA 2021 : Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment / Roxana Piastrellini... [et al.] ; coordinación general de Roxana Piastrellini... [et al.].- 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-77-4

1. Ambiente. 2. Medio Ambiente. I. Piastrellini, Roxana, coord.

CDD 363.7063



edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando H. Cejas

Director Colección Energías Renovables, Uso Racional de Energía,

Ambiente: Dr. Jaime Moragues.

Disclaimer: The responsibility for opinions expressed in articles and contributions rests solely with their authors.

Selection of photographs: BSc. Eliana Conci

Editorial desing: Dis. gráfica Brenda Rodriguez

Queda hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723

© edUTecNe, 2021

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ)

Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-4998-77-4



Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.



Think long-term and act immediately

General organization

Roxana Piastrellini (Chair)
Leila Schein (Co-chair)
Alejandro Pablo Arena (Co-chair)
Bárbara Civit (Co-chair)

Cientific committee

Alejandro Pablo Arena (Argentina)
Alejandro Gallego Schmid (England)
Alfredo Iriarte García (Chile)
Alicia Parrado (Colombia)
Assumpció Antón (Spain)
Bárbara Civit (Argentina)
Cassia M. L. Ugaya (Brazil)
Claudia Peña (Chile)
Diego Iribarren (Spain)
Elena Rosa Dominguez (Cuba)
Fernando Daniel Mele (Argentina)
Francesc Castells Pique (Spain)
Gloria Rótolo (Argentina)
Gustavo Larrea-Gallegos (Peru)
Ian Vázquez-Rowe (Peru)
Isabel Quispe (Peru)
James Fava (United States)
Joan Rieradevall Pons (Spain)
Jorge Hilbert (Argentina)
Kenneth Ochoa (Colombia)
Kevin Harding (South Africa)
Leila Schein (Argentina)
Leonidas Carrasco-Letelier (Uruguay)
Leonor Patricia Güereca (Mexico)
Miguel Romero Sanchez (Colombia)
Natalia Cano (Brazil)
Nydia Suppen Reynaga (Mexico)
Paula Araujo (Argentina)
Roxana Piastrellini (Argentina)
Silvia Curadelli (Argentina)
Sonia Valdivia (Switzerland)

Local organizing committee

Eliana Conci
Emiliano Jozami
Fernando Daniel Mele
Gloria Rótolo
Javier Tonatto
Jorge Antonio Hilbert
Juan Fernández de Ullivarri
Justina Garro
Maria Emilia Iñigo Martinez
Maximiliano Zito
Patricia Garolera De Nucci
Paula Araujo
Paula Daniela Rodríguez
Rodolfo Bongiovanni
Silvia Curadelli
Verónica Charlón

Collaborators

Ana Maria Cuezco
Antonella del Rosario Lasar
Camila Corado
Danilo Anton
Fernando Arce Bastías
Germán Henderson
Isabella Azul Scaloni Guiñazú
José Luis Córca
Josefina Gutierrez
Lucas de Lima Casseres dos Santos
Lucas Maximiliano Machín Ferrero
María Paz Tieri
Micaela Vauzassovitch
Micaela Zamarian
Nahir Saez
Vanesa Celina Saez

Keynote Speakers

Adriana Zacarias Farah

Head and Global Coordinator – GO4SDGs. UNEP

Agnes Crepet

Head of Software Longevity at Fairphone

Martina Prox

ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH - member of the iPoint Group

Sebastiaan Stiller

Managing Director of EPD International AB

Yuki Hamilton Onda Kabe

Specialist in Sustainable Development at Braskem

Special Guest Speakers

Alejandro Pablo Arena

CLIOPE-UTN-FRM. CONICET

Andrea Genovese

Sheffield University Management School

Elizabeth Kleiman

FAO - Argentina

Joan Rieradevall I Pons

SosteniPrA - ICTA - UAB

João Marcelo Intini

FAO RLC

Trainers

Alejandro Pablo Arena

CLIOPE-UTN-FRM. CONICET

Amalia Sojo

CADIS

Cássia Maria Lie Ugaya

UTFPR

Fernando Arce Bastias

CLIOPE-UTN-FRM

Jaylton Bonacina de Araújo

UTFPR

Juan Pablo Chargoy

CADIS. UMA

Melissa Díaz

CADIS. FSLCI

Nydia Suppen

Hub América Latina - International EPD System. UN Environment Mexico. CADIS

Pre-events

Training Workshop

Sustainable Consumption and Production Hotspots Analysis Tool (SCP-HAT)

Llorenç Milà i Canals

Head of the Secretariat of the Life Cycle Initiative, UNEP

Ignacio Sanchez

Programme Management Officer, UNEP

Beatriz Martins Carneiro

Regional Coordinator GO4SDGs, UNEP

Round Table

Bioeconomy and Environmental Performance: Challenges and opportunities

Natalia Redolfi

Programa Argentino de Carbono Neutro – PACN

Mario Alejo Dantur

ACABIO Cooperativa Ltda.

Jorge Antonio Hilbert

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA



Index

| | |
|---|------------|
| FOREWORD | 16 |
| TECHNICAL SESSIONS | 18 |
| FULL PAPERS | 19 |
| Industrial symbiosis and circular economy | 20 |
| Driving the circular economy: an LCA perspective | 21 |
| Análisis ambiental de estrategias de ahorro energético para la producción de limón y derivados en Tucumán | 26 |
| Análisis de Ciclo de Vida de perfiles de ventana de PVC para la evaluación de la implementación de un modelo de economía circular | 31 |
| Análisis de los efectos ambientales de la minería urbana del cobre en Chile bajo una perspectiva de economía circular | 39 |
| Waste and recycling management | 44 |
| Quantifying the environmental impacts of marine litter - a case study for coastal peru | 45 |
| Modelagem de emissões de gases de efeito estufa gerados pela decomposição de fraldas descartáveis em aterros e lixões..... | 51 |
| Production of goods and services, and industrial restructuring | 55 |
| Life Cycle inventory of cattle meat production in an abattoir in the state of Bahia, Brazil..... | 56 |
| Revisão bibliográfica sistemática sobre avaliação do ciclo de vida e serviços ecossistêmicos na produção de leite..... | 60 |
| Modelos de caracterização para a categoria de impacto de formação de material particulado no contexto brasileiro: uma análise de sensibilidade | 65 |
| Life Cycle Assessment: a comparative study of the environmental footprints of solid and liquid shampoos | 70 |
| Análisis de ciclo de vida de un celular reacondicionado en Chile | 77 |
| Social Life Cycle Assessment and Life Cycle Sustainability Assessment | 82 |
| Proposta de indicadores para avaliação do ciclo de vida social de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em países em desenvolvimento..... | 83 |
| Buildings, mobility and smart cities | 88 |
| Análisis ciclo de vida de revocos en viviendas sociales en Tucumán | 89 |
| Efecto de aspectos geográficos sobre los impacto ambiental de un sistema urbano | 94 |
| Automotive transport decarbonization using hydrogen fuel cell vehicles in Argentina demand costs..... | 98 |
| Major Discussions on the Life Cycle Assessment of Heavy-Duty Vehicles | 102 |
| Management of critical resources for Latin America: energy, water and food | 107 |
| Reflexiones sobre la inclusión de contaminantes emergentes en la cadena porcina con enfoque de ACV | 108 |
| From farm to consumers: which is the environmental impact of milk production?..... | 113 |
| Análisis del ICV' Ecoinvent para la huella de carbono de la producción de peras en Argentina..... | 118 |
| Análisis de los impactos sobre el cambio climático y sobre la disponibilidad de agua de la producción de harina de microalgas | 123 |
| Evaluation of different scenarios of the Brazilian electricity matrix using the Life Cycle Assessment for the global warming potential category..... | 128 |
| Evaluating environmental impacts of different production scale beekeepers | 135 |

| | |
|--|------------|
| LCA-based Ecodesign | 139 |
| Análisis de ciclo de vida para el ecodiseño de una colección de prendas de bebé de algodón en Chile..... | 140 |
| Ecodesign de elementos constructivos verticais de vedação: desenvolvimento de painel de madeira de baixo impacto ambiental | 145 |
| Tools for decision making and policy design | 148 |
| Avaliação do impacto do mix de óleos vegetais e gordura animal na nota de eficiência energético ambiental do biodiesel no âmbito da política nacional de biocombustíveis - renováveis..... | 149 |
| Evaluación de la Prioridad de Empresas Latinoamericanas en Gestión de Ciclo de Vida | 154 |
| ABSTRACTS..... | 159 |
| Industrial symbiosis and circular economy | 160 |
| LCA and EPD as complementary tools to assess the environmental performance of circular economy strategies | 161 |
| ACV como herramienta para lograr una industria circular..... | 162 |
| Promoviendo la economía circular regional. Caracterización de productores de la cuenca de abastecimiento de granos de una cooperativa..... | 165 |
| Análisis de impactos ambientales del ciclo de vida de dietas alimenticias según ubicación geográfica y nivel socioeconómico para identificar oportunidades de economía circular | 169 |
| Environmental impact assessment of the agro-services symbiosis in frontier territories. Case study Mendoza (Argentina) | 170 |
| Avaliação ambiental da produção de colágeno extraído da pele de Tilápia-do-Nilo (Oreochromis Niloticus)..... | 172 |
| Rethinking the wastewater system in Lima, Peru: Towards circularity and resilience..... | 175 |
| Waste and recycling management..... | 177 |
| Análisis de los impactos ambientales del ciclo de vida de la remoción de materia orgánica de aguas servidas mediante una tecnología de lodos activados..... | 178 |
| Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos en Manta, Ecuador..... | 179 |
| Bark valorization: the environmental performance of converting birch bark to biofuels..... | 181 |
| Revisão bibliográfica sistemática sobre avaliação do ciclo de vida e outras ferramentas da gestão ambiental na gestão dos resíduos sólidos madeiros | 185 |
| Production of goods and services, and industrial restructuring..... | 186 |
| Huella de carbono de la cadena de trigo de Argentina | 187 |
| Estudios sobre biorefinerías de maíz en la Argentina | 190 |
| Aprovechamiento energético y sustentabilidad de caña de azúcar en la provincia de Tucumán (Argentina)... | 194 |
| Análisis preliminar de la contribución de los cultivos de cobertura polifíticos sobre el N mineral en el suelo y el C producido..... | 198 |
| Planificación de la cadena de suministros sustentable de la palma aceitera en Colombia | 202 |
| Parameterization of the pestlci 2.0 Model for the main agricultural production scenarios in Brazil | 205 |
| Life Cycle Assessment of small-scale honey production in Mendoza, Argentina – The influence of pollination services..... | 209 |
| Impacto ambiental de la producción de pollo de engorde: efecto de dietas nutracéuticas y condiciones de crianza | 213 |
| Huella de carbono de un sistema de producción de carne bovina en feedlot en la zona semiárida central de Argentina. Estudio de caso | 216 |

| | |
|--|------------|
| Análisis de ciclo de vida de dos decks. Comparativa entre deck de pino y deck de compuesto plástico..... | 220 |
| Determinación de la huella de carbono en pallets de madera para el abastecimiento local | 223 |
| Mitigação de Impactos na Destinação de Resíduos de Produtos a LED com ACV para Configuração de Rotas de Reciclagem..... | 224 |
| Social Life Cycle Assessment and Life Cycle Sustainability Assessment..... | 225 |
| Life Cycle Sustainability Assessment: A Roadmap..... | 226 |
| Life Cycle Sustainability Assessment of power generation expansion: a comparison between the current and future scenarios in Brazil..... | 227 |
| Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e ACV-S: uma revisão no contexto da avaliação de impacto social de Tipo II..... | 230 |
| Walking the talk during Covid-19: Gyro's LCSA..... | 234 |
| A closer look into S-LCA in Brazil..... | 238 |
| Análisis Social del Ciclo de Vida de la Producción de Cerdos en Brasil: Probando los indicadores de PSILCA para los trabajadores..... | 241 |
| Buildings, mobility and smart cities..... | 245 |
| Análisis de ciclo de vida de dos sistemas de pavimentación en la Ciudad de México | 246 |
| Brechas para cuantificar la Huella de Carbono de Edificaciones en todo su ciclo de vida..... | 249 |
| Use of the Life Cycle Assessment to evaluate the implemented of alternatives in the tourist area of Villa Clara ... | 254 |
| ACV del sistema de agua de la Ciudad de México: análisis de tres escenarios hipotéticos de mejora ambiental.... | 256 |
| Economía circular e ACV de edificios: uma revisão sistemática..... | 259 |
| Impactos ambientales de la Ciudad de México desde una perspectiva de ciclo de vida organizacional | 262 |
| EVAMED Diseño y primeros resultados de una herramienta de Evaluación Ambiental de Edificios con enfoque de Ciclo de Vida..... | 265 |
| Comparative evaluation of Electric Passengers Urban Movility introduction in Peru | 269 |
| Management of critical resources for Latin America energy, water and food | 270 |
| Análisis de ciclo de vida comparativo de dos tipos de sistemas productivos de ganado bovino en pastoreo en el trópico mexicano..... | 271 |
| Life Cycle Assessment of extensive beef production in Colombia..... | 273 |
| Evaluación de impacto ambiental en la producción de alimentos mediante el Análisis de Ciclo de Vida. Aplicación en la UEB los atrevidos de Villa Clara..... | 275 |
| A implementação da análise de ecoeficiência no desafio de máxima produtividade do CESB..... | 279 |
| Expansão do cultivo do cacau no semiárido brasileiro: identificação de zonas de escassez hídrica utilizando os fatores de caracterização do aware | 283 |
| Pegada hídrica na gestão empresarial: el agua nos une | 287 |
| ACV de energía del océano | 289 |
| Análisis de Ciclo de Vida de la producción de energía a partir de <i>Spartina Argentinensis</i> | 292 |
| Life Cycle Assessment of latent heat storage technologies used for the supply of heat in households..... | 295 |
| Análisis de ciclo de vida de la incorporación de tecnologías solares activas y pasivas en viviendas de interés social en Argentina: generación de energía fotovoltaica, calentamiento de agua y diseño bioclimático..... | 298 |
| Uso del análisis de ciclo de vida en la evaluación ambiental de la matriz energética cubana | 302 |
| Life Cycle Assessment Databases..... | 303 |
| The contribution of the Global LCA Data Access network (GLAD) to enhanced data accessibility and interoperability | 304 |
| National lifecycle inventory database development in Africa: An overview of opportunities and challenges | 307 |

| | |
|---|------------|
| Increasing interoperability in national databases: the case of Peru LCA..... | 308 |
| Rota estratégica de base de dados nacionais: status e próximos passos | 310 |
| Conversor de inventários de ciclo de vida em formato Ecospold2 para ILCD | 313 |
| Validation of life cycle inventories converted from the Ecospold2 to ILCD format | 315 |
| Making a background LCI database of global scope fit new applications – the case ofecoinvent data for Environmental Product Declarations..... | 319 |
| LCA-based Ecodesign | 322 |
| Ecodiseño de empaques plásticos flexibles enfardados por espumado con nitrogeno | 323 |
| Herramienta rápida para análisis de ciclo de vida de empaques de alimentos | 324 |
| Utilización de la matriz dofa para la evaluación del ciclo de vida en proyectos de eco-diseño | 325 |
| Tools for decision making and policy design | 327 |
| Benefícios e oportunidades para uma usina de etanol em busca da certificação renovabio | 328 |
| BRACV 2019 e Além – convite para contribuir com as metas | 332 |
| Mitigación de emisiones de gei en fincas de ganado de leche en Colombia..... | 333 |
| Expansión de la frontera agrícola: insumos para la zonificación de zonas vitícolas en Argentina considerando el impacto por uso del agua y el suelo..... | 334 |
| POSTERS | 337 |
| Análisis de ciclo de vida de la fabricación de celdas solares de perovskita en Argentina: indicadores energéticos para distintas estructuras de celdas | 338 |
| Driving the circular economy: an LCA perspective | 341 |
| Promoviendo mecanismos de la economía circular en la región. Identificación de empresas que generan residuos y efluentes en las proximidades a una cooperativa agrícola productora de biogás..... | 346 |
| Evaluación de la eco-eficiencia del uso potencial del cemento de bajo carbono (LC ³) en sistemas constructivos cubanos..... | 350 |
| Revisión de la literatura de la huella de carbono en el ciclo de vida de los biocombustibles sólidos forestales versus combustibles fósiles | 352 |
| Análisis de ciclo de vida de dos biomasas residuales de origen industrial: el caso de vinazas de tequila y agua residual de vino tinto en México | 353 |
| Avaliação da eco-eficiência em serviços de iluminação pública da cidade de Cuenca - Equador | 356 |
| Bibliometric assessment of the current state of Life Cycle Assessment in Northeast Brazil | 357 |
| Evaluación de huella de carbono en la cadena de producción de yerba mate en Misiones, Argentina | 360 |
| Eco-efficiency analysis of concrete blocks produced with low-carbon cement (LC ³) | 363 |
| Lithium-sulfur cells with biowaste-derived cathode: a Life Cycle Assessment of the lab-scale production..... | 366 |
| Human food and environmental impacts | 369 |
| Panorama da rotulagem ambiental do café brasileiro..... | 370 |
| Impactos ambientais do leite de cabra..... | 373 |
| Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na amazônia legal: aspectos e impactos ambientais | 374 |
| Innovation through design of more sustainable systems: LCA and the use of TRIZ | 377 |
| Avaliação do ciclo de vida das fibras têxteis: uma revisão da literatura..... | 378 |
| Avaliação de ciclo de vida das cédulas de papel e polímero: estudos realizados por bancos centrais..... | 380 |
| Valoración de residuos industriales: modelo de simbiosis industrial para el sector industrial de la provincia de Cordoba..... | 381 |

| | |
|---|-----|
| Análisis del efecto ambiental de la implementación de la Estrategia Nacional de Electromovilidad en el ciclo de vida del sector vehicular de la ciudad de Santiago | 385 |
| O-LCA: an important driver for the circular economy | 386 |
| Análisis con enfoque de ciclo de vida en la propuesta de mejores prácticas de manejo de los bienes y servicios ecosistémicos..... | 388 |
| Estimación de huella hídrica y evaluación de impacto del uso del agua en sistemas lecheros bovinos del departamento Castellanos y Las Colonias, provincia de Santa Fe | 391 |
| Nuevo diseño habitacional de emergencia: perfil ambiental | 394 |
| Water footprint of lemon and by-products production in Tucumán | 397 |
| Environmental, nutritional and economic assessment of anchovy, tuna and sturgeon canning in a representative Spanish marine products area..... | 401 |
| ¿Qué se encuentra en la literatura sobre la categoría de impacto eutrofización terrestre y acuática en latinoamérica?..... | 402 |
| Amaru: un nuevo concepto de base de datos de análisis de ciclo de vida | 405 |



Foreword

Faced with the COVID-19 pandemic, the LCA community has the tools and the opportunity to show the long-term environmental and social benefits of humanity's new preferences and thus improve the positioning of more sustainable technologies: those that allow immediate action, without losing the long-term view. Perhaps most importantly, these technologies could consolidate and become common currency once the emergency is over, achieving substantial improvements in terms of sustainability.

CILCA 2021 was proposed as a space to address these new challenges with its traditional life cycle approach, accepting virtual participation in all its instances. In this way, being aware of the political, economic and social impact of the pandemic in Latin America and the world, we wanted to provide an adaptable solution to the diversity of circumstances that could affect people and limit their participation in the traditional format.

In this edition, we scheduled nine plenary presentations, fifteen oral technical sessions, three short courses, a workshop, and a poster contest. We also include spaces for relaxation and activities strongly linked to the culture of the host country, such as mate and tango workshops.

Convinced that together we can promote immediate and sustainable actions, we make available the contributions of researchers, thesis students and practitioners from Latin America and the rest of the world who have supported this first-rate scientific conference, developed in a framework of friendship.

Frente a la pandemia de COVID-19, la comunidad de LCA tiene las herramientas y la oportunidad de mostrar los beneficios ambientales y sociales a largo plazo de las nuevas preferencias de la humanidad y así potenciar el posicionamiento de tecnologías más sustentables: aquellas que permiten actuar de inmediato, sin perder de vista el largo plazo. Quizás lo más importante es que estas tecnologías podrían consolidarse y convertirse en moneda corriente una vez finalizada la emergencia, logrando mejoras sustanciales en términos de sustentabilidad.

CILCA 2021 se planteó como un espacio para abordar estos nuevos desafíos con su tradicional enfoque de ciclo de vida, aceptando la participación virtual en todas sus instancias. De esta manera, siendo conscientes del impacto político, económico y social de la pandemia en América Latina y en el mundo, quisimos brindar una solución adaptable a diversas circunstancias que podían afectar a las personas y limitar su participación en el formato tradicional.

En esta edición, programamos nueve conferencias plenarias, quince sesiones técnicas orales, tres cursos cortos, un taller, y un concurso de posters. Incluimos además espacios de relajación y actividades vinculadas fuertemente con la cultura del país organizador, como fueron los talleres de mate y tango.

Convencidos de que juntos podemos alentar acciones inmediatas y sustentables, ponemos a disposición las contribuciones de investigadores, tesis y practicantes latinoamericanos y del resto del mundo que han dado soporte a esta conferencia de primer nivel científico, desarrollada en un marco de amistad.

*Roxana Piastrellini
Leila Schein
Alejandro Pablo Arena
Barbara Civit*

June, 2021



Technical sessions



Full papers



Industrial symbiosis and circular economy

DRIVING THE CIRCULAR ECONOMY: AN LCA PERSPECTIVE

Wladimir Motta, Úrsula Maruyama

CEFET-RJ, Research Group - ECCOA / BRAZIL.. eccoa.pesquisas@gmail.com

ABSTRACT

In recent years, approaches concerning to the relationship between environment, economic system and society have been gaining strength in national and international debates due to the constant deterioration of living conditions on the planet, mainly through the acceleration of the depletion of natural resources and the exacerbated generation of waste. The current economic model based on overproduction and overconsumption lead the world to the ecological crisis and this “old” model should be modified or adapted to this crisis reality. Thus, reviewing organizational practices is now a crucial element to disclose the areas where the innovative efforts must focus. Circular economy emerges as an alternative to the traditional linear approach, proposing a new sustainable model, this concept may lead to a circular production system where, among other benefits, there will be minimal waste, since all discards would potentially serve as input for a new productive cycle and new business models where product ownership is no longer a reality are proposed. The challenge of this proposal is to develop an environmental approach to overcome the current trade-off between our model of incessant economic growth and the environmental crisis. In this perspective, there is the Life Cycle Assessment (LCA), which is considered a valuable methodology for Environmental sustainability, a tool that makes a detailed study of the complex interaction between environmental aspects and the product life cycle, taking into account the entire product supply chain. LCA methodology enables an analysis of how the product can affect the environment during the stages of resource consumption, manufacturing processes, use and disposal. In this context, the present study addresses LCA and its relationship with the implementation of the principles of circular economy. It aims to review and discuss the concepts of circular economy and LCA, as well as positive feedback mechanisms can help to reduce the use of natural resources and the generation of environmental impacts against the backdrop of LCA, which will provide the necessary information for the decision making. In addition, the study searches publications in journals using the Scopus and Web of Science databases, with the objective of conducting a literature review and identifying through a bibliometric study the presence of documents that address both themes: circular economy and LCA. Against this background, we hope to contribute to a better understanding of the relationship between these two important areas of research, pointing out their convergences. The main result of this study is to highlight the importance of using LCA to support the real reduction of environmental impacts promoted by circular economy practices.

Keywords: life cycle assessment (LCA); circular economy; ecological crisis; environmental impact.

RESUMEN

En los últimos años, los enfoques de la relación entre medio ambiente, sistema económico y sociedad han ido ganando fuerza en los debates nacionales e internacionales debido al constante deterioro de las condiciones de vida en el planeta, principalmente a través de la aceleración del agotamiento de los recursos naturales y la agudización de la generación. de desperdicio. El modelo económico actual basado en la sobreproducción y el consumo excesivo ha llevado al mundo a una crisis ecológica y este modelo “viejo” debe ser modificado o adaptado a esta realidad de crisis. Así, la revisión de las prácticas organizacionales se convierte en un elemento crucial para difundir las áreas en las que deben enfocarse los esfuerzos innovadores. La economía circular surge como una alternativa al enfoque lineal tradicional, proponiendo un nuevo modelo sostenible, este concepto puede conducir a un sistema de producción circular donde, entre otros beneficios, habrá un mínimo de desperdicio, ya que todos los descartes podrían potencialmente servir como insumo para una Se proponen nuevos ciclos de producción y nuevos modelos de negocio donde la propiedad del producto ya no es una realidad. El desafío de esta propuesta es desarrollar un enfoque ambiental para superar el actual equilibrio entre nuestro modelo de crecimiento económico incesante y la crisis ambiental. En esta perspectiva, se destaca la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV), considerada una metodología valiosa para la sostenibilidad ambiental, una herramienta que realiza un estudio detallado de la compleja interacción entre los aspectos ambientales y el ciclo de vida del producto, teniendo en cuenta toda la cadena de suministro. La metodología ECV permite un análisis de cómo el producto puede afectar el medio ambiente durante las etapas de consumo de recursos, procesos de fabricación, uso y disposición. En este contexto, el presente estudio aborda el ECV y su relación con la implementación de los principios de la economía circular. Tiene como objetivo revisar y discutir los conceptos de economía circular y ECV, así como

señalar cómo los mecanismos de retroalimentación positiva pueden ayudar a reducir el uso de recursos naturales y la generación de impactos ambientales en el contexto de LCA, lo que brindará la necesaria información para la decisión a tomar. Además, el estudio busca publicaciones en revistas utilizando las bases de datos Scopus y Web of Science, con el objetivo de realizar una revisión de la literatura e identificar mediante un estudio bibliométrico la presencia de documentos que abordan ambos temas: economía circular y ECV. En este contexto, esperamos contribuir a una mejor comprensión de la relación entre estas dos importantes áreas de investigación, señalando sus convergencias. El principal resultado de este estudio es resaltar la importancia de utilizar el ECV para apoyar la reducción real de los impactos ambientales promovidos por las prácticas de economía circular.

Palabras clave: evaluación del ciclo de vida (ECV); economía circular; Crisis ecológica; impacto medioambiental.

RESUMO

Nos últimos anos, as abordagens quanto às relações entre meio ambiente, sistema econômico e sociedade vêm ganhando força nos debates nacionais e internacionais devido à constante deterioração das condições de vida no planeta, principalmente através da aceleração do esgotamento dos recursos naturais e da exacerbada geração de resíduos. O atual modelo econômico baseado na superprodução e no consumo excessivo conduziu o mundo à crise ecológica e esse “velho” modelo deve ser modificado ou adaptado a esta realidade de crise. Assim, a revisão das práticas organizacionais passa a ser um elemento crucial para disseminar as áreas em que os esforços inovadores devem se concentrar. A economia circular surge como uma alternativa à abordagem linear tradicional, propondo um novo modelo sustentável, este conceito pode levar a um sistema de produção circular onde, entre outros benefícios, haverá desperdício mínimo, uma vez que todos os descartes serviriam potencialmente como insumo para um novo ciclo produtivo e novos modelos de negócio onde a posse dos produtos não é mais uma realidade são propostos. O desafio desta proposta é desenvolver uma abordagem ambiental para superar o atual trade-off entre nosso modelo de crescimento econômico incessante e a crise ambiental. Nessa perspectiva, destaca-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), considerada uma valiosa metodologia para a sustentabilidade ambiental, ferramenta que faz um estudo detalhado da complexa interação entre os aspectos ambientais e o ciclo de vida do produto, levando em consideração toda a cadeia de suprimentos. A metodologia ACV permite uma análise de como o produto pode afetar o meio ambiente durante as etapas de consumo de recursos, processos de fabricação, uso e descarte. Neste contexto, o presente estudo aborda a ACV e sua relação com a implementação dos princípios da economia circular. Tem como objetivo revisar e discutir os conceitos de economia circular e ACV, assim como apontar como os mecanismos de feedback positivo podem ajudar a reduzir o uso de recursos naturais e a geração de impactos ambientais no contexto da ACV, que fornecerá as informações necessárias para a decisão a ser tomada. Além disso, o estudo busca publicações em periódicos utilizando as bases de dados Scopus e Web of Science, com o objetivo de realizar uma revisão da literatura e identificar por meio de um estudo bibliométrico a presença de documentos que abordem os dois temas: economia circular e ACV. Nesse contexto, esperamos contribuir para um melhor entendimento da relação entre essas duas importantes áreas de pesquisa, apontando suas convergências. O principal resultado deste estudo é destacar a importância da utilização da ACV para apoiar a redução real dos impactos ambientais promovidos pelas práticas da economia circular.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida (LCA); economia circular; crise ecológica; impacto ambiental.

INTRODUCTION

Since the advent of the industrial revolution, the use of natural resources and waste generation has grown in an accelerated and uncontrolled way, in a process that has led to the so-called ecological crisis. This crisis translates into serious challenges, such as those related to climate change, growing depletion of natural resources, water scarcity, acidification of the oceans, high generation of waste, among others. Without taking into account the planetary boundaries, the current economic model has had serious consequences that endanger the living conditions of the world population and other living beings, not to mention the inequalities in the appropriation of natural resources.

The environmental degradation resulting from human activities on Earth worsened in the period known as the “great acceleration” that began in the early 1950s, with the post-war reconstruction of countries devastated by the conflict. The data show strong evidence that developed and developing industrialized countries are critically deteriorating, albeit differently, the ecological system that sustains all life on Earth (WWF, 2016; UNEP, 2010; Motta et al., 2017). The growth of the human population makes circumstances increasingly critical and challenging; the World Population Prospects: The 2017 Revision, published in June 2017 by the UN Department of Economic and Social Affairs, estimated that the world population will be 8.6 billion by 2030 and 9.8 billion by 2050.

The UN Sustainable Developmental Goals anticipate that the equivalent of almost three planets will be required to sustain the current lifestyles of the linear ‘take-make-dispose’ economy. According to Léna (2012), while the limits for the physical expansion of the economic system and the degradation generated were not noticeable, however there were crises, the belief that the system would provide what is needed for the growing consumption remained unshaken. This notion also hides an assumption that the planet has an endless capacity of recovering from its natural losses.

In the meantime, several studies have been questioning the current predominantly linear economic system based on extraction-production-consumption-discard/waste (Andersen, 2007; Bonciu, 2014; Greyson, 2007; Lieder and Rashid, 2016; Preston, 2012). This process prioritises economic objectives, with little or no regard for the environmental or social impacts generated at each stage. In contrast to the reality generated by this linear form of production and consumption, alternatives have been proposed.

The concept of circular economy arises from this search for solutions to face the current ecological reality and its future prospects, particularly as regards the need for alternatives to industrial production and consumption. The main objective of the circular economy is to maximize the environmentally sustainable use of natural resources, seeking to reduce waste and organize economic activities, in a continuous process of feedback (Motta et al., 2017; Peña et al., 2021).

The successful transition to the circular economy requires tools and methodologies that assist in dealing with the trade-offs, both to provide the information base for the decisions to be made and to validate the eventual environmental benefits gained. In this context, life cycle assessment (LCA), which is a recognized methodology among the main “green tools”, has a great potential to fully meet this need. LCA has been increasingly accepted as a means of assessing the environmental impacts associated with all stages of a product’s life-cycle for its potential to generate information for decision-making and options on trade-offs that can lead to a reduction of the impacts generated by a product, its production processes, its use, disposal and recycling (Motta et al., 2017; Peña et al., 2021).

The challenge for the circular economy is then to develop an innovative approach to overcome the current trade-off between our model of economic development and the environmental crisis. In this context, the purpose of this article is to point out the importance and relation between LCA and the circular economy.

CIRCULAR ECONOMY

The dissemination of studies and proposals contemplating the circular economy, particularly in Europe, gained prominence in recent years. The concept of circular economy (EC) was coined and defined by Pearce and Turner (1990) as an economy where waste is recycled into resources, either through a technological feedback process or through a natural ecosystem feedback process, promoting the maintenance of natural resources (Peña et al., 2021). But such an approach should not be considered as an absolute novelty, since its guiding principles incorporate multiple theoretical concepts and practical applications from industrial ecology, cradle to cradle, blue economy, biomimetics, among others. Some authors point out that the circular economy combines the thoughts of 3R (reduce, reuse, recycle), 6R (reduce, reuse, recycle, redraw, remanufacture, recover), and most recently 8R (reduce, repair, reuse, recycle, recover, refuse, rethink) considering also zero emission, LCA and eco-efficiency concepts, among others (Winans et al., 2016; Motta et al., 2017). Although not an “absolute novelty,” this combination of concepts proposed by the circular economy has drawn the attention of researchers, governments, and industries world-wide, causing the transition movements to the circular economy to be initiated, or at least, discussed.

The concept is inspired by biological cycles, emphasizing the importance of optimizing the use of natural resources in a system over time (Di Maio and Rem, 2015; Ellen MacArthur Foundation, 2013; Peña et al., 2021). Circular economy is not just a mark in environmental policy circles, it is one of the main strategies used by the European Union (EU) to stimulate sustainable economic growth and job creation (Motta et al., 2017).

The ecological crisis requires initiatives such as the circular economy in order to tackle it. It is important to emphasize that in order to make the right decisions regarding business alternatives facing the proposal of the circular economy, other methodologies and concepts should be used and an important ally in this transitory movement is life cycle assessment - LCA, which brings reliable information about the impacts generated at all stages of the product and service life cycle.

LCA AND CIRCULAR ECONOMY

Life cycle assessment (LCA) has emerged as a methodological tool that evaluates the impact and environmental aspects of a product, process or service throughout the different stages of its life cycle, allowing complete or partial

analysis of these stages. All different activities – such as extraction of raw materials, supply chain, distribution, use and final destination – may be analysed to quantify the use of natural resources, emissions, environmental and health impacts that might be associated (Piekarski et al., 2013; Welz et al., 2011; Motta et al., 2018).

Due to its more comprehensive perspective, LCA can support and interfere in the product design, development, manufacture, its use, the final disposal and even its reuse. It offers the possibility of a quantitative analysis to identify opportunities for environmental improvements in products, processes and services, enhancing decision-making processes in organisations (Bocken et al., 2011; Piekarski et al., 2013; Motta et al., 2018). The use of LCA and its importance are highlighted at UNEP (2011) as the methodology used to identify the environmental impacts of production processes performed by various industries around the world.

The path to the circular economy can benefit greatly from the LCA, considering three stages in a succinct way: the first stage corresponds to the analysis of the impacts of a given product, process or service, related to the proposals of the circular economy, through stroke studies; the second stage concerns the recognition of the set of advantages or disadvantages arising from potential development alternatives over the life cycle; and finally, the third step refers to the establishment of objectives along the business strategy considering possible trade-offs (Motta et al., 2018; Peña et al., 2021). In the context presented, the perspective of using LCA is coherent in the sense of validating and conducting the transition to the circular economy (Zarębska and Joachimiak-Lechman, 2016).

CONCLUSION

Recent literature shows that LCA is a robust, science-based tool that can measure and evaluate products and business models within the circular economy. As the introduction of environmental sustainability in business continues to draw more attention to society, governments and organizations, strategies to enable the transition to a circular economy become increasingly examined and tested. The paradigm shift from linear economy to circular economy requires the provision of innovative knowledge and methodologies, compatible with new ecological requirements, where saving natural resources and reducing the negative impacts of productive processes and consumption are determinant.

The present work pointed out to what extent LCA, based on its scientific bases, can collaborate for the paradigm transition towards the circular economy. It is worth noting that such methodology evaluates the environmental impacts involved in the production processes, providing relevant information regarding the trade-offs involved to the interested parties and, also, enabling the interpretation of the study results for decision making both downstream and upstream. In this way, LCA considerably reduces the risks in the decision making related to the “environmental effects” involved, leading to a truly circular and environmentally friendly economy.

It is hoped that the present work has provided enough elements for the understanding of the interrelationships between LCA and the circular economy. It is expected that this work may be a starting point for further and detailed studies involving knowledge in the field of circular economy, as well as for the development of practical applications of LCA in circular economy models. In times of ecological crisis, all contributions towards environmentally efficiency, in this particular case in benefit of the transition to the circular economy, are welcome.

REFERENCES

1. Andersen, M.S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science* 2(1),133–140.
2. Bocken, N. M. P., Allwood, J. M., Willey, A. R., King, J. M. H. (2011). Development of an eco-ideation tool to identify stepwise greenhouse gas emission reduction options for consumer goods. *Journal of Cleaner Production* 19, 1279 – 1287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.04.009>
3. Bonciu, F. (2014). The European economy: from a linear to a circular economy historical models and concepts regarding economy and society. *Romanian Journal of European Affairs*, 14 (4), 78–91.
4. Di Maio, F. & Rem, P.C. (2015). A Robust Indicator for Promoting Circular Economy through Recycling. *Journal of Environmental Protection*, 6, 1095-1104.
5. Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Retrieved from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
6. Greyson, J. (2007). An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 15 (13–14), 1382-1390.
7. Léna, P. (2012). Os Limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate. In *Enfrentando Os Limites Do Crescimento: Sustentabilidade, Decrescimento e Prosperidade*. (1a ed.). Rio de Janeiro: Garamond.

8. Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
9. Motta, W., Prado, P., Issberner, L.-R. (2017). Eco-Innovations: Kick-Starting the Circular Economy. In: ECSEE Official Conference Proceedings 2017, The European Conference on Sustainability, Energy & the Environment, 7-9 July, Brighton. ISSN: 2188-1146.
10. Motta, W., Prado, P., Issberner, L.-R. (2018). Life cycle assessment and eco-innovations: What kind of convergence is possible? *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.221> - 0959-6526
11. Pearce DW, Turner PK (1990) *The economics of natural resources and the environment*. Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead
12. Peña, C., Civit, B., Gallego-Schmid, A. et al. Using life cycle assessment to achieve a circular economy. *Int J Life Cycle Assess* 26, 215–220 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01856-z>
13. Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. London: Chatham House.
14. Piekarski, C. M., Luz, L. M., Zocche, L., Francisco, A. C. (2013). Life cycle assessment as entrepreneurial tool for business management and green innovations. *Journal of Technology Management & Innovation* 8 (1), 44-53. DOI: 10.4067/S0718-27242013000100005
15. UNEP. (2010). *United Nations Environment Programme Annual Report 2010*. Retrieved from <http://staging.unep.org/annualreport/2010/pdfs/UNEP-AR-2010-FULL-REPORT.pdf>
16. UNEP. (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816>
17. Winans, K., Kendall, A. & Deng, H. (2016). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833.
18. WWF. (2016). *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*. Retrieved from http://www.footprintnetwork.org/content/documents/2016_Living_Planet_Report_Lo.pdf
19. Welz, T., Hirschler, R., Hilty, L. M. (2011). Environmental impacts of lighting technologies: life cycle assessment and sensitivity analysis. *Environmental Impact Assessment Review* 31 (3), 334-343. DOI:10.1016/j.eiar.2010.08.004.
20. Zarębska, J.; Joachimiak-Lechman, K. (2016) Circular economy – the role of the Environmental Life Cycle Assessment, opportunities, barriers and challenges. *Journal of Reverse Logistics*, 1/2016 (2) p. 5-9.

ANÁLISIS AMBIENTAL DE ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGETICO PARA LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN Y DERIVADOS EN TUCUMÁN

María Emilia Iñigo Martínez ^{1,2*}; Gisela F. Diaz ²; Walter Daniel Machado ^{2,3}; Patricia Garolera De Nucci ²; Alejandro Pablo Arena ^{1,4}

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Argentina. emilia.inigo@gmail.com, minigo@eeaoc.org.ar

² Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). Tucumán, Argentina. gdiaz@eeaoc.org.ar, pgarolera@eeaoc.org.ar

³ Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Tucumán. Tucumán, Argentina. daniel.machado@eeaoc.org.ar

⁴ Grupo CLIOPE, UTN, Facultad Regional Mendoza. Mendoza, Argentina. aparena@gmail.com

RESUMEN

Alrededor del 70% de la producción de limón en la Argentina se destina a la industria, para la elaboración de derivados como jugo concentrado, cáscara deshidratada y aceite esencial. El consumo de gas natural en la industria, causa problemas en cuanto a su correcto abastecimiento y las emisiones de gases de efecto invernadero durante la época de zafra. Por otro lado, la revalorización de los residuos generados de la agroindustria, constituye un factor clave para una cadena de suministro más sustentable. En este sentido, la biomasa de las fincas, y el biogás producido a partir de efluentes líquidos, pueden sustituir al gas natural para satisfacer los requerimientos energéticos de la fábrica. Sin embargo, existen escasas publicaciones que evalúen ambientalmente alternativas energéticas de cogeneración, para la Argentina. El objetivo de este estudio fue evaluar en base al análisis de ciclo de vida (ACV), el impacto ambiental de la producción de subproductos del limón en Tucumán (Argentina) a partir de escenarios energéticos alternativos. En general, la sustitución del gas natural por combustibles de carácter renovable genera un menor impacto en proceso productivo y reduce las emisiones de CO₂ equivalente.

Palabras clave: Biomasa, Energía, Limón, Análisis de ciclo de vida.

ABSTRACT

Around 70% of the lemon production in Argentina is destined to industry, for by-products production such as concentrated juice, dehydrated peel and essential oil. There have been problems with the correct supply of natural gas in industry and greenhouse gas emissions during the harvest season. On the other hand, converting citrus wastes into value-added products constitutes a key factor for a more sustainable supply chain. In this sense, the biomass from orchards, and the biogas produced from liquid effluents, can substitute natural gas to satisfy the energy requirements of the factory. However, there are few publications that environmentally evaluate cogeneration energy alternatives for Argentina. The main goal of this study was to evaluate, the environmental impact of the production of lemon by-products in Tucumán (Argentina) from alternative energy scenarios, based on life cycle assessment (LCA). Overall, replace natural gas with renewable fuels generates a lower impact on the production process and reduces CO₂ equivalent emissions.

Keywords: Biomass, Energy, Lemon, Life cycle assessment.

RESUMO

Cerca de 70% da produção de limão na Argentina é destinada à indústria, para a produção de subprodutos como suco concentrado, casca desidratada e óleo essencial. O consumo de gás natural na indústria causa problemas quanto ao seu correto abastecimento e emissão de gases de efeito estufa durante a safra. Por outro lado, a conversão de resíduos cítricos em produtos de valor agregado constitui um fator chave para uma cadeia de suprimentos mais sustentável. Nesse sentido, a biomassa dos pomares e o biogás produzido a partir dos efluentes líquidos podem substituir o gás natural para atender às necessidades energéticas da fábrica. No entanto, existem poucas publicações que avaliam ambientalmente alternativas energéticas de cogeração para a Argentina. O objetivo principal deste estudo foi avaliar o impacto ambiental da produção de subprodutos do limão em Tucumán (Argentina) a partir de cenários de energias alternativas, com base na avaliação do ciclo de

vida (LCA). De manera general, substituir o gás natural por combustíveis renováveis gera um menor impacto no processo produtivo e reduz as emissões de CO₂ equivalente

Palavras-chave: Biomassa, Energia, Limão, Análise do ciclo de vida.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del 85% del consumo actual de energía a nivel mundial se basa en combustibles fósiles, aumentando significativamente, los niveles de emisiones atmosféricas de CO₂. Además, en vista de que los países en desarrollo no pueden prescindir de un mayor consumo de energía, se acrecientan las preocupaciones por el calentamiento global (Valenti et al, 2017).

La agroindustria cítrica, en especial la producción de limón, fue seleccionada entre los cinco principales agroexportadores de Argentina (Basso et al, 2013). La provincia de Tucumán, concentra un 87% de la producción y el 86% de la superficie total designada para el cultivo de limón (Paredes et al., 2014)

Asimismo, más del 70% de la producción de cítricos de la Argentina se destina a la industria, para la elaboración de derivados como jugo concentrado, cáscara deshidratada y aceite esencial.

El consumo energético industrial se realiza a partir de la combustión de gas natural en calderas para la generación de vapor y secado de cascara. Sin embargo, una de las principales problemáticas del sector está relacionada con la escasez, el correcto abastecimiento de este gas combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero durante la época de zafra (Diaz et al., 2018).

Por otro lado, los residuos generados de la industrialización del limón son de diversa naturaleza, la mayoría de ellos de tipo orgánico. El tratamiento actualmente aplicado a escala industrial en empresas cítricas de Tucumán es la biodigestión anaeróbica con producción de biogás (Machado, 2015).

Además, a partir de la superficie plantada de limoneros, se generan grandes cantidades de biomasa residual de poda y renovación de plantas, con alto potencial energético, que no es reutilizada actualmente (Diaz et al., 2017).

En este sentido, la biomasa de las fincas, con alta eficiencia térmica, y el biogás producido a partir de efluentes líquidos, pueden substituir al gas natural para satisfacer los requerimientos de calor y potencia en la fábrica.

En este contexto, la toma de conciencia sobre la importancia de una producción y consumo más sostenibles impulsa al cálculo de la huella ambiental a través del análisis de ciclo de vida (ACV), lo que pretendemos que los productores en la elección de prácticas sostenibles.

A pesar de que Argentina concentra una gran producción e industrialización de cítricos, no existen publicaciones referidas a la aplicación del ACV en este sector que evalúen ambientalmente alternativas energéticas de cogeneración.

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto ambiental de la producción de subproductos del limón en Tucumán a partir de escenarios energéticos alternativos, en base al ACV.

MATERIALES Y METODOS

En este estudio se evalúa el desempeño ambiental de alternativas energéticas para la producción de limón y derivados en la provincia de Tucumán, respecto a la producción de manera convencional, aplicando la metodología de ACV, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14040 (ISO 14040 2006; ISO 14044 2006).

El análisis es de la "cuna a la puerta", desde la producción de limón, hasta la obtención de los subproductos: jugo, aceite, cáscara y pulpa. El sistema en estudio se divide en: subsistema agrícola (S1) y subsistema industrial (S2), para producción anual.

Para realizar el análisis de inventario propuesto por la norma ISO 14040, se cuantificaron los flujos de entrada y salida al sistema estudiado. Los datos primarios se obtuvieron mediante balances de masa y energía y entrevistas a agricultores y jefes de fábrica. Además, se utilizaron datos de publicaciones y de la base de datos internacional Ecoinvent 3.0 (Wernet et al., 2016).

En S1, se considera una finca productora de limones perteneciente al sur de la provincia de Tucumán, sin riego. El modelado de la finca se realiza en base a un plan de manejo de agroquímicos en etapas de: vivero, baja producción por plantas jóvenes, producción plena y baja producción por plantas viejas. Además, se considera producción y transporte de agroquímicos y desechos generados, como envases de insumos y restos de biomasa de poda.

En S2, La capacidad de procesamiento de la compañía examinada es aproximada al promedio regional. Para el modelado del subsistema, se tuvieron en cuenta las diferentes etapas de producción de cada producto, el

transporte de materias primas, y los desechos generados por el sector, es decir, efluentes tratados, envases y materiales no reutilizables.

Se define como unidad funcional 1 t de cada producto final de los sectores analizados (limones a mercado, limones a fabrica, jugo concentrado turbio, cascara, aceite y pulpa).

Las alternativas energéticas son (Figura 1):

- A1: Planta de producción de derivados del limón convencional utilizando gas natural en todas las operaciones, sin cogeneración.
- A2: Planta de producción de derivados del limón utilizando el biogás generado para cogeneración en caldera y uso de gas natural en la línea de secado de cáscara. Se reutiliza el biogás generado a partir del tratamiento de efluentes, utilizado como combustible en una unidad de cogeneración para producir el vapor, necesario en el proceso. El gas natural solo se utiliza en los secadores de cascara, reduciendo en un 20% su consumo total.
- A3: Planta de producción de derivados del limón utilizando el biogás generado para cogeneración en caldera y uso de biomasa residual de poda para secado de cáscara. Se utiliza una unidad de cogeneración a partir de biogás para la producción de vapor y electricidad. A su vez, se sustituye el consumo de gas natural en la planta, para el secado de cascara, por generación de calor a partir de la combustión de chips de madera natural.

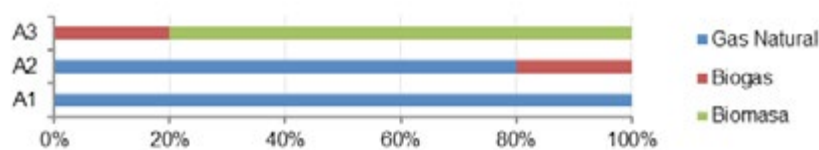


Figura 1. Porcentaje de combustibles utilizados en cada alternativa energética

El sistema bajo estudio posee diferentes salidas funcionales. Por lo tanto, se considera un criterio de asignación económico en ambos sectores y un criterio de asignación másico en la línea de jugos, pulpa y aceites. Para el cálculo de los factores de asignación económicos se tuvieron en cuenta los precios de mercado de los productos.

Se trabaja con la herramienta informática, SimaPro® v9.0.0., utilizando como método de evaluación de impacto el modelo ReCiPe Midpoint V1.12, y se excluyen del análisis las categorías no relevantes para este estudio

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos del inventario se clasifican en categorías de impacto según el método ReCiPe de punto intermedio, y como resultado, se compara la caracterización del subsistema industrial, que incluye a su vez al subsistema agrícola, de cada alternativa para producir 1 t de cada producto en la puerta de la fábrica, para las condiciones de producción de Tucumán (figura 2).

Se puede observar una gran disminución (90%) de la categoría de calentamiento global para A2 y A3, con respecto a A1.

A2 presenta mejores resultados con respecto a A1 en todas las categorías. Mientras que A3 es mejor que A1 en la mayoría de las categorías excepto en formación de partículas finas, ecotoxicidad terrestre, toxicidad humana no cancerígena, uso del suelo y consumo de agua. Sin embargo, resulta difícil determinar la alternativa que genera un menor impacto ambiental, debido a que el método considera una gran cantidad de categorías.

Uno de los mayores impactos está relacionado al consumo de agua para lavado de cascara. A su vez, muchos de los impactos en A2 y A3 se deben a la producción y transporte de fruta y biomasa. En cuanto al sistema agrícola, existe una gran participación en el impacto ambiental de la producción de limones a partir de plantas de jóvenes. Además, el uso y producción de herbicidas y fertilizantes, el consumo de Diesel y la maquinaria agrícola contribuyen entre un 10% y un 30% en las cargas ambientales de la producción de frutas.

En la etapa de normalización (figura 3), las categorías más relevantes identificadas para el nivel intermedio son: consumo de agua, calentamiento global, eco toxicidad terrestre, eco toxicidad del agua dulce y toxicidad cancerígena humana.

Finalmente, para las categorías seleccionadas por normalización, se puede observar que A3, es la alternativa con menor impacto, seguida de A2.

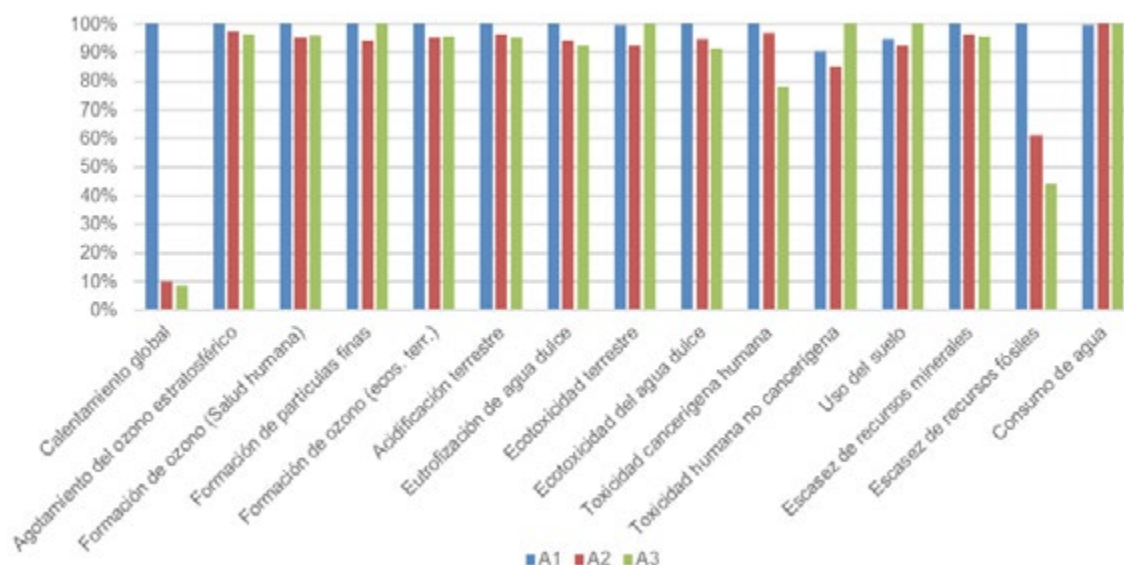


Figura 2. Comparación de alternativas energéticas en la etapa de caracterización

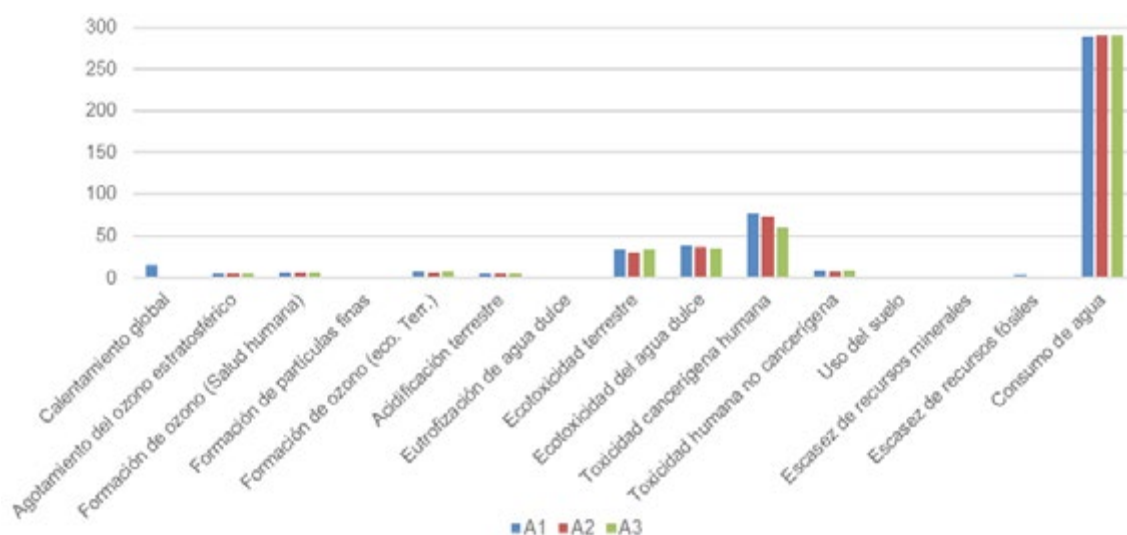


Figura 3. Comparación de alternativas energéticas en la etapa de Normalización

Los resultados del estudio para plantas jóvenes concuerdan con Cerutti et al., 2010, en donde el vivero se caracteriza por consumir cantidades bajas de combustibles fósiles, pero grandes consumos de fertilizantes y productos químicos en comparación con las otras etapas.

En coincidencia con De Luca et al., 2014, que analiza la producción de citrus hasta la puerta de la finca con el método ReciPe para las categorías de consumo de agua y cambio climático, los impactos más relevantes están relacionados con la producción y aplicación de fertilizantes.

En comparación con otros autores que estudian sistemas de cogeneración a partir de combustibles no fósiles (Claus et al., 2014; Galvagno et al., 2019), existe una mayor reducción del consumo específico de energía primaria no renovable, si se combinan diferentes combustibles de origen renovable (A3). Además, se logra una reducción del 90% de las emisiones de CO₂ equivalente.

CONCLUSIÓN

En conclusión, se compara el perfil ambiental de la producción de limón y sus derivados para diferentes perspectivas de ahorro energético. Los resultados dependen del método de asignación elegido y también del método de evaluación de impacto y del nivel seleccionado.

Se observa una gran influencia de la sustitución del gas natural por combustibles de carácter renovable en la reducción de emisiones de CO₂ equivalente por año. En general, el uso de biomasa agrícola genera un menor impacto con respecto a la alternativa convencional.

Además, la producción y aplicación de agroquímicos y el uso de combustibles fósiles son algunos aspectos a tener en cuenta para crear un manejo más sostenible en el sector agrícola.

REFERENCIAS

1. BASSO, L. R., C. PASCALE MEDINA, E. S. DE OBSCHATKO, J. PRECIADO PATIÑO (2013). Agricultura Inteligente: la iniciativa de la Argentina para la sustentabilidad en la producción de alimentos y energía. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Buenos Aires, 124.
2. CERUTTI, A. K.; BAGLIANI, M.; BECCARO, G. L.; PEANO, C.; BOUNOUS, G. (2010). Comparison of LCA and EFA for the environmental account of fruit production systems: a case study in Northern Italy. *Proceedings of LCA food 2010*. 2, 99-104.
3. CLAUS, S.; TAUBE, F.; WIENFORTH, B.; SVOBODA, N.; SIELING, K.; KAGE, H.; SENBAYRAM, M.; DITTERT, K.; GERICKE, D.; PACHOLSKI, A.; HERRMANN, A. (2014) Life-cycle assessment of biogas production under the environmental conditions of northern Germany: greenhouse gas balance. *J. of Agricultural Science*. 152, S172-S181
4. DE LUCAA, I., G. FALCONE, T. STILLITANO, A. STRANO, AND G. GULISANO (2014). 'Sustainability assessment of quality-oriented citrus growing systems in Mediterranean area', *Quality - Access to Success*. 15 (141), 103-108.
5. DIAZ, G. F.; PAZ, D. (2017) Evaluación técnico-económica de una planta de gasificación de biomasa residual del cultivo del limón para el abastecimiento energético de una citrícola de Tucumán. Parte I. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán ISSN 0370-5404*. 94, 33-45.
6. DIAZ, G. F.; PAZ, D. (2018) Evaluación técnico-económica de una planta de gasificación de biomasa residual del cultivo del limón para el abastecimiento energético de una citrícola de Tucumán. Parte II. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán ISSN 0370-5404*. 95, 01-12.
7. GALVAGNO, A.; PRESTIPINO, M.; MAISANO, S.; URBANI, F.; CHIODO, V. (2019). Integration into a citrus juice factory of air-steam gasification and CHP system: Energy sustainability assessment. *Energy Conversion and Management*. 193, 74-85.
8. ISO 14040 (2006a). Environmental management - Life cycle assessment: principles and framework. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
9. ISO 14044 (2006b) Environmental management - Life cycle assessment: requirements and guidelines. International Organization for Standardizations, Geneva, Switzerland.
10. MACHADO, W. D. (2015). Tratamiento biológico de residuos semisólidos y efluentes líquidos de la industria del procesamiento del limón. Universidad de Brugos.
11. PAREDES, V.; PEREZ, D.; SALAS, H.; RODRIGUEZ, G.; FIGUEROA, D. (2014). Producción, comercialización, gastos de implantación y producción del limón de Tucumán en las campañas 2013 y 2014. *REPORTE AGROINDUSTRIAL / Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos / EEAOC N° 95. ISSN 2346-9102*.
12. VALENTI, F.; PORTO, S.; CHINNICI, G.; SELVAGGI, R.; CASCONI, G.; ARCIDIACONO, C.; PECORINO, B. (2016) Use of citrus pulp for biogas production: A GIS analysis of citrus-growing areas and processing industries in South Italy. *Land Use Policy*. 66, 151-161.
13. WERNET, G., BAUER, C., STEUBING, B., REINHARD, J., MORENO-RUIZ, E., WEIDEMA, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21 (9), 1218-1230. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE PERFILES DE VENTANA DE PVC PARA LA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR

Ximena Ovalle-Núñez¹, Tomás Meriño², Edmundo Muñoz Alvear^{3*},

¹ Universidad Andrés Bello, Facultad de Ciencias de la Vida, Escuela de Ciencias Ambientales y Sustentabilidad, Avenida República 440, Santiago, Chile. x.ovallenez@uandresbello.edu

² Triciclos, Los Conquistadores 2307, Santiago, Chile. tmerinoab@gmail.com

³ Universidad Andrés Bello, Centro de Investigación para la Sustentabilidad, Avenida República 440, Santiago, Chile. edmundo.munoz@unab.cl

RESUMEN

Los plásticos son considerados los materiales más usados y versátiles de la era moderna, debido a sus amplias características, propiedades y usos. Estos materiales orgánicos son producidos principalmente desde combustibles fósiles, como gas natural, petróleo y carbón. Dentro de los plásticos más comunes se encuentra el policloruro de vinilo (PVC), el que es ampliamente utilizado en el sector de la construcción. Este sector, ha impulsado estrategias de gestión sustentables a través de Certificaciones LEED, acuerdos de producción limpia, e impulsando modelos de economía circular. Este último mayormente aplicado a eficiencia de producción, uso y valorización de materiales de la construcción. En este sentido, el objetivo del estudio fue evaluar estrategias de economía circular potencialmente aplicables en el ciclo de vida de siete perfiles de ventana de PVC. La metodología utilizada para realizar la modelación fue a través del software SimaPro. La unidad funcional es 1 kg de perfil de ventana de PVC producido. El alcance fue identificado desde la extracción de materias primas hasta la puerta de la empresa, donde se analizaron siete categorías de impacto. A partir del análisis, se observa que los insumos son un punto crítico, volviéndose primordial la eficiencia en la producción y la distancia de los proveedores de insumos, convirtiéndose la valorización de los insumos en un punto importante. Al analizar la valorización de un 30% de perfiles de ventana posterior a su uso, se obtiene una disminución de las categorías de impacto ambiental en hasta un 20%, lo cual se vuelve crucial para implementar una estrategia de economía circular para la empresa productora de perfiles de ventana.

Palabras clave: ACV, plástico, valorización.

ABSTRACT

Plastics are considered the most used and versatile materials of the modern era, due to their broad characteristics, properties and uses. These organic materials are produced primarily from fossil fuels, such as natural gas, oil, and coal. Among the most common plastics is polyvinyl chloride (PVC), which is widely used in the construction sector. This sector has promoted sustainable management strategies through LEED Certifications, clean production agreements, and promoting circular economy models. The latter mainly applied to the efficiency of production, use and valorization of construction materials. In this sense, the objective of the study was to evaluate potentially applicable circular economy strategies in the life cycle of seven PVC window profiles. The methodology used to carry out the modeling was through the SimaPro software. The functional unit is 1 kg of window profile produced. The scope was identified from the extraction of raw materials to the door of the company, where seven impact categories were analyzed. From the analysis, it is observed that the inputs are a critical point, becoming essential the efficiency in the production and the distance from the input suppliers, turning the value of the inputs into an important point. When analyzing the valuation of 30% of window profiles after their use, a reduction of the environmental impact categories is obtained by up to 20%, which becomes crucial to implement a circular economy strategy for the company that produces window profiles.

Keywords: LCA, plastic, recovery.

RESUMO

Os plásticos são considerados os materiais mais utilizados e versáteis da era moderna, devido às suas amplas características, propriedades e utilizações. Esses materiais orgânicos são produzidos principalmente a partir de combustíveis fósseis, como gás natural, petróleo e carvão. Entre os plásticos mais comuns está o cloreto de

polivinila (PVC), amplamente utilizado no setor de construção. Este setor tem promovido estratégias de gestão sustentável por meio de Certificações LEED, acordos de produção limpa e promoção de modelos de economia circular. Este último aplica-se principalmente à eficiência de produção, uso e valorização de materiais de construção. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi avaliar estratégias de economia circular potencialmente aplicáveis no ciclo de vida de sete perfis de janela de PVC. A metodologia utilizada para realizar a modelagem foi por meio do software SimaPro. A unidade funcional é de 1 kg de perfil de janela produzido. O escopo foi identificado a partir da extração da matéria-prima até a porta da empresa, onde foram analisadas sete categorias de impacto. A partir da análise, observa-se que os insumos são um ponto crítico, tornando-se imprescindível a eficiência na produção e o distanciamento dos fornecedores de insumos, tornando o valor dos insumos um ponto importante. Ao analisar a valorização de 30% dos perfis de janela após a sua utilização, obtém-se uma redução das categorias de impacto ambiental até 20%, o que se torna crucial para implementar uma estratégia de economia circular para a empresa que produz perfis de janela.

Palavras-chave: LCA, plástico, recuperação.

INTRODUCCIÓN

El policloruro de vinilo (PVC), es una resina plástica (National Toxicology Program, 2016), que representa la tercera producción más grande para los plásticos en el mundo, después del polietileno y el polipropileno (Folarin and Rorimi, 2011). Durante el 2011 la producción anual de plásticos de PVC alcanzó los 36 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente 5,5 millones fueron consumidos en Europa (Stichnothe and Azapagic, 2013).

Al pertenecer a la familia de los termoplásticos, el PVC tiene la capacidad de fundirse cuando se calienta y endurecerse cuando se enfría. El principal factor responsable de la versatilidad del PVC es la capacidad de combinarse con varios aditivos para obtener una amplia gama de propiedades de uso final, desde plásticos rígidos hasta materiales flexibles. Estas características hace adecuado su uso en el sector de la construcción, principalmente para marcos de ventanas, tubos, aislamiento de cables y recubrimientos de suelo (Stichnothe and Azapagic, 2013).

El PVC se produce a partir de la polimerización del cloruro de vinilo, existiendo 4 tipos de procesos de polimerización; en suspensión, en masa, en emulsión y, en solución (Saeki and Emura, 2002). El cloruro de vinilo corresponde a un monómero organoclorado (Abreu et al., 2018), gaseoso e incoloro a temperatura ambiente, que se quema fácilmente y es inestable a altas temperaturas (ATSDR, 2006). Este monómero es utilizado casi exclusivamente para producir PVC (ATSDR, 2006; National Toxicology Program, 2016), siendo más del 95% utilizado para la producción de PVC (National Toxicology Program, 2016).

El PVC es un producto en forma de polvo sólido y blanco, que posterior a su procesamiento, se convierte en un material rígido, liviano, químicamente inerte y resistente al fuego. Esto último, gracias a la aplicación de aditivos térmicos. El contenido de cloro proporciona al PVC dureza y rigidez, además de una excelente resistencia a la combustión, que le permiten temperaturas de ignición de hasta 455°C (Abreu et al., 2018).

Respecto a los impactos en la salud de la población debido al PVC, con la producción de materiales de PVC, el cloruro de vinilo puede escapar al aire, exponiendo a los trabajadores mediante inhalación (National Toxicology Program, 2016). A medida que aumentan los niveles de exposición a la inhalación, las personas expuestas reportan un grado creciente de síntomas encefalopáticos no específicos, que incluyen mareos, ataxia, irritabilidad, dolor de cabeza, debilidad, reflejos reducidos y la parestesia (Sidney M., 2009). Por otro lado, el contacto dérmico (National Toxicology Program, 2016), puede generar problemas asociados al flujo de sangre en manos, así como dedos blancos y sensibles al frío. En algunas personas, incluso se han reportado cambios en la piel de sus manos y antebrazos (ATSDR, 2006).

La población también está potencialmente expuesta al cloruro de vinilo por inhalación de aire contaminado, ingestión de agua y alimentos contaminados o a través del contacto dérmico con productos de consumo. Sin embargo, los niveles de exposición para la mayoría de la población son bajos (National Toxicology Program, 2016). En caso de tener altos niveles de exposición en un ambiente prolongado (ATSDR, 2006) el cloruro de vinilo, este puede causar cáncer (National Toxicology Program, 2016).

Por otro lado, los materiales de cloruro de polivinilo son los más utilizados en la fabricación de juguetes de plástico blando para niños, en los cuales se incorpora plomo para mejorar su estabilidad, suavidad, brillo y flexibilidad, lo que hace que los juguetes sean más atractivos para los niños. Cuando un niño mastica, lame o traga, este tipo de juguetes se exponen a la intoxicación por plomo. Debido a la alta captación gastrointestinal de los niños y la barrera permeable de la sangre y el cerebro, se vuelven más susceptibles a los efectos de la intoxicación por plomo (Yusufu and Musabila, 2019).

En relación al medio ambiente, la mayor parte del cloruro de vinilo que entra al ambiente proviene de las plantas de fabricación o procesamiento de cloruro de vinilo, que lo liberan al aire o a cuerpos de agua a través del agua residual (ATSDR, 2006). También puede ingresar al medio ambiente en sitios de desechos peligrosos como resultado de la eliminación inadecuada o fuga de los contenedores de almacenamiento o derrames. Además, se ha encontrado cloruro de vinilo en el humo del tabaco en niveles muy bajos (ATSDR, 2006).

Se ha evidenciado que el uso de estabilizadores de metales pesados en la producción de PVC, utilizados para proteger el PVC durante su procesamiento, podrían generar impactos ambientales (Leadbitter, 2002). A lo largo del tiempo dentro de la Unión Europea, se ha tenido como objetivo restringir la comercialización de artículos en cuya producción se han utilizado compuestos de plomo como estabilizadores de PVC (VinylPlus, 2018). Estos artículos son principalmente para el rubro de la construcción (representando el 70% de los usos de PVC en la UE). Para el caso particular de los perfiles, éstos suelen recibir una alta dosis de luz UV, por lo tanto, la cantidad de plomo en los perfiles es relativamente alta en comparación con otros productos. La cantidad de plomo en los perfiles se estima de acuerdo a las diferentes fuentes de la siguiente manera: perfiles de ventana 2,0%, perfiles para conductos de cable 1,6% y, perfiles para muebles 2,0% (ECHA, 2018).

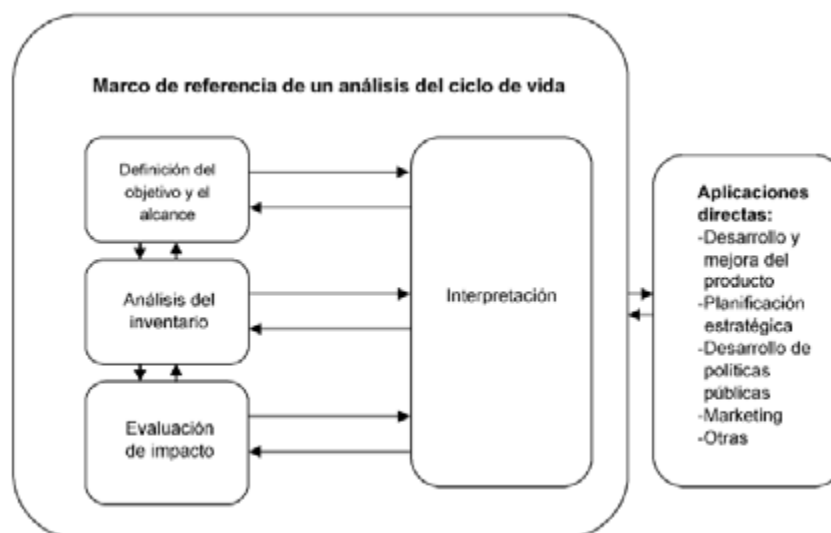
Debido a los impactos ambientales y daños a salud humana asociados al uso de metales pesados y ftalatos en la etapa de producción de PVC, y a las emisiones de dioxinas y furanos provenientes de la incineración de residuos de PVC, ha habido un incremento en los estudios de ACV relacionados al PVC. En este sentido, se han realizado más de 60 estudios de análisis del ciclo de vida de PVC a nivel mundial desde la década de 1990, con el objetivo de evaluar los impactos ambientales y de salud de diferentes productos de PVC (Stichnothe and Azapagic, 2013).

En este sentido, el objetivo del estudio fue evaluar estrategias de economía circular potencialmente aplicables en el ciclo de vida de siete perfiles de ventana de PVC, para esto se realiza un análisis de ciclo de vida.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue a través de análisis de ciclo de vida (ACV), esta metodología está establecida en las normas ISO 14040 (2006a) e ISO 14044 (2006b) y fue utilizada para evaluar los impactos ambientales de los siete perfiles de ventana, además de modelar un escenario de valorización de los insumos utilizados en la producción de los perfiles de ventana. El ACV consta de 4 etapas (Figura 1), definición del objetivo y alcance, inventario del ciclo de vida (ICV), evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV) e interpretación (ISO, 2006a; ISO, 2006b).

Figura 1. Etapas del ACV.



Fuente: ISO, 2006^a

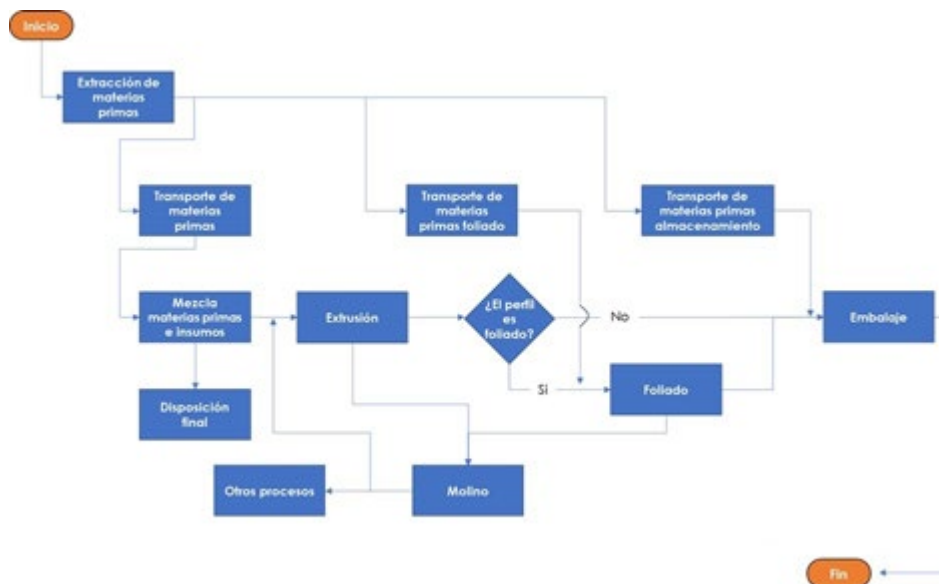
Definición del objetivo y alcance

El objetivo del estudio fue evaluar estrategias de economía circular potencialmente aplicables en el ciclo de vida de siete perfiles de ventana de PVC.

La unidad funcional (UF) utilizada en este estudio fue 1 kg de perfil de ventana de PVC producido. Esta unidad es concordante con unidades funcionales presentadas por otros autores en estudios de ACV de PVC y con declaraciones ambientales de productos.

La Figura 2 presenta los procesos del ciclo de vida de la fabricación de los perfiles de ventana estudiados. El diagrama establece el alcance general de los procesos incluidos en este estudio.

Figura 2. Diagrama de flujo simplificado para el ciclo de vida de los perfiles de ventana.



Inventario

Se utilizaron datos genéricos de procesos o que son replicables desde otros sistemas, tales como extracción y suministro de materias primas, transporte y generación de electricidad. Las bases de datos utilizadas para la construcción del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) fueron:

EcolInvent (versión 3.6): EcolInvent es una base de datos que contiene más de 17.000 conjuntos de datos diferentes sectores como energía, transporte, materiales de construcción, productos químicos, biocombustibles, agricultura y tratamiento de residuos (EcolInvent, 2018). Gracias a esta base de datos, en este estudio se logró obtener datos de insumos, transporte, energía y residuos, los cuales fueron adaptados a la realidad nacional, modificando consumos, eficiencias, entre otros datos.

- **Energía Abierta:** Energía Abierta es una iniciativa desarrollada por la Comisión Nacional de Energía, la cual consiste en un portal web multifuncional que pone a disposición datos estadísticos, indicadores, mapas, normas legales, estudios y aplicaciones web del sector energético, en un único lugar, con un fácil acceso, descargables, reutilizables y gratuitos. Estos datos fueron utilizados para modelar la matriz energética chilena mediante el cálculo de las eficiencias de cada una de las tecnologías disponibles en el Sistema Eléctrico Nacional.

- **Fuentes primarias de información:** Se utilizaron datos proporcionados por una empresa productora de perfiles de ventana de PVC. Estos datos corresponden a composición de la fórmula química para la fabricación del perfil de ventana y consumo de gas, energía y agua en las diferentes operaciones unitarias a través de medios de verificación como facturas o registros de consumo.

Los datos almacenados en EcolInvent son representativos de tecnologías y procesos de Europa esencialmente y, debido a esto, existirán algunas diferencias con respecto a los sistemas equivalentes en Chile, por lo cual las bases de datos fueron modificadas a la realidad nacional, como, por ejemplo, modificando la matriz energética a la nacional o modificando las distancias de transporte.

Los datos relativos a consumo de agua, energía y combustibles, así como también la generación de residuos y el uso de materias primas e insumos provienen desde datos primarios. Los datos secundarios de las bases de datos de ciclos de vida se utilizaron para la fase de suministro de materias primas, transporte, electricidad y emisiones (sólidas y gaseosas).

La información de la fabricación de las resinas de PVC y los insumos utilizados para la fabricación de los perfiles de ventana fueron obtenidos desde bases de datos de ciclos de vida disponibles en EcolInvent. Para aquellas en las que su producción es nacional, se corrigió en el inventario la información relativa al consumo de energía, incorporando datos de la matriz energética chilena, sin embargo, el resto de los procesos no necesariamente son representativos de realidad local.

El consumo de agua se asume que es despreciable, debido a que en la empresa productora analizada casi la totalidad de su agua es re circularizada, lo que refleja un bajo impacto ambiental asociado al menor requerimiento de maquinaria y recursos para su obtención.

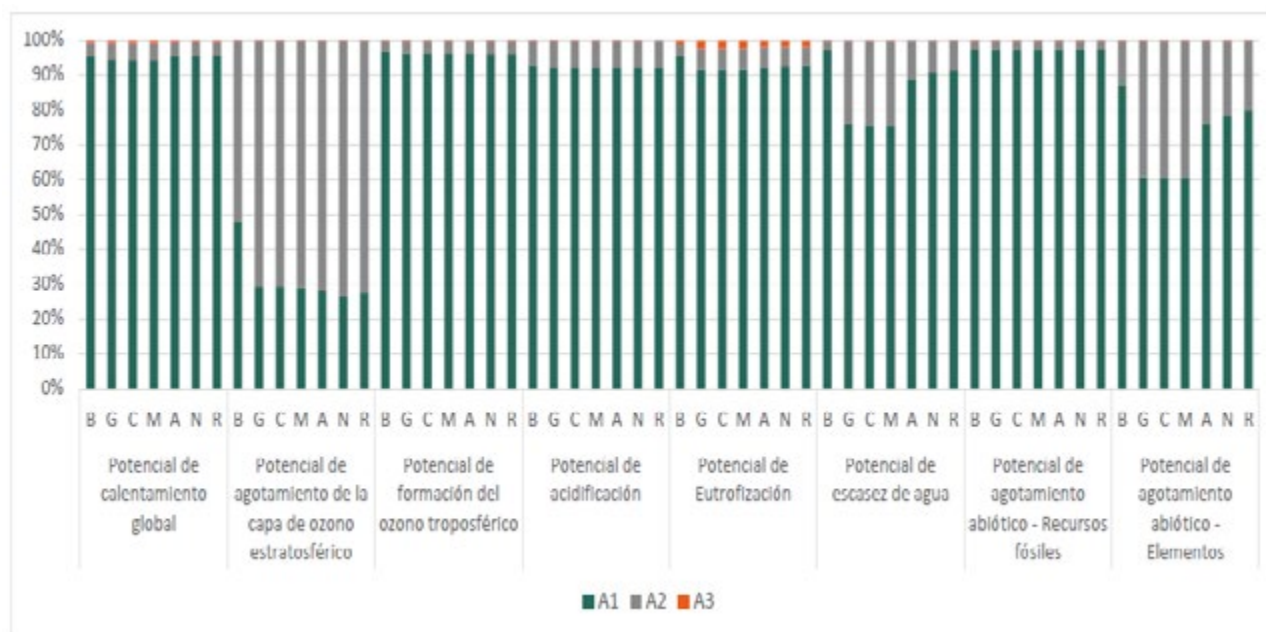
Evaluación de impacto

Las categorías de impacto analizadas fueron agotamiento de recurso abiótico, cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, oxidación fotoquímica, acidificación, eutrofización y escasez de agua

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ciclo de vida (cradle-to-gate) de perfiles de ventana de PVC (Figura 3), la etapa de extracción de materias primas (A1), es la etapa que genera mayor carga ambiental en la mayoría de las categorías de impactos ambientales, debido a la utilización de resina de PVC. En la única categoría de impacto ambiental donde esto no sucede, es en el "Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico", en donde la etapa de transporte (A2), es la que contribuye con una mayor carga ambiental. Esto se debe, principalmente al transporte oceánico de los insumos, lo cual está directamente relacionado con la emisión de metano-bromo-trifluoruro (Halon 1301) precursor del agotamiento de la capa de ozono. Respecto a la etapa de manufactura (A3), las categorías de impacto ambiental "Potencial de calentamiento global" y "Potencial de eutrofización" contribuyen con una carga ambiental mayor, en comparación al resto de categorías de impacto ambiental. Esta contribución, es atribuida a la emisión de dióxido de carbono en el proceso de mezcla de compuesto y, a la demanda química de oxígeno (DQO) en el tratamiento de aguas residuales de la industria PVC.

Figura 3. Distribución de impactos del ciclo de vida de perfiles de ventana según variedad de color.



B: perfil de ventana de PVC blanco; G: perfil de ventana de PVC gris; C: perfil de ventana de PVC caramelo; M: perfil de ventana de PVC marrón; A: perfil de ventana de PVC antracita; N: perfil de ventana de PVC nogal; R: perfil de ventana de PVC roble.

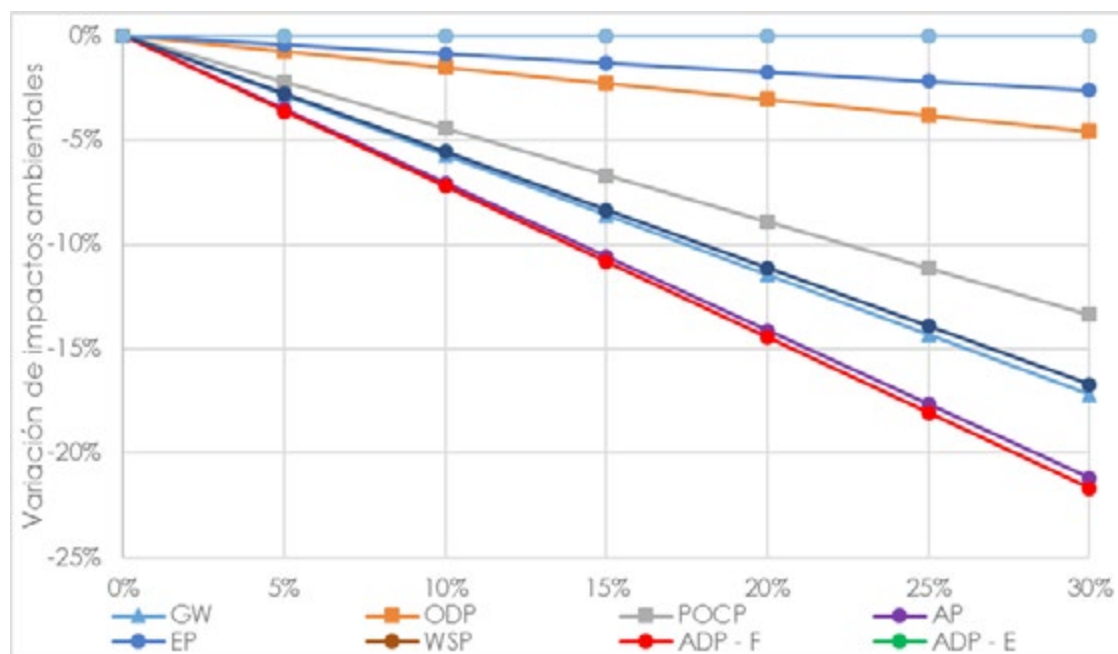
Respecto a la Tabla 1, los perfiles de ventana de PVC antracita, nogal y roble (foliados), generan mayores cargas ambientales en las categorías de impacto de "Potencial de calentamiento global", "Potencial de calentamiento global - Fósil", "Potencial de acidificación" y "Potencial de agotamiento abiótico - Recursos fósiles".

El comportamiento de los impactos ambientales antes descritos en los perfiles de ventana de PVC es debido a la utilización de dióxido de titanio y a la utilización de la lámina de folio. En el primero (utilización de dióxido de titanio) el perfil blanco es la variedad que utiliza mayor cantidad de dióxido de titanio en la fórmula de fabricación, con 0,106 kg por cada kg de perfil de ventana de PVC. Otros perfiles como el marrón y caramelo no utilizan dióxido de titanio o lo utilizan en menor medida como el perfil gris. Debido a lo anterior, es que el perfil de ventana de PVC blanco tiene un “Potencial de calentamiento global” mayor al de los perfiles de ventana no foliados (caramelo, marrón y gris). El resto de los perfiles de ventana foliados utiliza el dióxido de titanio en una concentración muy menor. Respecto del segundo factor que afecta al comportamiento de los impactos ambientales de los perfiles de ventana de PVC (utilización de la lámina de folio), aquellos perfiles de ventana que son foliados (antracita, nogal y roble) tienen una operación unitaria adicional respecto a los perfiles no foliados, en la que se adhiere una lámina de folio al perfil de ventana para darle la terminación final. La utilización de esta lámina es determinante a nivel de impactos, debido a que posee un mayor impacto. Este impacto asciende a 9,11 kg de CO₂eq/ kg de lámina, mientras que para la resina de PVC es de 1,94 kg de CO₂eq/ kg de resina. Siendo el impacto de la lámina de folio cercano a 4 veces más que el de la resina de PVC. Esto explica el aumento del “Potencial de calentamiento global” en los perfiles de ventana foliados.

Tabla 1. Impactos ambientales de los siete perfiles de ventana.

| Categoría de impacto | Unidad | Blanco | Caramelo | Marrón | Gris | Antracita | Nogal | Roble |
|--|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Global Warming Potential | kg CO ₂ eq | 3,572E+00 | 2,986E+00 | 2,969E+00 | 3,012E+00 | 4,432E+00 | 4,877E+00 | 5,053E+00 |
| Global Warming Fossil | kg CO ₂ eq | 3,681E+00 | 3,102E+00 | 3,085E+00 | 3,129E+00 | 4,555E+00 | 4,997E+00 | 5,171E+00 |
| Global Warming Biogenic | kg CO ₂ eq | -1,102E-01 | -1,168E-01 | -1,168E-01 | -1,168E-01 | -1,234E-01 | -1,198E-01 | -1,185E-01 |
| Global Warming Land use and Land Transformation | kg CO ₂ eq | 1,478E-03 | 2,686E-04 | 2,686E-04 | 2,718E-04 | 3,715E-04 | 3,523E-04 | 3,892E-04 |
| Depletion Potential of the Stratospheric Ozone Layer | kg CFC11 eq | 4,343E-07 | 3,337E-07 | 3,330E-07 | 3,352E-07 | 4,120E-07 | 4,208E-07 | 4,280E-07 |
| Formation Potential of Tropospheric Ozone | kg C ₂ H ₄ eq | 3,569E-03 | 3,126E-03 | 3,113E-03 | 3,151E-03 | 3,822E-03 | 3,887E-03 | 3,943E-03 |
| Acidification Potential | kg SO ₂ eq | 4,124E-02 | 3,939E-02 | 3,915E-02 | 3,973E-02 | 4,972E-02 | 5,151E-02 | 5,250E-02 |
| Eutrophication Potential | kg PO ₄ ⁻³ eq | 5,556E-03 | 3,276E-03 | 3,272E-03 | 3,297E-03 | 4,315E-03 | 4,479E-03 | 4,613E-03 |
| Abiotic depletion potential - Fossil resources | MJ | 7,124E+01 | 6,770E+01 | 6,727E+01 | 6,829E+01 | 9,197E+01 | 9,810E+01 | 1,007E+02 |
| Abiotic Depletion Potential - Elements | kg Sb eq | 2,820E-06 | 9,722E-07 | 9,716E-07 | 9,799E-07 | 1,951E-06 | 2,268E-06 | 2,424E-06 |
| Water Scarcity Potential | m ³ eq | 3,060E-02 | 3,999E-03 | 3,997E-03 | 4,064E-03 | 1,121E-02 | 1,335E-02 | 1,489E-02 |

La extracción de materias primas (A1) utilizadas en la fabricación de los perfiles de ventana, es la etapa que contribuye en mayor medida a los distintos impactos ambientales. Esta etapa representa en torno al 95% de los impactos asociados al ciclo de vida de los perfiles (Figura 3), lo cual sugiere que al recuperar y reutilizar materias primas en base a la implementación de un modelo de economía circular es posible disminuir los impactos ambientales asociados a los perfiles. Bajo este contexto es que se realizó un análisis de sensibilidad para poder observar las variaciones en los impactos ambientales gracias a la recuperación y reutilización de las materias primas post uso. Esto se puede observar en la Figura 4.

Figura 4. Análisis de sensibilidad para los residuos de PVC post uso para perfil de ventana blanco.

Como se observa en la Figura 4, todas las categorías de impacto, salvo “Abiotic depletion potential – Elements”, “Water scarcity potential”, “Global warming biogenic” y “Global warming land use and land transformation” presentan mejoras en el desempeño ambiental, aunque en diferente magnitud. De esta manera, se hace evidente que, en términos de fabricación de perfiles de ventana, el utilizar materia prima reciclada resulta en beneficios ambientales para dicho producto. En este sentido, la recuperación de un 30% de material reciclado, permitiría disminuir hasta un 17% la categoría de calentamiento, variando de 3,57 kg de CO₂eq/kg perfil blanco a 2,96 de CO₂eq/kg perfil blanco.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con lo planteado en los resultados, se puede destacar la extracción de materias primas (A1) como la etapa con mayor contribución a las categorías de impacto ambiental. Esto se debe principalmente al consumo de materias primas como la resina de PVC y dióxido de titanio, los cuales contribuyen con mayor impacto ambiental de 1,94 y 7,85 kg de CO₂ eq/kg producido respectivamente.

El proceso productivo de foliado se considera como un proceso relevante, provocando el aumento en la generación de impactos ambientales en los perfiles foliados. Este aumento en todos los impactos ambientales es de un 3% aproximadamente.

Gracias a este estudio se logra aprender la importancia de los insumos utilizados en el proceso productivo, transformándose en un punto crítico sobre el cual se puede implementar un modelo de economía circular para disminuir la generación de impactos ambientales en hasta un 20%.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por el cariño y por siempre apoyarme, gracias por llenarme de energía y ser mi fortaleza, cada logro mío es por ustedes. Agradezco de igual manera a los docentes que con mucho entusiasmo y sabiduría me han entregado sus conocimientos y la oportunidad de realizar este estudio.

REFERENCIAS

1. Abreu, C.M.R., Fonseca, A.C., Rocha, N.M.P., Guthrie, J.T., Serra, A.C., Coelho, J.F.J., 2018. Poly (vinylchloride): current status and future perspectives via reversible deactivation radical polymerization methods. *Prog. Polym. Sci.* 87, 34–69. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2018.06.007>
2. ATSDR, A. for T.S. and D.R., 2006. Public Health Statement: Vinyl Chloride. Atlanta.
3. ECHA, European Chemicals Agency, 2018. Anexo - Antecedentes del Anexo XV que propone restricciones a Compuestos de plomo-PVC.
4. EcoInvent, 2018. Database. [En línea] Available at: <https://www.ecoinvent.org/database/older-versions/older-versions-of-the-database.html> [Último acceso: 2020].
5. Folarin, O., Rorimi, S., 2011. Thermal stabilizers for poly (vinyl chloride): A review. *Int. J. Phys. Sci.* 6,4323–4330. <https://doi.org/10.5897/IJPS11.654>
6. ISO, I.O. for S., 2006a. ISO 14040 - Gestión Ambiental - Análisis de ciclo de vida - Principios y marco de referencia.
7. ISO, I.O. for S., 2006b. ISO 14044 - Gestión ambiental - Análisis de ciclo de vida - Requisitos y directrices.
8. Leadbitter, J., 2002. PVC and sustainability. *Prog. Polym. Sci.* 27, 2197–2226. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(02\)00038-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(02)00038-2)
9. National Toxicology Program, D. of H. and H.S., 2016. 14th Report on Carcinogens. Estados Unidos.
10. Saeki, Y., Emura, T., 2002. Technical progresses for PVC production. *Prog. Polym. Sci.* 27, 2055–2131.
11. Sidney M., G.J., 2009. CHAPTER 36 - Other Organic Chemicals. *Clin. Neurotoxicology* 6, 415–420.
12. Stichnothe, H., Azapagic, A., 2013. Life cycle assessment of recycling PVC window frames. *Resour. Conserv. Recycl.* 71, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.12.005>
13. VinylPlus, 2018. Informe de avances 2018 - Informe sobre las actividades de 2017. Bruselas, Bélgica.
14. Yusufu, S., Musabila, M., 2019. Lead - based paints and children's PVC toys are potential sources of domestic lead poisoning - A review. *Environ. Pollut.* 249, 1091–1105. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.062>

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA URBANA DEL COBRE EN CHILE BAJO UNA PERSPECTIVA DE ECONOMÍA CIRCULAR

Jasna Villegas ¹, Camila López ¹, Edmundo Muñoz ¹

¹ Universidad Andrés Bello, Facultad ciencias de la vida, Proyecto de título ingeniería ambiental. Av. República 440, Santiago, Chile. Jass.villegasp@gmail.com, camilaa.lopez@uandresbello.edu, edmundo.munoz@unab.cl

RESUMEN

Chile es el mayor productor de cobre a nivel mundial, sin embargo, el aumento de la demanda del mineral a disminuido la concentración en yacimientos. Esto implica buscar nuevas alternativas, como la minería urbana que mediante la producción secundaria recupera cobre desde productos que han cumplido su vida útil. Se analizaron los principales efectos ambientales del proceso secundario mediante pirólisis enfocado en economía circular. Con análisis de ciclo de vida (LCA) y análisis de flujo de materiales (MFA) se determinó la disponibilidad e impactos ambientales de la producción secundaria, además se compararon con impactos de producción primaria. El flujo disponible para recuperación es 1,8% - 2,6%, aportado principalmente por aparatos eléctricos industriales. Los impactos ambientales de la producción secundaria se atribuyen mayormente al proceso de pirólisis. Al comparar la producción de cobre primario y secundario, la producción primaria tiene mayor carga ambiental en tres de las cuatro categorías estudiadas. La producción de cobre secundario no representa efectos relevantes sobre el material a extraer debido la baja disponibilidad del flujo residual. Exceptuando el agotamiento de ozono, al producir igual cantidad de cobre, la producción secundaria por pirólisis conlleva menor carga ambiental respecto a la producción primaria.

Palabras clave: Economía circular, análisis de ciclo de vida, análisis de flujo de materiales, cobre secundario, pirólisis.

ABSTRACT

Chile is the world's largest copper producer, however, the increase in demand for the mineral has reduced the concentration in deposits. This implies looking for new alternatives, such as urban mining that through secondary production recovers copper from products that have completed their useful life. The main environmental effects of the secondary process were analyzed through pyrolysis focused on circular economy. With life cycle analysis (LCA) and material flow analysis (MFA), the availability and environmental impacts of secondary production were determined, and they were also compared with impacts of primary production. The flow available for recovery is 1.8% - 2.6%, mainly contributed by industrial electrical appliances. The environmental impacts of secondary production are largely attributed to the pyrolysis process. When comparing primary and secondary copper production, primary production has a higher environmental burden in three of the four categories studied. The production of secondary copper does not represent relevant effects on the material to be extracted due to the low availability of the residual flow. Except for ozone depletion, by producing the same amount of copper, secondary production by pyrolysis carries a lower environmental burden than primary production.

Keywords: Circular economy, life cycle analysis, material flow analysis, secondary copper, pyrolysis.

RESUMO

O Chile é o maior produtor mundial de cobre, porém, o aumento da demanda pelo minério reduziu a concentração em depósitos. Isso implica buscar novas alternativas, como a mineração urbana, que por meio da produção secundária recupera o cobre dos produtos que já completaram sua vida útil. Os principais efeitos ambientais do processo secundário foram analisados através da pirólise com foco na economia circular. Com a análise do ciclo de vida (LCA) e a análise do fluxo de material (MFA), a disponibilidade e os impactos ambientais da produção secundária foram determinados, e também foram comparados com os impactos da produção primária. O fluxo disponível para recuperação é de 1,8% - 2,6%, principalmente com a contribuição de eletrodomésticos industriais. Os impactos ambientais da produção secundária são amplamente atribuídos ao processo de pirólise. Ao comparar a produção primária e secundária de cobre, a produção primária tem uma carga ambiental maior em três das quatro categorias estudadas. A produção de cobre secundário não representa efeitos relevantes no material a ser extraído devido à baixa disponibilidade do fluxo residual. Exceto pela redução da camada de ozônio, ao produzir a mesma quantidade de cobre, a produção secundária por pirólise carrega uma carga ambiental menor do que a produção primária.

Palavras-chave: Economia circular, análise do ciclo de vida, análise do fluxo de materiais, cobre secundário, pirólise.

INTRODUCCIÓN

Chile cuenta con el 40% de las reservas de cobre del planeta, concentrando sus actividades extractivas en la zona norte del país. Actualmente aporta con aprox. el 30% de la producción mundial del mineral (SERNAGEOMIN, 2018).

En las últimas dos décadas la extracción de cobre en Chile se ha incrementado más de un 70%, ocasionando un agotamiento progresivo de este mineral en yacimientos, en el 2018 la concentración de cobre alcanzó un promedio de 0,6%, a diferencia del año 2000 donde era 1,6% (COCHILCO, 2019). Esto conlleva mayor cantidad de residuos como material estéril y depósitos de relaves, aumento del consumo de energía eléctrica, explosivos, diésel, agua y otros insumos (Northey *et al.*, 2014).

Buscando nuevas formas de producción, surge la minería urbana, una práctica basada en el modelo de economía circular, cuyo objetivo es mantener el valor de los recursos, materiales y productos por el mayor tiempo posible en la economía. Actualmente más del 30% de la demanda mundial de cobre se satisface mediante producción de cobre secundario, es decir, cobre recuperado desde espacios urbanos por medio de productos que han llegado al final de su vida útil como, por ejemplo, automóviles, productos electrónicos, ferretería, construcción, entre otros (Donoso, 2013; ICA, 2017).

La recuperación de cobre puede realizarse mediante la fundición de partes homogéneas, o por tecnologías emergentes, como pirólisis de residuos electrónicos. En pirólisis, los residuos se someten a altas temperaturas en ausencia de oxígeno para lograr la separación y recuperación efectiva de los metales, produciéndose además residuos sólidos, gases y aceites pudiendo ser nocivos para el medio ambiente (Long Le *et al.*, 2011).

El estudio busca analizar los principales efectos ambientales asociados al proceso de minería urbana del cobre en Chile bajo una perspectiva de economía circular.

METODOLOGÍA

Se determinó el potencial de disponibilidad de cobre residual, mediante un análisis de materiales para el modelo de flujo de cobre en Chile (2010-2018). El modelo se estructuró en cuatro etapas principales, que intercambian flujos de material entre ellas, el medio ambiente y traspasan las fronteras del país mediante exportaciones e importaciones (ver figura 1).

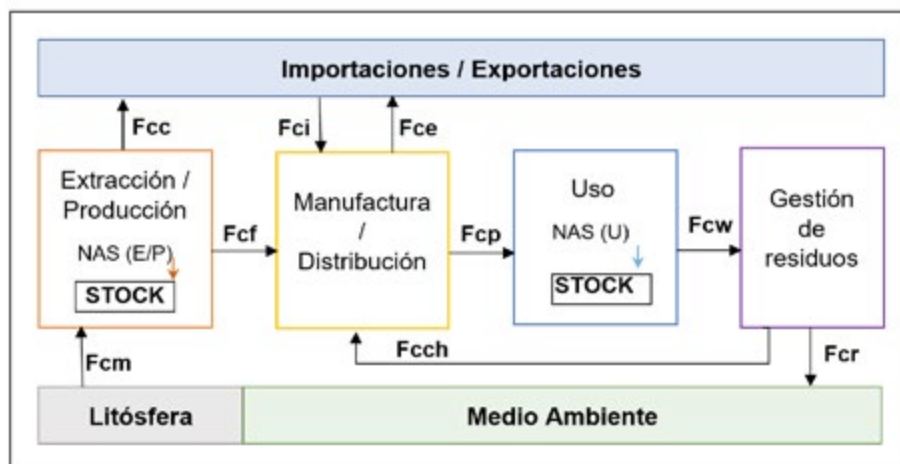


Figura 1. Marco metodológico para el análisis del flujo de cobre (ADDERE, 2016).

Adicionalmente se realizó Análisis de Flujo de Materiales (MFA) y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) acorde a las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. La unidad funcional se define como 1 tonelada métrica de cobre (obtenida por pirólisis de placas de circuito impreso). Las categorías de impacto seleccionadas corresponden a cambio climático (kg CO₂ eq), agotamiento de la capa de ozono (kg CFC11 eq), potencial de acidificación terrestre (kg SO₂ eq) y potencial de eutrofización de agua dulce (kg PO₄⁻³ eq).

Los datos utilizados para el estudio fueron recolectados a través de revisión bibliográfica de bases de datos científicas, estadísticas nacionales y base de datos Ecoinvent.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El flujo de cobre residual (Fcr) disponible para recuperación representa entre 1,8% a 2,6% del cobre mineral extraído (Fcm) (Ver tabla 1). Este cobre residual es aportado principalmente por aparatos eléctricos industriales, como acumuladores y transformadores eléctricos. Además, cabe destacar que se estima que el 96% de los residuos contiene placas de circuito impreso, presentes en transformadores eléctricos, acumuladores eléctricos, celulares, notebooks, televisores, videocámaras y aire acondicionado, entre otros. (Cayumil *et al.*, 2018; Cobos, 2008; Hall, 2007).

Tabla 1. Resultados flujo de cobre en Chile durante el periodo 2010 – 2018, flujos expresados en kilotoneladas de cobre (kt Cu).

| Año | Fcm | NAS (E/P) | Fcc | Fcf | Fci | Fce | NAS (U) | Fcp | Fcw | Fcch | Fcr |
|------|-------|-----------|-------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|------|-----|
| 2010 | 5.418 | 388 | 4.930 | 100 | 162 | 88 | 50 | 176 | 126 | 1,7 | 124 |
| 2011 | 5.262 | 567 | 4.599 | 96 | 176 | 85 | 75 | 188 | 113 | 1,6 | 111 |
| 2012 | 5.433 | 518 | 4.820 | 95 | 163 | 85 | 58 | 174 | 116 | 1,6 | 114 |
| 2013 | 5.776 | 563 | 5.118 | 95 | 178 | 83 | 88 | 191 | 103 | 1,4 | 102 |
| 2014 | 5.761 | 407 | 5.260 | 94 | 159 | 91 | 25 | 164 | 139 | 1,9 | 137 |
| 2015 | 5.772 | 355 | 5.338 | 79 | 166 | 80 | 18 | 167 | 149 | 2,1 | 147 |
| 2016 | 5.552 | 7 | 5.462 | 83 | 158 | 75 | 5 | 168 | 163 | 2,3 | 161 |
| 2017 | 5.503 | 100 | 5.334 | 69 | 185 | 64 | 24 | 192 | 169 | 2,4 | 167 |
| 2018 | 5.831 | 102 | 5.674 | 55 | 220 | 52 | 71 | 225 | 154 | 2,1 | 152 |

Los impactos ambientales de la producción secundaria (ver Figura 2), se atribuyen principalmente al proceso de pirólisis en las categorías CC y EP, debido principalmente a la emisión de CO₂ a la atmósfera y Fosfato al agua respectivamente asociada a la utilización de energía proveniente de una matriz energética compuesta mayoritariamente por carbono (CNE, 2018). Además aporta en totalidad a ODP, ya que en este proceso se emite un compuesto que afecta negativamente a la capa de ozono, denominado Bromuro de metilo que asciende hacia la estratosfera donde colisiona y desintegra las moléculas de ozono (González, 2006).

El transporte contribuye mayormente a la categoría AP y en segundo lugar a CC debido a la emisión de NO₂ y CO₂ respectivamente, por la combustión de la gasolina utilizada en el camión de carga. El NO₂ reacciona con la humedad de la atmósfera para formar ácido nítrico, que a ciertos niveles corroe superficies metálicas y detiene el crecimiento de plantas (MMA, 2016).

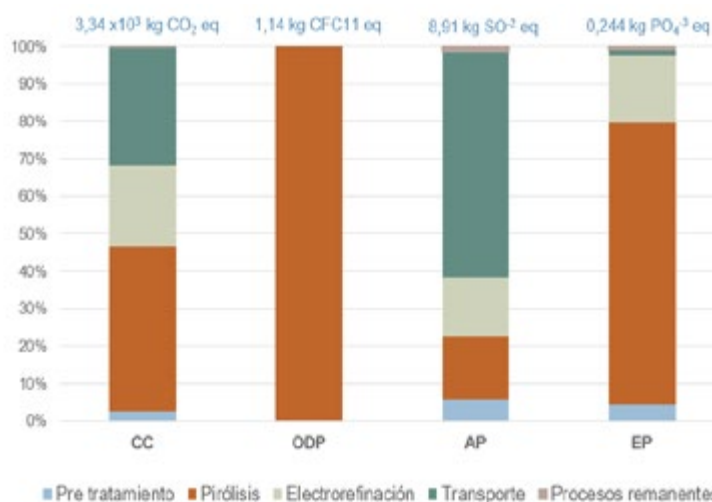


Figura 2. Análisis de contribución por proceso para impactos ambientales de la minería urbana del cobre en Chile (UF= 1 t Cu), para las categorías: cambio climático (CC), agotamiento capa de ozono (ODP), acidificación terrestre (AP) y eutrofización de agua dulce (EP).

La producción secundaria se produce menor cantidad de material residual, debido a que las PCB tienen mayor concentración de cobre (30%) que los yacimientos actualmente. La utilización de energía es 98,2% menor, ya que se evita la realización de los procesos que requieren mayor energía como la concentradora, fundición y extracción por mina subterránea (COCHILCO, 2019).

El flujo de material extraído para el año 2018, fue de 972 Mt de roca mineral para producir 5,83 Mt Cu. Si se reintegra el flujo residual del mismo año mediante minería urbana sería necesario de igual manera extraer 5,67 Mt Cu para satisfacer el nivel de producción. Esta diferencia es poco relevante ya que representa una disminución de un 2,6% en la extracción de roca mineral.

Al comparar los impactos ambientales de la producción de cobre primario y secundario (ver Figura 3) la producción primaria tiene una mayor carga ambiental en tres de las cuatro categorías de impacto estudiadas (CC, AP, EF). Se debe principalmente a las emisiones causadas por el requerimiento energético, ya que la producción de 1 tonelada de cobre fino desde una mina subterránea requiere alrededor de 52.627 kWh, donde los procesos más demandantes son la etapa de concentración del mineral, fundición y extracción respectivamente (COCHILCO, 2019). Además, el azufre contenido en la roca mineral reacciona con el oxígeno en el proceso de fundición, provocando la formación de SO₂ (Chen, 2019). Por otra parte, en ODP la producción secundaria es 100% superior a la producción primaria, ya que exclusivamente el proceso de pirólisis emite Bromuro de metilo que afecta esta categoría.

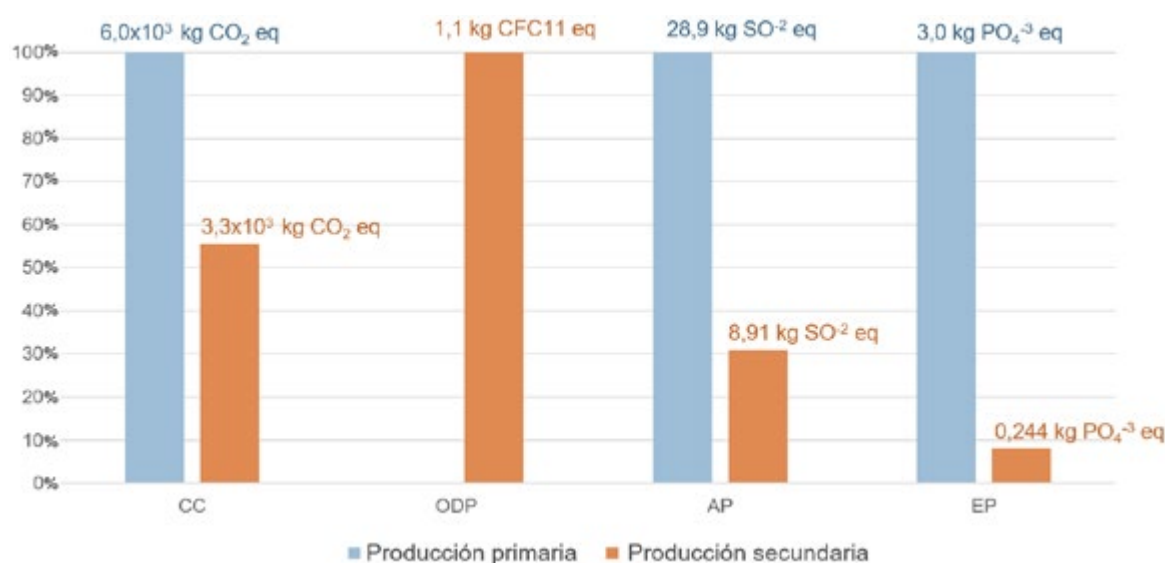


Figura 3. Análisis de impactos ambientales para producción primaria de cobre con ley de mena 0,6% por pirometalurgia (Fuente: Moreno,2017; Cejas, 2018) y producción secundaria de cobre por pirólisis (UF= 1 ton cátodos de Cu), para categorías: Cambio climático (CC), Agotamiento capa de ozono (ODP), Acidificación terrestre (AP) y Eutrofización de agua dulce (EP).

CONCLUSIÓN

La minería urbana o producción de cobre secundario no representa efectos relevantes sobre el material a extraer para satisfacer la demanda de la producción de cobre, debido a la baja disponibilidad del flujo de cobre residual en comparación con el nivel de producción cuprífero nacional.

Sin embargo, al producir igual cantidad de material, la producción secundaria significa un ahorro de energía eléctrica y material a extraer respecto a la producción primaria, además de producir menor cantidad de material residual ya que las placas de circuito impreso (PCB) tienen una mayor concentración del mineral que los yacimientos de cobre actualmente en nuestro país.

REFERENCIAS

1. ADDERE, (2016). Informe final propuesta de una cuenta ambiental piloto de flujo de materiales e indicadores asociados.
2. Cayumil, R. *et al.*, 2018a. Concentration of rare earth elements during high temperature pyrolysis of waste printed circuit boards. *Waste Management*, 78, 602–610.
3. Cejas, J., 2018. Efecto de la ley del mineral en el consumo de energía y agua, y las emisiones GEI en la minería del cobre. Escuela de ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
4. Chen, J. 2019. Environmental benefits of secondary copper from primary copper based on life cycle assessment in China.
5. CNE, 2018. Anuario estadístico de energía 2018. Comisión Nacional de Energía.
6. Cobos, P., 2008. Sistema Embebido para el Control de Carga de Baterías en un Vehículo Eléctrico Híbrido ligero (EPISOL).
7. COCHILCO, (2019). Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 1999-2018.
8. Donoso, M., 2013. El mercado del cobre a nivel mundial: evolución, riesgos, características y potencialidades futuras. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(2), 248-261.
9. González, S., 2006. Bromuro de metilo, un contaminante que debe desaparecer.
10. Hall, W. *et al.*, 2007. Separation and recovery of materials from scrap printed circuit boards. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(3), 691–709.
11. ICA, 2017. Perfil medioambiental del cobre. Asociación internacional del cobre.
12. ISO 14040: 2006. Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia.
13. ISO 14044: 2006. Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, requerimientos y directrices.
14. Long, L. *et al.*, 2009. "Using vacuum pyrolysis and mechanical processing for recycling waste printed circuit boards".
15. MMA, 2016. Guía de calidad del aire y educación ambiental. Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile.
16. Moreno, S. *et al.*, 2017. Towards solar power supply for copper production in Chile: Assessment of global warming potential using a life-cycle approach. *Journal of Cleaner Production* (2017).
17. Northey, S. *et al.*, (2013). Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining. *Journal of Cleaner Production*, 40, 118-128.
18. SERNAGEOMIN, (2018). Anuario de la minería de Chile 2018. Servicio Nacional de Geología y Minería.



Waste and recycling management

QUANTIFYING THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF MARINE LITTER - A CASE STUDY FOR COASTAL PERU

Diana Ita-Nagy ^{1,*}, Ian Vázquez-Rowe ¹, Ramzy Kahhat ¹

¹ Peruvian LCA and Industrial Ecology Network (PELCAN), Department of Engineering, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), 1801 Avenida Universitaria, San Miguel, Lima 15088, Peru. dita@pucp.edu.pe, ian.vazquez@pucp.edu.pe, ramzy.kahhat@pucp.edu.pe

ABSTRACT

Marine litter has become a global concern for governments, media, academia and coastal communities. Studies conducted to date suggest that the main flows linked to marine litter accumulation are connected to material loss during waste mismanagement. Thus, the main objective of this study is to present a preliminary methodological framework to estimate the main flows and stocks of municipal solid waste (MSW) along its transportation towards the ocean. Firstly, main flows were identified and percentages of waste ending up in water bodies were estimated. Then, leakage to the ocean was determined, providing guidance on how solid waste is transported, and the different distribution pathways and hotspots of marine litter. The assessment considers the Peruvian Pacific Basin as a case study; however, the methodology proposed could be replicated in other scenarios as well. Preliminary results estimate a range of 21-51 kg/year-capita of MSW and 2.2-5.2 kg/year-capita of plastic waste entering the Pacific Ocean along the Peruvian coast, providing a baseline for the development of mitigation strategies in the region of interest.

Keywords: Marine litter, marine plastics, mismanaged solid waste, material flow analysis.

RESUMEN

La basura marina se ha convertido en una preocupación mundial para los gobiernos, medios de comunicación, la academia y las comunidades costeras. Estudios realizados a la fecha sugieren que los principales flujos de basura marina están relacionados con la mala gestión de los desechos. Por ello, el objetivo principal de este estudio es presentar un marco metodológico preliminar para estimar los principales flujos y stocks de residuos sólidos urbanos (RSU) a lo largo de su transporte hacia el océano. Primero, se identificaron los principales flujos de residuos y estimaron los porcentajes que terminan en cuerpos de agua. Luego, se determinaron las pérdidas al océano, proporcionando una guía sobre el transporte de residuos y las diferentes vías de distribución de la basura marina. La evaluación considera la Cuenca Peruana del Pacífico como caso de estudio; sin embargo, la metodología podría replicarse en otros escenarios. Los resultados preliminares estiman un rango de 21-51 kg/año per cápita de RSU y 2.2-5.2 kg/año per capita de plásticos que ingresan al océano a lo largo de la costa peruana, proporcionando una línea base para el desarrollo de estrategias de mitigación en la región de interés.

Palabras clave: Basura marina, plásticos marinos, residuos sólidos mal gestionados, análisis de flujo de materiales.

RESUMO

O lixo marinho se tornou uma preocupação global para governos, mídia, academia e comunidades costeiras. Os estudos realizados até o momento sugerem que os principais fluxos ligados ao acúmulo de lixo marinho estão ligados à perda de material durante a má gestão de resíduos. Assim, o objetivo principal deste estudo é apresentar um quadro metodológico preliminar para estimar os principais fluxos e estoques de resíduos sólidos urbanos (RSU) ao longo do seu transporte em direção ao oceano. Primeiramente, foram identificados os fluxos principais e estimados os percentuais de resíduos que vão para corpos d'água. Em seguida, o vazamento para o oceano foi determinado, fornecendo orientações sobre como os resíduos sólidos são transportados e as diferentes vias de distribuição e pontos de acesso do lixo marinho. A avaliação considera a Bacia do Pacífico Peruano como um estudo de caso; no entanto, a metodologia pode ser replicada em outros cenários. Os resultados preliminares estimam uma faixa de 21-51 kg/ano per capita de RSU e 2.2-5.2 kg/ano per capita de resíduos de plástico que entram no Oceano Pacífico ao longo da costa peruana, fornecendo uma linha de base para o desenvolvimento de estratégias de mitigação na região de interesse.

Palavras-chave: Lixo marinho, plásticos marinhos, resíduos sólidos mal gerenciados, análise de fluxo de material.

INTRODUCTION

Marine litter has become a major concern for nations around the globe, becoming an important research topic in the scientific community. Research related to anthropogenic litter includes the identification of major sources of pollutant release, as well as related environmental impacts, especially in terms of damage to ecosystems and human health. Plastics are the fraction of litter that has received highest interest by the scientific community given their persistence in the environment (Schneider et al., 2018). Additionally, plastic production is constantly growing, reaching 370 million tonnes globally, of which packaging represents ca. 40% of the total (PlasticsEurope, 2020). Moreover, considering low recycling rates and slow degradation in the environment, plastics are becoming ubiquitous and can be found in all marine compartments (Prevenios et al., 2018), affecting the ecosystem negatively in the different trophic levels (Ostle et al., 2019).

Different studies have identified that a wide range of material losses can potentially end up directly in the ocean due to the inefficiencies along product value chains. Plastic debris in the ocean from land-based sources are estimated to represent 80% of all plastics in the marine environment, coming mainly from heavily populated areas (Li, Tse, & Fok, 2016). Quantification of plastic waste entering oceans from coastal cities have been performed worldwide (Jambeck et al., 2015), estimating 4.8 to 12.7 million tonnes of plastic waste emissions per year. Furthermore, inland sources, driven by riverine transportation of waste, have been identified as the main input of solid waste into the oceans (Lebreton et al., 2017). In order to develop effective management strategies to avoid waste reaching the oceans, identification and quantification of main generation sources are needed (Ryberg et al., 2019). Thus, the objective of this study aims at identifying how solid waste gets transported to the sea, and the different distribution pathways and hotspots of marine litter, considering the coast of Peru as a case study.

METHODOLOGY

Subsection 1: Region of interest

The region of interest evaluated includes the Peruvian Pacific Basin and the Peruvian Economic Exclusive Zone (PB+EEZ) that covers 200 nautical miles from the country's coastline (Figure 1). For this first stage, we have focused on the generation and management of municipal solid waste (MSW) within the system boundaries as inputs for the evaluation. However, this represents only a fraction of the total amount of marine litter generated in this area. A broader assessment will be performed in the future, including additional sources of waste (agriculture, tourism, fishing activities, sewage, tire and brake abrasions). Since data is scarce and not easily retrievable, estimations have been done by collecting information available from official entities, NGOs, statistical reports, among others, as suggested by Kahhat & Williams (2012).

The methodology involves the evaluation of waste transportation during a normal year with average precipitations. However, considering that the PB+EEZ is affected periodically by El Niño-South Oscillation (ENSO) phenomena, and that during this period, unusual precipitations and floods increment mostly in the section of the Peruvian Basin located in the northern and central part of Peru, these characteristics will also be considered in future work.



Figure 1. System boundaries including the Peruvian Pacific Basin and the Economic Exclusive Zone.

Subsection 2: Identification of stocks and flows

To characterize the different flows and possible stocks of solid waste in the environment, a material flow analysis (MFA) was conducted. MFA is a well-known methodology used to identify and quantify flows and stocks of materials or substances within a defined system boundary (Ayres & Ayres, 2002; Kahhat & Williams, 2012). This systematic approach allows evaluating a system, understanding the material exchange and transportation throughout natural environments and the technosphere. MFA has been used before to comprehend socio-economic and technological systems, including the understanding of materials during their end-of-life (Gusukuma & Kahhat, 2018; Kahhat & Williams, 2012).

In the current study, MFA is used to determine the main flows of solid waste, from generation until final disposal, following adequate management towards a landfill, segregation and recycling, or illegal and inadequate disposal in the environment. The evaluation is established within the defined system boundaries in the PB+EEZ. The assessment of this first stage includes the main stakeholders related to waste generation, management and transformation, as observed in Figure 2, considering as the main input to the system the municipal waste generated by households located in the area of study.

For the development of this MFA, a top-down strategy has been applied for a static period of time of the year 2018. An adequate MFA requires the collection of relevant data, followed by the development of mass and / or energy balances to rectify the assessment. For this assessment, only MSW generated, collected, processed and disposed, was considered. Data were obtained from several sources, including official statistics, reports and estimations, as described in Table 1. Information was not always complete for all cities and settlements evaluated; thus, estimations and proxies were used to overcome lack of data.

The main actors identified in the management of MSW are municipalities, formal and informal recyclers and scavengers, and urban and rural households. Each of these actors shows their own behavior and roles; however, depending on the participation of each municipality in the adequate management of waste, some urban and rural households behave as both generators and managers of their own waste. For instance, there are settlements with no municipal waste collection, where inhabitants need to dispose their MSW at illegal dumping sites close to their households, including riverbeds, irrigation canals, and others (Margallo et al., 2019). In addition, due to the lack in efficiency during collection and adequate infrastructure to dispose MSW, municipalities dispose collected MSW in illegal dumping sites (Nagpure, 2019).

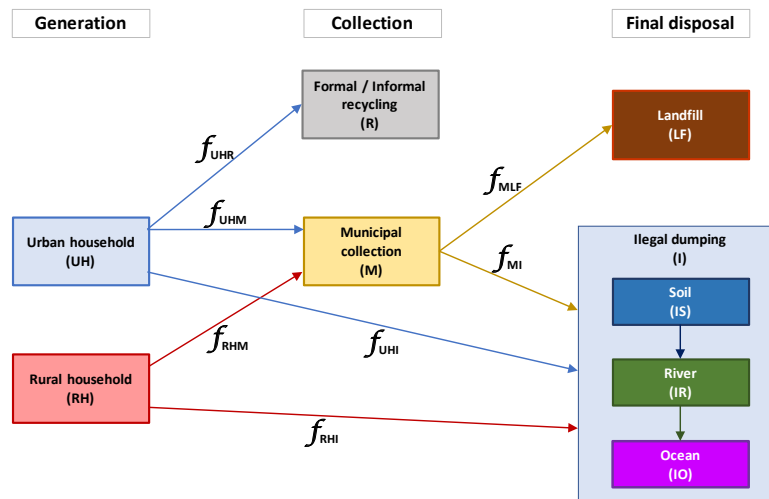


Figure 2. Graphical representation of material flow analysis for MSW transportation in the selected case study. Flows are represented by f_{ij} , depicting the from/to movement of waste.

Even though the recycling sector is still limited and mainly informal (Kumar et al., 2018), especially in developing countries like Peru, it has been included as part of the intermediate handling of MSW, together with municipal collection, prior to its final destination or reinsertion in the economic system. Given the low efficiency of the MSW management system in Peru (Ziegler-Rodriguez et al., 2018), the waste generated by households is not always adequately collected prior to its final disposal. Currently, even though municipalities are obliged to establish source segregation and recycling programs to improve waste management, only a small percentage

carries it out fully (MEF & MINAM, 2020). As a result, only 1.4% of all recoverable solid waste is recuperated, and only 6.4% of all districts in Peru dispose their waste in authorized infrastructure, although the latter represent almost 50% of all generated MSW (MEF & MINAM, 2020), as they mainly correspond to heavily populated urban areas (e.g., Lima, Cusco or Tarapoto).

Moreover, during the assessment and field work, it has been determined that different natural and man-made barriers in the PB+EEZ influence the transfer of waste from open dumps and littering in watersheds that flow into the ocean. Thus, it is important to consider waste retention in intermediate sinks before reaching the ocean, diminishing the total amount of mismanaged and littered waste that finally makes it to the ocean. Among the man-made barriers and sinks identified along the PB+EEZ, the most crucial ones are irrigation channels and drainage systems, hydroelectric power plants and wastewater treatment plants. Additionally, watersheds themselves can act as natural barriers, depending on whether they are perennial or seasonal. However, it is important to note that these barriers are not necessarily present in all watersheds of the Peruvian coast. Hence, this heterogeneity creates important variations regarding the connectivity of the Peruvian coast with the ocean. Thus, depending on the type and quantity of barriers across different basins, waste retention has been estimated, developing two scenarios of analysis. On the one hand, the worst case scenario (WCS) provides a conservative estimate of the capacity of sinks to retain waste, whereas, on the other hand, a best case scenario (BCS) was modelled to estimate a higher amount of possible waste retained and, consequently, lower rates of release to the marine environment.

Table 1. Sources of information included in the assessment and used to quantify flows

| Flow | Actors involved and description | Reference |
|-----------|---|--|
| f_{UHR} | Urban household (UH) to Formal / informal recycling (R) | Waste generation: SIGERSOL (2018) Population: INEI (2017) Recycling rates: MEF & MINAM (2020) |
| f_{UHM} | Urban household (UH) to Municipal collection (M) | Landfills: MINAM (2020) |
| f_{RHM} | Rural household (RH) to Municipal collection (M) | Waste generation: SIGERSOL (2018) Population: INEI (2017) Landfills: MINAM (2020) |
| f_{UHI} | Urban household (UH) to Illegal dumping (I) | Estimations are made based on mass balance, considering waste retained, correctly recycled or disposed in landfills. |
| f_{RHI} | Rural household (RH) to Illegal dumping (I) | Estimations are made based on mass balance, considering waste retained, correctly recycled or disposed in landfills. |
| f_{MLF} | Municipal collection (M) to Landfill (LF) | Landfills: MINAM (2020) |
| f_{MI} | Municipal collection (M) to Illegal dumping (I) | Estimations are made based on mass balance, considering waste retained, correctly recycled or disposed in landfills. |

RESULTS AND DISCUSSION

The MFA revealed that, approximately, 430 694 t/year in the BCS and 1 019 985 t/year in the WCS are reaching the ocean along the Peruvian coast from waste management-related inland sources. Additionally, considering the composition of MSW, it can be estimated that, from the total amount of waste mentioned before, 44 046 t/year in the BCS and 103 844 t/year in the WCS correspond to plastic waste reaching the ocean. The results correspond to a per capita release of 21.4 kg/year in the BCS and 50.6 kg/year in the WCS of mismanaged MSW, and 2.2 kg/year in the BCS and 5.2 kg/year in the WCS of plastics, as shown in Figures 3 and 4, respectively.

Lima, the capital city, generates most MSW per capita (Figure 3), but also has the most efficient MSW management system as compared with other areas of coastal Peru. Hence, it is not surprising that the capital city shows a lower amount of mismanaged waste reaching the ocean. Considering that waste management in Lima guarantees that ca. 92% of all MSW is correctly disposed of in a sanitary landfill, it is not surprising that, even though it is the most populated city, the amount of waste possibly entering the ocean was below the average of the country. In contrast, departments with most of their population located near the ocean, with inadequate MSW management and final disposal, are prone to shunt more easily their solid waste into the sea.

In relation to the amount of mismanaged plastics entering the ocean from land sources, a previous study conducted by Jambeck et al. (2015) estimated the amount of plastic waste generated in coastal countries around the world, including Peru. In their assessment, they considered the MSW generated by coastal population liv-

ing within 50 km of the coast, and estimated for Peru a rate of ca. 14 kg/capita/year of plastic waste entering the ocean. The differences between their estimation and the results described in this study are related to the different assumptions considered, including the percentage of inadequately managed waste and the ways of transportation of waste towards the ocean. For the current study, waste management was assessed at a district (i.e., municipality) level; estimating leakage of mismanaged MSW per watershed. Thus, this assessment provides a more country- and city-specific result that can be used as a benchmark to develop more local efficient management strategies in the future.

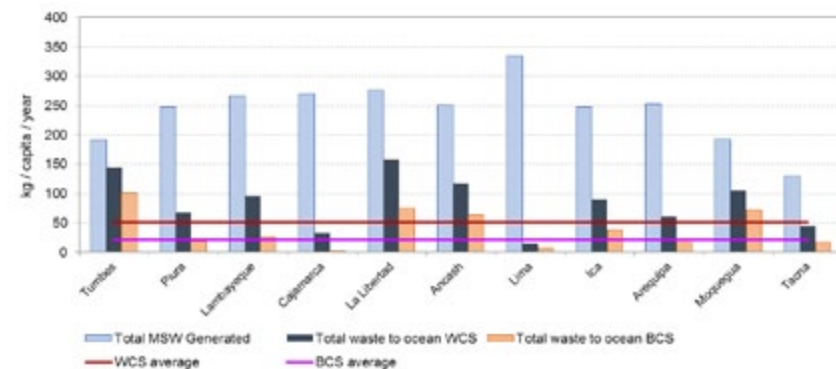


Figure 3. Amount of MSW generated per person and year compared with the amounts of mismanaged MSW that could reach the ocean considering the worst case scenario (WCS) and best case scenario (BCS)

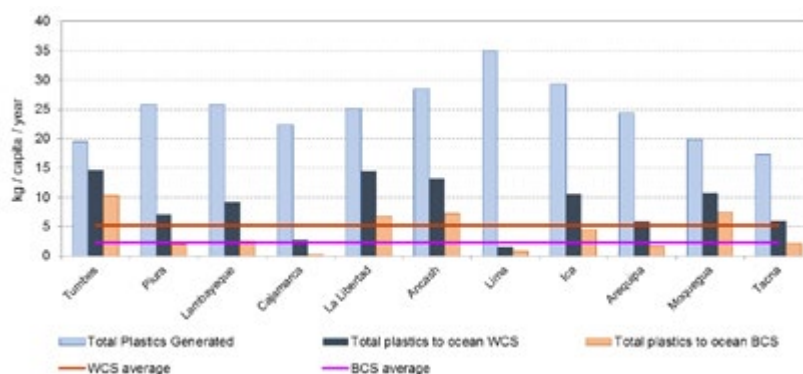


Figure 4. Amount of plastic waste generated per person and year compared with the amounts of mismanaged plastics that could reach the ocean considering the worst case scenario (WCS) and best case scenario (BCS)

CONCLUSION

The results represent a fraction of all litter that may arrive to the Peruvian Coast. However, we hypothesize that inland sources of mismanaged waste, estimated in this study, may represent the biggest fraction of marine litter from the country. However, it is important to bear in mind that the quantification of the total amount of marine litter needs to consider all possible sources of waste. During the study, different sources have been identified besides mismanaged MSW, including agriculture, tourism and fishing activities, sewage, and tire and brake abrasion. These sources, relevant as well according to the available literature, are going to be estimated to determine the total input of marine litter of the country towards the ocean.

The development of methodologies for a more accurate quantification and characterization of waste is of high relevance to improve the understanding of waste transportation throughout value chains. The quantification of mismanaged waste along the PB+EEZ, together with the identification of barriers and sinks inland, are an initial step to analyze, from a scientific perspective, the transport, fate and effects of litter, especially plastics, in the ocean. The baseline described here may be of utility for the development of potential mitigation strategies and improvements in waste management infrastructure to diminish the amount of waste directly related to solid waste mismanagement in the country.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the *Dirección de Gestión de la Investigación* (DGI) at the *Pontificia Universidad Católica del Perú* for funding the current project (Project ID 748).References

REFERENCES

1. Ayres, R. U., & Ayres, L. W. (2002). *A Handbook of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing. Inc. Northampton. <https://doi.org/10.4337/9781843765479.00017>
2. Gusukuma, M., & Kahhat, R. (2018). Electronic waste after a digital TV transition: Material flows and stocks. *Resources, Conservation and Recycling*, 138(July), 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.014>
3. INEI. (2017). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017. Retrieved from: <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
4. Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, (January), 1655–1734. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386.010>
5. Kahhat, R., & Williams, E. (2012). Materials flow analysis of e-waste: Domestic flows and exports of used computers from the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, 67, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.07.008>
6. Kumar, A., Samadder, S. R., Kumar, N., & Singh, C. (2018). Estimation of the generation rate of different types of plastic wastes and possible revenue recovery from informal recycling. *Waste Management*, 79, 781–790. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.045>
7. Lebreton, L. C. M., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8, 1–10. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
8. Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566–567, 333–349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
9. Mæland, C. E., & Staupe-Delgado, R. (2019). Can the Global Problem of Marine Litter Be Considered a Crisis? *Risks, Hazards and Crisis in Public Policy*. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12180>
10. Margallo, M., Ziegler-Rodriguez, K., Vázquez-Rowe, I., Aldaco, R., Irabien, Á., & Kahhat, R. (2019). Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective: A review for policy support. *Science of the Total Environment*, 689, 1255–1275. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.393>
11. MINAM. (2020). Ministerio del Ambiente-Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Retrieved from: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>
12. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), & Ministerio del Ambiente (MINAM). (2020). *Guía para el cumplimiento de la Meta 3 del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal 2020. Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales*. Lima, Peru. Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/Meta3_guia_2020.pdf
13. Nagpure, A. S. (2019). Assessment of quantity and composition of illegal dumped municipal solid waste (MSW) in Delhi. *Resources, Conservation and Recycling*, 141(February), 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.012>
14. Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications*, 10(1), 1622. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
15. PlasticsEurope. (2020). *Plastics – the Facts 2020 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Plastics Europe. Retrieved from <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>
16. Prevenios, M., Zeri, C., Tsangaris, C., Liubartseva, S., Fakiris, E., & Papatheodorou, G. (2018). Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 448–457. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.013>
17. Ryberg, M. W., Hauschild, M. Z., Wang, F., Averous-Monnery, S., & Laurent, A. (2019). Global environmental losses of plastics across their value chains. *Resources, Conservation and Recycling*, 151(March), 104459. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104459>
18. Schneider, F., Parsons, S., Clift, S., Stolte, A., & McManus, M. C. (2018). Collected marine litter – A growing waste challenge. *Marine Pollution Bulletin*, 128(December 2017), 162–174. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.011>
19. SIGERSOL. (2018). Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos. Ministerio del Ambiente.
20. Ziegler-Rodriguez, K., Margallo, M., Aldaco, R., Irabien, A., Vazquez-Rowe, I., & Kahhat, R. (2018). Environmental Performance of Peruvian Waste Management Systems under a Life Cycle Approach. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 1753–1758. <https://doi.org/10.3303/CET1870293>

MODELAGEM DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA GERADOS PELA DECOMPOSIÇÃO DE FRALDAS DESCARTÁVEIS EM ATERROS E LIXÕES

Beatriz de Souza Cunha ^{1,*}, Bettina Susanne Hoffmann ²

¹ Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil. beacunha.s@gmail.com

² Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil. susanne@eq.ufrj.br

RESUMO

Ao longo das últimas décadas, diferentes estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) ambiental foram publicados comparando fraldas descartáveis e fraldas de pano. Há diferenças relevantes nos resultados, que derivam especialmente de discrepâncias da quantidade de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na fase da disposição final. Para realizar uma avaliação crítica, este estudo modela as emissões de GEE gerados na decomposição de fraldas descartáveis em aterros sanitários e não sanitários, que representam o tratamento de resíduo típico na América Latina, conforme o Guia de Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). A modelagem conforme o Guia aponta uma faixa ampla de resultados, que depende da fração de carbono que entra de fato em decomposição, tal como do tipo de aterro. Pressupondo que somente 30% do carbono biodegradável presente numa fralda descartada entraria em decomposição, num aterro com boa disponibilidade de oxigênio 45 g CO₂eq seriam gerados por fralda. Assumindo que 100% do carbono biodegradável seria decomposto em condições anaeróbias, 371 g CO₂eq seriam gerados. Assim, os estudos que indicaram valores de 25 g CO₂eq a 38 g CO₂eq por fralda subestimam a geração de GEE nas condições dadas no Brasil.

Palavras-chave: Modelagem de aterros, Modelagem fim-de-vida, Fraldas

ABSTRACT

Over the past few decades, different Environmental Life Cycle Assessment (LCA) studies have been published comparing disposable diapers and cloth diapers. There are relevant differences in the results, which derive especially from discrepancies in the amount of greenhouse gas (GHG) emissions in the final disposal phase. To conduct a critical assessment, this study models the GHG emissions generated by the decomposition of disposable diapers in sanitary landfills and non-sanitary landfills, which represents the typical end-of-life treatment in Latin America. The modelling was realized according to the Guide for National Greenhouse Gas Inventories of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Results lie in a wide range, and depend on the fraction of carbon that actually decomposes and the type of landfill. Assuming that only 30% of the biodegradable carbon present in a discarded diaper would decompose in a landfill with good oxygen availability 45 g CO₂eq would be generated per diaper. Assuming that 100% of the biodegradable carbon would be decomposed under anaerobic conditions, 371 g CO₂eq would be generated. Thus, studies that indicated values of 25 g CO₂eq to 38 g CO₂eq per diaper underestimate the generation of GHG in the conditions given in Brazil.

Keywords: Modelling of landfill, End-of-life modelling, Diapers.

RESUMEN

Durante las últimas décadas se han publicado diferentes estudios de evaluación del Ciclo de Vida Ambiental (LCA) que comparan pañales desechables y pañales de tela. Existen diferencias relevantes en los resultados, que se derivan especialmente de las discrepancias en la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la fase de disposición final. Para realizar una evaluación crítica, este estudio modela las emisiones de GEI generadas por la descomposición de pañales desechables en rellenos sanitarios y rellenos no sanitarios, lo que representa el tratamiento típico al final de su vida útil en América Latina. El modelado se realizó de acuerdo con la Guía para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Los resultados están en un rango amplio y dependen de la fracción de carbono que se descompone y del tipo de vertedero. Suponiendo que solo el 30% del carbono biodegradable presente en un pañal desechado se descomponga en un vertedero con buena disponibilidad de oxígeno, se generarían 45

g de CO₂eq por pañal. Suponindo que el 100% del carbono biodegradable se descomponga en condiciones anaeróbicas, se generarán 371 g de CO₂eq. Así, estudios que indicaron valores de 25 g CO₂eq a 38 g CO₂eq por pañal subestiman la generación de GEI en el contexto de Brasil.

Palabras clave: Modelado de relleno sanitario, Modelado al final de su vida útil, Pañales.

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, diferentes estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) ambiental foram publicados comparando fraldas descartáveis e fraldas de pano. Há diferenças relevantes nos resultados, que derivam especialmente de discrepâncias da quantidade de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na fase da disposição final. Aumonier et al. (2005), por exemplo, identificaram, por fralda, para o contexto regional do Reino Unido, um valor de 25 g CO₂eq para a categoria de potencial de aquecimento global, tendo assumido que 80 % seria depositado em aterro sanitário e 20% tratado por incineração. Num estudo de Cordella et al. (2015) o potencial de aquecimento global chega em 38 g CO₂eq assumindo 63% de deposição em aterro, 25% de incineração com recuperação de energia e 12% de incineração sem recuperação energética. Já em Hoffmann et al. (2020), o valor identificado para a mesma categoria chegou em 204 g CO₂eq, considerando descarte por 100 % em aterro sanitário nas condições climáticas do Brasil. As discrepâncias dos resultados se devem, por um lado, às diferenças nas tecnologias assumidas, e, por outro lado, pela adoção de modelagens de geração de Gases de Efeito Estufa (GEE) diferentes.

Para entender melhor a ordem de grandeza em que a emissão de GEE gerados na decomposição de fraldas deve se encontrar, a presente pesquisa visa realizar uma modelagem específica das emissões de GEE que podem surgir neste processo, seja em aterros sanitários, não sanitários e lixões, em condições dadas no Brasil. Espera-se a partir dos resultados desta pesquisa um melhor entendimento das potenciais emissões de GEE provocadas na deposição de fraldas descartáveis usadas.

METODOLOGIA

Este estudo adotou como metodologia de estimativa de geração de emissões de GEE a partir da disposição final de fraldas o guia de Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), que descreve no volume 5 a modelagem de emissões derivados de RSU (Eggleston et al., 2006).

Para a modelagem das potenciais emissões, a composição, especialmente o teor de carbono, precisa ser definida. Para a quantidade e composição da fralda descartável, de urina e de fezes dados da literatura foram consultados. Detalhes do modelo e dos dados aplicados são apresentados a seguir.

2.1. Diretrizes para inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa

Os GEE provenientes da decomposição de RSU consistem predominantemente em emissões de CH₄, pois considera-se que o CO₂ gerado deriva de biomassa e não contribui efetivamente para a acumulação de GEE na atmosfera (GHOMMEN et al., 2012).

Para a modelagem das emissões conforme as diretrizes do IPCC, a fração do carbono orgânico que é submetido de degradação (DOCf - *fraction of degradable organic carbon wich decomposes*) e o tipo de deposição final precisam ser definidos.

O valor de DOCf padrão recomendado para RSU pelo guia é de 50% do total de carbono orgânico, assumindo que o ambiente do aterro em questão é anaeróbico. No entanto, como o valor padrão de DOCf foi definido para uma mistura de resíduos e não apenas para o tipo de matéria presente nas fraldas, consideraram-se para este estudo valores de DOCf de 0.3 a 1.0 para melhor avaliação de todos os possíveis cenários de degradação orgânica. O aumento do fator de 0.5 até 1.0 se justifica pelo fato da típica presença de microrganismos capazes de decompor a matéria orgânica presente (McDonald et al., 2012).

No aterro, dois tipos de decomposição podem ocorrer, a aeróbia e a anaeróbia. A aeróbia geralmente ocorre nas camadas mais superficiais, onde há maior presença de oxigênio e umidade. Já o processo anaeróbio, aquele responsável pela produção de CH₄, inicia-se quando não há oxigênio disponível em meio dos resíduos, consequência da superposição de camadas de RSU. Assim, o fator de correção de CH₄, o MCF, considera que os aterros não sanitários, especialmente os rasos, produzem uma quantia menor de CH₄. Os dados recomendados pelo IPCC para o MFC estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores de correção de metano por tipo de aterro sanitário

| Tipo de Aterro | Fator de Correção de Metano |
|----------------------------|-----------------------------|
| Sanitário - anaeróbio | 1 |
| Sanitário - semi-anaeróbio | 0,5 |
| Não sanitário - profundo | 0,8 |
| Não sanitário - raso | 0,4 |
| Sem categoria | 0,6 |

Fonte: Egglestone et al., 2006

No presente estudo, observando a realidade de tratamento de resíduos no Brasil (Abrelpe, 2018) serão aplicados os fatores para aterros sanitários anaeróbios, aterros não sanitários profundos e aterros sanitários rasos.

2.2. Dados de materiais de composições

Fraldas descartáveis usadas se compõem por material sintético não bio-degradável (polipropileno, polietileno, poliuretano e superabsorvente) e material biodegradável, consistindo em celulose, fezes e urina. A estimativa do metano produzido pela decomposição das fezes, urina e celulose presentes nas fraldas descartáveis depende do DOC presente no material em questão (Eggleston et al., 2006).

Tabela 2. Valores totais de carbono biodegradável presente na fralda

| | Quantidades unitárias/diárias | Total em 910 d | Teor de carbono | Total de Carbono em 910 d |
|-------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Número de Fraldas | 5 unidades | 4550 | - | - |
| Teor de Celulose | 15 g/fralda | 68.25 kg | 0.44 kg/kg | 30.03 kg |
| Acúmulo de urina | 0.3 l/fralda | 1365 l | 6.87 g/l | 9.38 kg |
| Acúmulo de fezes | 0.05 kg/dia | 45.5 kg | 50 g/kg | 2.28 kg |
| Total | | | | 41.68 kg |

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Eggleston et al. (2006), Hoffmann et al. (2020), Rose et al. (2015)

Estes valores foram identificados através de uma revisão bibliográfica. Um estudo de Rose et al. (2015) indicou que urina e fezes contêm, em média, uma quantidade de 6.87 g/L de carbono e 50g/kg de carbono, respectivamente. Para celulose, o valor de 0.44 g/g de carbono foi assumido conforme os pesos molares dos componentes da celulose. A partir destes dados foi calculada a quantidade total de DOC nas fraldas descartáveis ao longo de um período de tempo de 910 dias (dois anos e meio), que corresponde com o tempo médio de desfralde de uma criança. Os dados aplicados e identificados são apresentados na tabela 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando os diferentes fatores para DOC_f e MFC, obtém-se a faixa de emissões de GEE na qual as emissões devem se encontrar, representada pelos valores da tabela 3.

Tabela 3. Faixa de emissões resultantes da decomposição de fraldas descartáveis conforme diretrizes do IPCC (em kg CO₂ eq), considerando uma unidade

| DOC _f | MFC -Aterro Sanitário | MCF - Aterro não sanitário profundo | MCF - Aterro não sanitário raso |
|------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 100% | 371 | 297 | 149 |
| 50% | 186 | 149 | 74 |
| 30% | 111 | 89 | 45 |

Como limite superior identificou-se o valor de 371 g de CO₂eq, que corresponderia com a transformação completa do carbono biodegradável de uma fralda em metano. Já o limite inferior, 45 g de CO₂eq, corresponderia com a transformação de somente 12% do carbono biodegradável em metano, assumindo que somente 30% do carbono biodegradável seria sujeita a decomposição, do qual somente 40% se transformaria em metano. Contudo, considerando que a biomassa em questão consiste por boa parte de fibras de celulose, além de fezes e urina, isto é, biomassa de alta biodegradabilidade, a taxa de decomposição deve, em condições reais, atingir valores maiores. Os resultados mostram que os valores de Cordella et al. (2015) (25 g CO₂eq por fralda) e Aumonier et al. (2005) (38 g CO₂eq por fralda) podem ser considerados extremamente baixos, mesmo considerando que não foi contemplada a deposição de 100% da matéria orgânica em aterro. Já o resultado de Hoffmann et al. (2020) se encontra com 204 g CO₂eq num patamar alto. O valor corresponderia com uma decomposição de 55% em aterros sanitários e de 70% em aterros não sanitários profundos. Já em aterros não sanitários rasos, o valor de 204 g CO₂eq não seria atingido.

Já o valor de Hoffmann et al. (2020) se encontra na faixa de resultados plausíveis para a deposição em aterros sanitários e não sanitários profundos, que não realizem uma captura abrangente das emissões de metano, o que corresponde, ainda, com boa parte do tratamento de resíduos em países em desenvolvimento.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi realizada uma análise da ordem de grandeza das emissões de GEE provocadas pela degradação de fraldas descartáveis em aterros sanitários e não sanitários. A análise permite um melhor entendimento das diferenças encontradas em resultados de estudos de Avaliação de Ciclo de Vida publicadas ao longo das últimas décadas relacionadas ao uso de fraldas infantis. Foi identificado que os estudos que chegaram em resultados relativamente baixos provavelmente subestimam as emissões geradas por fraldas descartáveis. Outra conclusão importante deste estudo consiste, então, na confirmação que fraldas descartáveis levam a emissões maiores que sistemas de fraldas de pano nas condições regionais de Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Cnpq pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2018. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019.
2. Aumonier, S., Great Britain, Environment Agency, Collins, M., 2005. Life cycle assessment of disposable and reusable nappies in the UK. Environment Agency, Almondsbury, England.
3. Cordella, M., Bauer, I., Lehmann, A., Schulz, M., Wolf, O., 2015. Evolution of disposable baby diapers in Europe: life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement. *Journal of Cleaner Production* 95, 322–331. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.040>
4. Eggleston, H.S., Intergovernmental Panel on Climate Change, National Greenhouse Gas Inventories Programme, Chikyū Kankyō Senryaku Kenkyū Kikan, 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
5. Hoffmann, B.S., de Simone Morais, J., Teodoro, P.F., 2020. Life cycle assessment of innovative circular business models for modern cloth diapers. *Journal of Cleaner Production* 249, 119364. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119364>
6. McDonald, J.E., Houghton, J.N.I., Rooks, D.J., Allison, H.E., McCarthy, A.J., 2012. The microbial ecology of anaerobic cellulose degradation in municipal waste landfill sites: evidence of a role for fibrobacters: Anaerobic cellulose degradation in landfill. *Environmental Microbiology* 14, 1077–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02688.x>
7. Rose, C., Parker, A., Jefferson, B., Cartmell, E., 2015. The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45, 1827–1879. <https://doi.org/10.1080/10643389.2014.1000761>
8. Silva, C.L. da, Catapan, A., Oliveira, A.G. de, 2018. Gestão de resíduos sólidos no contexto internacional. *R. Bras. Planej. Desenvol.* 7, 339. <https://doi.org/10.3895/rbpd.v7n3.8679>



Production of goods and services, and industrial restructuring

LIFE CYCLE INVENTORY OF CATTLE MEAT PRODUCTION IN AN ABATTOIR IN THE STATE OF BAHIA, BRAZIL

Maria Clara Gonçalves ^{1,*}, Alex Rodrigues Nogueira ¹, José Adolfo de Almeida Neto ², Luciano Brito Rodrigues ¹

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente (GEMMA). Itapetinga, Brasil

² Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Ilhéus, Brasil
goncalvesantos.clara@hotmail.com, alexrnogueira@gmail.com, jalmeida@uesc.br, rodrigueslb@uesb.edu.br

RESUMO

Sabe-se da importância do mercado agropecuário e das necessidades de meios para que esse ramo industrial gere cada vez menos impactos negativos no que diz respeito aos aspectos ambientais. Este estudo realizou o Inventário de Ciclo de Vida da carne bovina embalada e etiquetada, pronta para consumo, visando quantificar o uso de água, energia elétrica, emissão de resíduos sólidos, efluentes, desde a entrada do animal no frigorífico até sua transformação total em produto final. A estrutura metodológica foi baseada na norma ISO 14040:2006. Os dados foram coletados em uma indústria frigorífica, localizada no interior da Bahia, Brasil referentes aos anos de 2018 a 2020, tendo-se como base os processos de produção e tecnologias empregados. O Fluxo de Referência adotado foi 1 kg de carne bovina pronta para comercialização. Os resultados indicaram um alto consumo de água por quilograma de carne, e conseqüentemente, elevada geração e despejo de efluentes, sendo estes com alguns parâmetros como DBO₅, nitrogênio total, óleos vegetais e gorduras animais, acima do permitido pela Resolução Conama nº 430/11.

Palavras-chave: abate de bovinos, efluentes líquidos, resíduos sólidos, impactos ambientais.

ABSTRACT

It is noteworthy the importance of the agricultural market, and the need for this industrial branch generates less negative impacts concerning environmental aspects. This study performed the Life Cycle Inventory of packaged and labeled beef, ready for consumption, aiming to quantify water, electricity, emission of waste, effluents from the animal's arrival in the industry until total transformation into the final product. The methodological structure is based on the ISO 14040:2006 standard. Primary data from 2018 to 2020 were collected in a slaughterhouse industry located in Bahia, Brazil, considering their production processes and technologies. The Reference Flow was 1 (one) kg of beef ready for sale. The results indicated a high water consumption per kilogram of meat. Consequently, there are a high generation and discharge of effluents, whose parameters such as BOD₅, total nitrogen, vegetable oils, and animal fats are higher than those by Conama Resolution No. 430/11.

Keywords: cattle slaughter, liquids effluents, solids wastes, environmental impacts

RESUMEN

Se conoce la importancia del mercado agrícola y la necesidad de medios para que esta rama industrial genere cada vez menos impactos negativos en lo que respecta a los aspectos ambientales. El objetivo principal de este estudio es realizar el Inventario de Ciclo de Vida de carne vacuna envasada y etiquetada, lista para el consumo, con el objetivo de cuantificar el uso de agua, energía eléctrica, emisión de residuos sólidos, efluentes, desde el animal en el frigorífico hasta su total transformación en producto final. La estructura metodológica se basa en la norma ISO 14040:2006. Los datos fueron recolectados en una industria de matadero, referida a los años 2018 a 2020, ubicada en el interior de Bahía, Brasil, tomando como base los procesos productivos y tecnologías empleadas en ella. El Flujo de Referencia fue 1 kg de carne de vacuno lista para la venta. Los resultados indicaron un alto consumo de agua por kilogramo de carne, consecuentemente alta generación y descarga de efluentes, siendo estos con algunos parámetros como DBO₅, nitrógeno total, aceites vegetales y grasas animales, por encima de lo permitido por la Resolución Conama 430/11.

Palabras clave: sacrificio de ganado, efluentes líquidos, residuos sólidos, impactes ambientales.

INTRODUCTION

Food production is one of the activities with great potential to produce environmental impacts. Due to the importance of this market and its consolidation in Brazilian agribusiness, the sector faces some challenges: i) the increase in society's concern about environmental sustainability and the demand for products according to environmental certifications and labeling requisites importing and importing selling.

This context applies to beef production, whose consumption in Brazil grew by 14% in the last ten years. The national herd is approximately 215 million heads, 80% absorbed by the domestic market, from which 4.76% are from Bahia (ABIEC, 2020). According to Bridi (2014), the worldwide consumption of meat is approximately 43.1 kg/inhabitant/year. In Brazil, the demand per capita is estimated at 92 kg/year, with approximately 43.5% beef.

In a survey carried out by the World Commission on the Environment and Development regarding industrial pollution, it was found that the industries of iron and steel, paper and cellulose, metals, automobiles, electricity generation, automobiles, and food products are among the main polluters (Rabelo et al., 2014).

In the food industry, Santos et al. (2017) highlight the dairy sector as one of the most polluting, since in addition to liquids with a high organic load, there is little treatment of its effluents. Slaughterhouses and slaughterhouses also have significant impacts on the environment. Although most solid residues (oils, fats, and bones) are used as by-products, it does not minimize the most significant problem resulting from this industry: the lack of modern equipment to remove fetid gases and toxic effluents (Vargas, 2013).

It is considered that the framing of Brazilian agribusiness, especially in the beef cattle, under environmental criteria, may allow the expansion of new markets, providing a competitive advantage for Brazilian agricultural products worldwide. Thus is essential to use methods that can holistically quantify the environmental impacts resulting from the production to achieve the product's environmental sustainability (Leinonen and Kyriazakis, 2016).

In this sense, the Life Cycle Assessment (LCA) is a method for identifying the global environmental impacts of human activities, products, or processes, from the acquisition of raw materials, through production, use until waste management (Pacheco et al., 2018). Although LCA is increasingly applied in Brazil, there is still a lack of studies focused on slaughtering animals and meat production. This gap is even more evident considering the Northeast region of Brazil since few studies carried out have privileged the South and Midwest regions of the country.

According to ISO 14040:2006, LCA is structured in four phases. The inventory phase involves the compilation and quantification of inputs and outputs for a given product system throughout its life cycle. Examples of inputs and outputs include energy, materials, the generation of emissions, and waste (ISO, 2006a; Owens, 1997).

This work proposes a Life Cycle Inventory (ICV) of the beef produced in the Northeast of Brazil, evaluating the environmental impacts produced by the production process in a regional slaughterhouse.

METHODOLOGY

The methodology used for the Life Cycle Inventory was based on ISO 14040:2006 standard. The primary data were collected in a slaughterhouse located in a city from Bahia state, Brazil.

This study considered the processing of half bovine carcass, whose mass is approximately 220 kg, of which 85.8 kg (39%) are deboned meat for consumption. The main processes that make up the system are: stunning, stunning, bleeding, skinning, evisceration, refrigeration, cuts, and deboning of the half carcass.

The Reference Flow was defined as 1 kg of beef ready for sale. The system boundary is gate-to-gate comprising the animal's arrival to store the product ready to be sold. The geographical coverage is the state of Bahia, and the data refer to the years 2018 to 2020.

Primary data were obtained through visits to the industry in 2020, where it was possible to know the whole production process. Data includes the inputs (e.g., water, energy, sanitizing products) and the outputs, as the products, effluents, and solid waste generation. Besides, secondary data were used to represent atmospheric data.

RESULTS AND DISCUSSION

Regarding the material and energy inputs of the system and cattle, it is also worth mentioning the consumption of water and firewood. As the environmental aspects related to the outputs, a high generation of liquid effluents was observed with some parameters above those allowed by Conama Resolution No. 430/2011 (Brasil, 2011), confirming the high polluting load effluents (Table 1).

Table 1. Parameters of effluent discharge.

| Parameter (mg/l) | Maximum concentration permitted | Concentration found |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| BOD ₅ | 2000 | 3082 |
| Total nitrogen | 180 | 860 |
| Vegetable oils and animal fats | 50 | 68.7 |

Source: Adapted from Conama Resolution No. 430/11 (2011).

All liquid effluents are sent to anaerobic and aerated lagoons and undergo preliminary, primary, and secondary treatments. The effluent is segregated into two main lines, the "green" line (liquid waste generated containing a large number of intestinal contents and cattle excrement) and the "red" line (liquid waste that contains blood), suitable for each type of effluent as your characteristics.

It was found that the total water consumption was 433,125 L/day, corresponding to approximately 1,967.75 L/kg of meat. Most of this demand is destined for cleaning and asepsis of the sectors (131.25 L/day) and the processing of dirty and clean dowels, giblets, casing room (69.3 L/day).

In slaughterhouses, as in various other industries, the high water consumption leads to large volumes of effluents. Around 80% to 95% of the water consumed is discharged as liquid effluent (UNEP, 2000). Based on the calculation that for cattle slaughter and meat processing, around 346,500 L/day is dumped, corresponding to approximately 1,575 L/kg of meat.

Traditionally, solid residues from this type of system are destined to industrial units called grease fittings and comprise bones, carcasses, skins, fats, and raw viscera. In the analyzed period, the production of these residues was 177.3 kg / half carcass/month, which corresponds to 0.8 kg/kg of meat produced.

The average electricity consumption was 300.24 kWh/half carcass/month, corresponding to 1.37 kWh / kg of meat. The sector with the highest electricity demand was refrigeration (about 59% of the total). As for thermal energy, there is a demand of 6.5 MJ / animal in the slaughtering sector, which results in 14.4 kJ / kg of meat. Such energy is obtained from the burning of eucalyptus wood (83.24 kg/month) in boilers.

CONCLUSIONS

Given the climatic and procedural specificities of the region under study, the inventory obtained may improve the knowledge and give visibility to the environmental management practices applied by the sector in Bahia. Besides, the information gathered may support the identification of opportunities for improving environmental performance.

These studies are essential for understanding negative externalities to the environment resulting from expanding the secondary sector of the economy, particularly in the beef industry.

Finally, it is believed that the inventory can contribute to the Brazilian Life Cycle Inventory (SICV), supporting further initiatives by the LCA community.

REFERENCES

1. ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2020. Estatísticas. Disponível em: <www.abiec.com.br>. Acesso em: 05 fev 2021.
2. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011. Resolução CONAMA Nº 430/2011 - Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89
3. Bridi, A.M., 2014. Consumo de carne bovina e saúde humana: convergências e divergências. Oliveira, RC & Barbosa, MAAF Bovinocultura de corte. Salvador: Editora UFBA.
4. ISO - International Organization for Standardization, 2006. ISO 14040 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, ISO, Geneva.

5. Leinonen, I., Kyriazakis, I., 2016. How can we improve the environmental sustainability of poultry production? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 265-273. doi:10.1017/S0029665116000094.
6. Owens, J.W., 1997. Life-Cycle Assessment: Constraints on Moving from Inventory to Impact Assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 1: 37-49. <https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.1.37>.
7. Pacheco J. de C., Moita Neto, J.M., da Silva E.A., 2018. Impactos ambientais e formulação de ração para frango de corte. *LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, 2(2 esp.), 97-109. <https://doi.org/10.18225/lalca.v1iEspec.4327>
8. Rabelo, M.H.S., Silva, E.K., Peres, A.P., 2014. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(1), 79-86. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100009>
9. Santos Jr, H.C.M., Maranduba, H.L., Almeida Neto, J.A., Rodrigues, L.B., 2017. Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 3470-3482. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8084-0>
10. UNEP – United Nations Environment Programme, 2000. *Cleaner production assessment in meat processing*. Paris: UNEP. <http://hdl.handle.net/20.500.11822/9571>
11. Vargas, L.P., 2013. Análise do ciclo de vida da carne bovina: um estudo de caso na área de proteção ambiental do Ibirapuitã. [Dissertação] Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural. Universidade Federal de Santa Maria.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NA PRODUÇÃO DE LEITE

Daiane Vitória da Silva ^{1*}, Ana Laura Raymundo Pavan ², Yovana M. B. Saavedra ³, Diogo Aparecido Lopes Silva ¹

¹ Universidade Federal de São Carlos, Grupo de Pesquisa em Engenharia da Sustentabilidade, Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Rodovia João Leme dos Santos, SP-264, km 110, Itinga, Sorocaba, 18052-780, Brasil. daianevitoriasilva@yahoo.com.br, diogo.apls@ufscar.br

² KU Leuven, Department of Materials Engineering (MTM), Kasteelpark Arenberg 44, box 2450, 3001 Leuven, Bélgica. laurarpavan@gmail.com

³ Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências da Natureza (CCN), Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção UFSCar-Sorocaba, Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 - Aracaju, Buri - SP, 18290-000. yovana.saavedra@ufscar.br

RESUMO

A pecuária leiteira é fonte de diversos impactos ambientais. Este setor é considerado como um dos principais responsáveis pelas mudanças climáticas. O objetivo deste estudo foi realizar uma Revisão Bibliográfica Sistemática de estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Serviços Ecosistêmicos (SE), aplicados na produção de leite. As buscas nas bases de dados, *Scopus* e *Web of Science*, retornaram 1004 artigos. Após procedimentos de filtragem, 67 artigos foram considerados relevantes para a amostra final. O *software* VOSviewer foi utilizado para a análise bibliométrica. 64 estudos utilizaram a ACV e 3 estudos SE. Nenhum documento integrou as duas abordagens. As mudanças climáticas foram avaliadas em todos os estudos de ACV. Nos estudos de SE os impactos sobre o uso da terra foi o mais abordado, com foco na categoria de provisionamento. Foram identificadas três linhas de pesquisa: 1) Pegada de carbono; 2) Avaliação de outras categorias de impacto ambiental (acidificação e eutrofização); 3) Procedimentos de monitoramento ambiental na alimentação/nutrição animal. Conclui-se que as pesquisas de ACV na pecuária leiteira estão em crescimento. Todavia, ainda é preciso avançar sobre os estudos de SE e sua integração com outras metodologias/ferramentas, tais como a ACV, visando uma avaliação mais completa e integrada.

Palavras-chave: Pecuária, impactos ambientais, produção sustentável.

ABSTRACT

Dairy farming is the source of several environmental impacts. This sector is considered to be one of the main contributors to the climate change. This study aimed to conduct a systematic literature review of Life Cycle Assessment (LCA) and Ecosystem Services (ES) studies applied to dairy production. Searches in the *Scopus* and *Web of Science* databases resulted in 1004 articles. After filtering, only 67 articles were considered relevant to be used as the final sample. VOSviewer software tool was used for the bibliometric analysis. 64 studies used LCA and 03 for ES. No papers were found about integrated the two approaches. Climate change was assessed by all the LCA studies. Impacts on land use were addressed in all the SE studies, with a focus on milk production in the provision category. Three lines of research were identified: 1) Carbon footprint; 2) Assessment of other environmental impact categories (acidification and eutrophication); 3) Procedures environmental monitoring in animal feed/nutrition. We conclude that LCA research in dairy farming is growing in the last few years. However, it is still necessary to advance on SE and its integration with other methodologies/tools, such as LCA, aiming for a more complete and integrated environmental assessment.

Keywords: Livestock, environmental impacts, sustainable production.

RESUMEN

La ganadería lechera es fuente de varios impactos ambientales. Este sector está considerado uno de los principales responsables del cambio climático. Objetivo de este estudio fue realizar una Revisión Bibliográfica Sistemática de los estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y de Servicios Ecosistémicos (SE), aplicados a la producción de leche. Búsquedas en las bases de datos, *Scopus* y *Web of Science*, arrojaron 1004 artículos. Tras los procedimientos de filtro, se consideraron pertinentes 67 artículos para muestra final. Análisis bibliométrico

se utilizó software VOSviewer. 64 estudios utilizaron el ACV. Ningún documento ha integrada los dos enfoques. Cambio climático fue evaluado por todos los estudios de ACV. En los estudios de SE los impactos sobre el uso de la tierra fue el más evaluado, centrándose en la producción de leche en categoría de provisión. Se identificaron tres líneas de investigación: 1) Huella de carbono; 2) Evaluación de otras categorías de impacto ambiental (acidificación y eutrofización); 3) Procedimientos para seguimiento ambiental en la alimentación animal/nutrición. Se concluye que la investigación del ACV en la ganadería lechera está creciendo. Sin embargo, es necesario avanzar en la investigación de SE y su integración con otras metodologías/herramientas, como el ACV, para una evaluación más completa y integrada.

Palabras clave: Ganadería, impactos ambientales, producción sostenible.

INTRODUÇÃO

A produção de leite é considerada uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa (GEE), além de outros impactos ambientais que podem prejudicar o meio ambiente (Baldini et al., 2018). Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) possui um papel importante para a contribuição da sustentabilidade nas fazendas leiteiras (Schueler et al., 2018).

Contudo, ainda existem lacunas referentes a avaliação dos impactos dos produtos que demandam o uso da terra sob a perspectiva dos Serviços Ecossistêmicos (SE), principalmente, quando se trata da biodiversidade (Winter et al., 2017), sendo este, um aspecto que pode interferir no fornecimento de SE, como no caso da produção de leite. Dessa forma, se torna necessária, também, a contabilização desses serviços.

Algumas pesquisas sobre avaliações de impactos ambientais vêm sugerindo a integração da ACV com outras ferramentas, como exemplo, avaliar os SE por meio da estrutura da ACV (Rugani et al., 2019). Assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma Revisão Bibliográfica Sistemática envolvendo a ACV e SE, aplicados na produção de leite. Para isso, a questão da pesquisa foi: “como está a literatura sobre ACV e SE na produção de leite no mundo?”. O principal interesse foi identificar os estudos empíricos que aplicaram, de forma integrada ou isoladamente, as duas abordagens, buscando apreender os principais métodos e direcionamentos científicos recentes.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) com aplicações de ferramenta bibliométrica. A RBS segue os três estágios definidos por Tranfield et al. (2003), que são: planejamento, condução e divulgação.

No estágio de planejamento foram definidos o objetivo, a questão da pesquisa e as palavras chaves. *Scopus* e *Web of Science (Wos)* foram as Bases de Dados (BD) selecionadas. O período de abrangência foi até junho de 2020, limitado para artigos, no idioma inglês. As palavras chaves utilizadas, nas duas BD, foram: (“*life cycle assessment*” OR “*life cycle analys*” OR “*LCA*”) OR (“*ecosystem services assessment*” OR “*ecosystem services*”) AND (“*milk*”).

Para o estágio de condução, a Figura 1, mostra a representação dos procedimentos metodológicos.

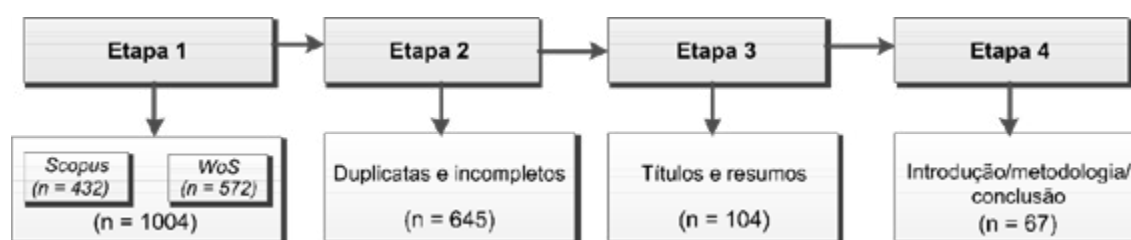


Figura 1. Representação das etapas da RBS. Fonte: Elaboração própria (2020)

A etapa 1 consistiu na busca dos artigos. O resultado inicial foi de 1004 artigos para as duas BD. Posteriormente, foram aplicados os procedimentos de filtragem. Os critérios de exclusão foram: 1) artigos duplicados e incompletos e; 2) artigos que não abordaram a ACV e/ou SE na produção de leite bovino. Na etapa 2, foram excluídos os artigos incompletos e duplicatas indexados nas BD, resultando 645 artigos. Em seguida, na Etapa 3, foram realizadas as leituras de títulos e resumos. Os artigos que não estavam de acordo com os critérios, foram excluídos. Por fim, a Etapa 4, consistiu na leitura das introduções, metodologias e conclusões de cada trabalho. Desta última etapa, tem-se o portfólio final de 67 documentos, iniciando-se, em seguida, o estágio de divulgação dos resultados, por meio de uma análise descritiva e bibliométrica dos estudos. Para a análise bibliométrica foi utilizado o *software* VOSviewer versão 1.6.13

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 67 documentos, verificou-se que 64 artigos utilizam a metodologia da ACV e somente três (3) os SE. Não foram encontrados nenhum documento que integrasse as duas abordagens de forma completa. Assim, tem-se dois conjuntos de documentos, sendo eles: ACV e SE.

A Figura 2 mostra a evolução das publicações sobre ACV e SE na produção de leite. Nota-se que os estudos de ACV concentram-se entre os anos de 2000 a 2020 (20 anos). Para os SE, as publicações são nos anos de 2012 e 2017 (2 anos). O ano de 2017 apresentou o maior número de publicações sobre a ACV (11 artigos).



Figura 2. Evolutivo das publicações mapeadas.

Fonte - Elaboração própria (2020).

Foram identificados 85 países que colaboraram com as publicações. A maioria (75%) são países da Europa. A Itália foi o país que mais publicou (17 artigos), visto que, a pecuária leiteira possui grande representatividade para o contexto italiano (Baldini et al., 2018). Nos países latino-americanos verificou-se somente duas publicações, sendo eles, Peru (1) e Brasil (1). Os documentos sobre SE concentram-se na Holanda (2) e na Suécia (1).

Avaliação do Ciclo de Vida na produção de leite

Todos os estudos utilizaram a fronteira do sistema “berço ao portão da fazenda”. 68% dos artigos aplicaram as unidades funcionais (UF) de leite corrigido por proteína e energia - FPCM (sigla em inglês - *Fat and Protein Corrected Milk*) (44 ocorrências) e leite corrigido pela energia - ECM (sigla em inglês - *Energy Corrected Milk*) (16 ocorrências). Ambas UF são definidas a partir das características nutricionais do produto (leite cru).

Devido a multifuncionalidade do sistema, os procedimentos de alocação mais utilizados foram a alocação biológica (31 ocorrências) e a econômica (30 ocorrências). A alocação biológica é recomendada pela *International Dairy Federation* e consiste nas necessidades fisiológicas da alimentação animal. Nota-se que este procedimento de alocação está cada vez mais consolidado nos artigos mais recentes.

Nos estudos de Robert Kiefer et al. (2016) e Salvador et al. (2016) os SE foram considerados no procedimento de alocação. A alocação econômica de SE não considera somente o leite e a carne como saídas, mas também, os serviços que são prestados ao meio ambiente, já que em alguns países existem os pagamentos por serviços agroambientais (Robert Kiefer et al., 2015; Salvador et al., 2016).

As principais categorias de impacto identificadas nos artigos foram o aquecimento global/mudanças climáticas (64 ocorrências), acidificação (33 ocorrências) e eutrofização (22 ocorrências). O uso da terra foi avaliado em 17 artigos e os principais métodos empregados foram o IPCC (2007 – 2013), CML 2001 e ReCipe. Dos estudos que avaliaram somente a Pegada de Carbono ou GEE (21 artigos), 90% (19 artigos) utilizaram o método IPCC. A base de dados completa com os resultados desta pesquisa podem ser acessados sob demanda junto ao autor correspondente.

Serviços Ecosistêmicos na produção de leite

O tema central dos três estudos de SE são sobre o impacto ocasionado pelo uso da terra. No estudo de Petz & Van Oudenhoven (2012) foi apresentada uma estrutura para a seleção de indicadores e avaliaram a relação entre a manejo da terra e o fornecimento de SE em um estudo de caso aplicado em paisagem rural, com o foco no serviço de provisão da produção de leite. Aplicando essa mesma estrutura Van Oudenhoven et al. (2012)

modelaram os efeitos do uso da terra em SE. Já Nordborg et al. (2017), por sua vez, abordaram as limitações dos impactos do uso da terra regionalizado sobre os SE, avaliando modelos com diversos fatores de caracterização.

As categorias de SE analisadas nesses estudos citados, foram: provisão, regulação, habitat e cultura. A Regulação do Clima e Provisão foram os SE que mais foram avaliados. Este tipo de serviço está relacionado, principalmente, ao sequestro de carbono e a produção de alimentos, no caso leite cru. Em seguida, os serviços de regulação da qualidade do ar (captura de material particulado) e recreação foram avaliados em dois (2) estudos de SE.

Análise de palavras chaves e documentos mais citados

No mapa dos artigos de ACV (Figura 3) foram identificados três *clusters*. O primeiro *cluster* (vermelho) tem forte relação da avaliação do impacto ambiental e as categorias de eutrofização e acidificação. Também, em menor proporção, encontra-se o uso da terra e biodiversidade. O segundo *cluster* (azul) evidencia os fluxos de emissões liberadas dos processos (metano, dióxido de carbono e óxido nítrico). As emissões da fermentação entérica é um dos principais *hotspots* ambientais da produção de leite (Battini et al., 2016). Este processo produz, principalmente, as emissões de metano.

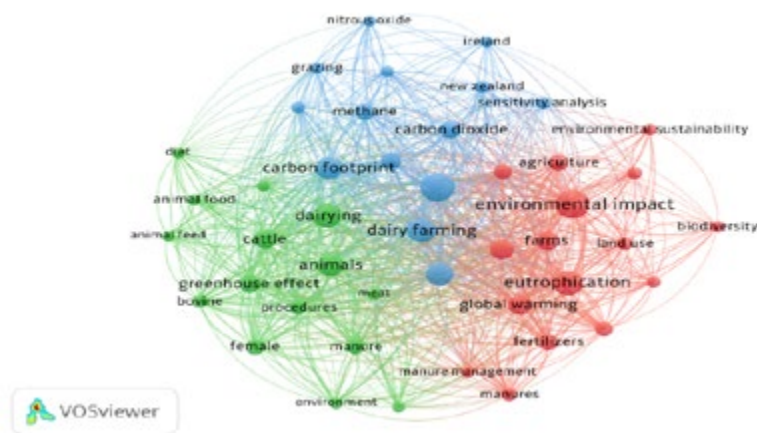


Figura 3. Relação dos clusters das palavras.

Fonte: Software VOSviewer (2020).

No terceiro *cluster* (verde) os termos como GEE e aquecimento global estão fortemente relacionados com a alimentação do gado. Assim, as três principais linhas de pesquisa conduzidas são: 1) Avaliação de outras categorias de impacto ambiental, tais como acidificação e eutrofização; 2) Pegada de Carbono; e 3) Procedimentos para melhorar o monitoramento dos aspectos ambientais durante a alimentação animal.

Em consonância com as linhas de pesquisas, os três estudos de maior impacto, de acordo com o número de citações globais (*Total Global Citation Score*), a saber, Thomassen et al. (2008a), Thomassen et al. (2008b) e Casey & Holden (2005), apresentaram 13,5% (267 citações), 9,6% (189 citações) e 7,7% (152 citações) do total de citações globais, respectivamente. Esses estudos referem-se à identificação de *hotspots* entre dois sistemas de produção de leite (convencional e orgânico) (Thomassen, 2008a); comparação nas abordagens da ACV consequencial e atribucional (Thomassen, 2008b) e análise de GEE na produção de leite (Casey et al., 2005).

CONCLUSÃO

Neste estudo foi realizada uma RBS de pesquisas científicas envolvendo a ACV e SE. De forma geral, os SE tiveram pouca representatividade. Por outro lado, se evidencia que os estudos de ACV na produção de leite está em crescimento. Todavia, por mais que o Brasil se enquadre como um grande produtor de leite, suas iniciativas relacionadas a Gestão do Ciclo de Vida ainda estão limitadas em termos de publicações acadêmicas disponíveis. Não foram identificados estudos que combinasse as duas técnicas, ACV e SE de forma integrada. Assim, ainda é preciso avançar mais sobre a avaliação dos SE e sua integração com outras metodologias/ferramentas, tais como a ACV. Isto inclui, por exemplo, o aprimoramento de categorias de impacto relevantes para o fornecimento de SE (biodiversidade e uso da terra), visando uma avaliação mais completa e integrada que colabore rumo ao desenvolvimento sustentável na cadeia produtiva do leite.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo nº 88887.498791/2020-00.

REFERÊNCIAS

1. Baldini, C., Bava, L., Zucali, M., & Guarino, M. (2018). Milk production Life Cycle Assessment: A comparison between estimated and measured emission inventory for manure handling. *Science of the Total Environment*, 625, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.261>
2. Battini, F., Agostini, A., Tabaglio, V., & Amaducci, S. (2016). Environmental impacts of different dairy farming systems in the po valley. *Journal of Cleaner Production*, 112, 91-102. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.062
3. Casey, J. W., & Holden, N. M. (2005). Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system. *Agricultural Systems*, 86(1), 97–114. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.09.006>
4. Nordborg, M., Sasu-Boakye, Y., Cederberg, C., & Berndes, G. (2017). Challenges in developing regionalized characterization factors in land use impact assessment: impacts on ecosystem services in case studies of animal protein production in Sweden. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(3), 328–345. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1158-x>
5. Petz, K., & Van Oudenhoven, A. P. E. (2012). Modelling land management effect on ecosystem functions and services: A study in the Netherlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 8(1–2), 135–155. <https://doi.org/10.1080/21513732.2011.642409>
6. Robert Kiefer, L., Menzel, F., & Bahrs, E. (2015). Integration of ecosystem services into the carbon footprint of milk of South German dairy farms. *Journal of Environmental Management*, 152, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.017>
7. Rugani, B., Maia de Souza, D., Weidema, B. P., Bare, J., Bakshi, B., Grann, B., ... Verones, F. (2019). Towards integrating the ecosystem services cascade framework within the Life Cycle Assessment (LCA) cause-effect methodology. *Science of the Total Environment*, 690, 1284–1298. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.023>
8. Salvador, S., Corazzin, M., Piasentier, E., & Bovolenta, S. (2016). Environmental assessment of small-scale dairy farms with multifunctionality in mountain areas. *Journal of Cleaner Production*, 124, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.001>
9. Schueler, M., Paulsen, H. M., Berg, W., & Prochnow, A. (2018). Accounting for inter-annual variability of farm activity data for calculation of greenhouse gas emissions in dairy farming. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(1), 41–54. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1307-x>
10. Thomassen, M A, van Calker, K. J., Smits, M. C. J., Iepema, G. L., & de Boer, I. J. M. (2008a). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems*, 96(1–3), 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.06.001>
11. Thomassen, Marlies A, Dalgaard, R., Heijungs, R., & de Boer, I. (2008b). Attributional and consequential LCA of milk production. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(4), 339–349. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0007-y>
12. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14, 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
13. Van Oudenhoven, A. P. E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., & de Groot, R. S. (2012). Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators*, 21(SI), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012>
14. Winter, L., Lehmann, A., Finogenova, N., & Finkbeiner, M. (2017). Including biodiversity in life cycle assessment – State of the art, gaps and research needs. *Environmental Impact Assessment Review*, 67(July 2017), 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.08.006>

MODELOS DE CARACTERIZAÇÃO PARA A CATEGORIA DE IMPACTO DE FORMAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NO CONTEXTO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Gabriela Giusti ^{1,*}, Daiane Vitória da Silva ¹, Cassiano Moro Piekarski ², Yara de Souza Tadano ², Diogo Aparecido Lopes Silva ¹

¹ Universidade Federal de São Carlos. Rodovia João Leme dos Santos, SP-264, km 110, Itinga, Sorocaba, 18052-780, Brasil. gabriela.giusti@hotmail.com.br, daianeveitoriasilva@yahoo.com.br, diogo.apls@ufscar.br

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rua Dr. Washington Subtil Chueire, 330, Jardim Carvalho, Ponta Grossa, 84017-220, Brasil. piekarski@utfpr.edu.br, yarataadano@utfpr.edu.br

RESUMO

Estudos recentes de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) têm demonstrado que a categoria de impacto de formação de material particulado (MP) demanda por fatores de caracterização (FCs) regionalizados. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a sensibilidade dos resultados de impacto potencial calculados para a formação de MP, frente a diferentes modelos de caracterização que foram testados. Para isso, dois estudos de caso (EC) foram selecionados, ambos no Brasil: EC1) produção de 1 m³ de painel de madeira e; EC2) produção de 1 kg de leite. Estes foram modelados no *software* openLCA versão 1.10, seguida da análise de sensibilidade. Os modelos de caracterização selecionados foram: M1) Van Zelm et al. (2016); M2) UNEP e SETAC (2016), e; M3) Fantke et al. (2017, 2019). Foi identificada alta sensibilidade dos resultados conforme o modelo selecionado. O M2, por exemplo, apresentou impactos com variações percentuais em até 2.671% para o EC1, e para EC2 em até 2.500%. Conclui-se que os resultados apontam que a regionalização de FCs é fundamental para o contexto brasileiro, visando a redução de tamanhas incertezas, as quais podem afetar significativamente as conclusões de estudos de ACV.

Palavras-chave: avaliação de impacto do ciclo de vida, fator de caracterização, emissão de particulados, impactos na saúde.

ABSTRACT

Recent Life Cycle Assessment (LCA) studies have shown that the impact category of formation of particulate matter (PM) demands regionalized characterization factors (CFs). Thus, the objective of this study was to evaluate the sensitivity of the results of potential impact calculated for the formation of PM, against different models of characterization that were tested. For this, two case studies (CS) were selected, both in Brazil: CS1) production of 1 m³ of wood panel and; CS2) production of 1 kg of milk. These were modeled on openLCA software version 1.10, followed by sensitivity analysis. The characterization models selected were: M1) Van Zelm et al. (2016); M2) UNEP and SETAC (2016), and; M3) Fantke et al. (2017, 2019). High sensitivity of the results was identified according to the selected model. M2, for example, had impacts with percentage changes of up to 2,671% for CS1, and for CS2 by up to 2,500%. It is concluded that the results show that the regionalization of CFs is fundamental for the Brazilian context, aiming to reduce such uncertainties, which can significantly affect the conclusions of LCA studies.

Keywords: life cycle impact assessment, characterization factor, particulate emission, health impacts.

RESUMEN

Estudios recientes de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) han demostrado que la categoría de impacto de la formación de material particulado (MP) exige factores de caracterización (FC) regionalizados. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar la sensibilidad de los resultados de impacto potencial calculados para la formación de MP, frente a diferentes modelos de caracterización que fueron probados. Para ello, se seleccionaron dos estudios de caso (EC), ambos en Brasil: EC1) producción de 1 m³ de tablero de madera y; EC2) producción de 1 kg de leche. Estos se modelaron en la versión 1.10 del software openLCA, seguido de un análisis de sensibilidad. Los modelos de caracterización seleccionados fueron: M1) Van Zelm et al. (2016); M2) PNUMA y SETAC (2016), y; M3) Fantke et al. (2017, 2019). Se identificó una alta sensibilidad de los resultados según el modelo

seleccionado. M2, por ejemplo, tuvo impactos con cambios porcentuales de hasta 2.671% para EC1 y para EC2 hasta en 2.500%. Se concluye que los resultados muestran que la regionalización de las FC es fundamental para el contexto brasileño, con el objetivo de reducir dichas incertidumbres, que pueden afectar significativamente las conclusiones de los estudios de ACV.

Palabras clave: evaluación del impacto del ciclo de vida, factor de caracterización, emisiones de partículas, impactos en la salud.

INTRODUÇÃO

O material particulado (MP) é um poluente atmosférico que pode ser classificado com base em seu tamanho aerodinâmico (MP_{10} , $MP_{2,5}$) ou por sua fonte de emissão, podendo ser primário (emissão na forma de MP) ou secundário (emissão de um precursor, como: SO_2 e NH_3) (US.EPA, 2020). As principais fontes antrópicas de MP são as atividades agrícolas, industriais e de transporte (Liu et al., 2020). Por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ISO, 2006) é possível quantificar o impacto potencial do MP na saúde humana, através da categoria de formação de MP.

Na ACV, sua terceira fase diz respeito à Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV), onde os fluxos inventariados são convertidos em impactos utilizando Fatores de Caracterização (FCs) (ISO, 2006). Um FC é mensurado a partir de modelos de caracterização específicos por categoria de impacto (RAICV, 2019). Uma vez que são consideradas características específicas de uma região para o cálculo dos modelos, a categoria formação de MP demanda por FCs regionalizados, para que as incertezas existentes sejam minimizadas (Mutel et al., 2019). Diversas pesquisas estudaram a influência da escolha de modelos de AICV, inclusive dentro do contexto brasileiro, como por exemplo, Cavalett et al. (2013), e constataram a importância de se ter uma escolha consciente de métodos/modelos de caracterização em estudos de ACV.

No entanto, estudos de ACV focados na formação de MP e usando modelos de caracterização com considerações brasileiras são escassos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sensibilidade dos resultados de ACV com foco nesta categoria em questão, frente aos recentes modelos de caracterização de Van Zelm et al. (2016), UNEP e SETAC (2016) e Fantke et al. (2017, 2019).

METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra a descrição do procedimento metodológico deste estudo e, as subseções a seguir descrevem as etapas desenvolvidas.

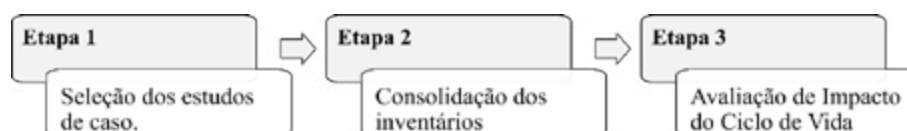


Figura 1. Descrição das etapas do procedimento metodológico. Fonte: Autores

Seleção dos estudos de caso

Dois estudos de caso foram selecionados arbitrariamente: 1) produção de painel de madeira MDP (*medium density particleboard*), com base em Silva et al., (2013) e; 2) produção de leite bovino em sistema semiconfinado. Ambos, sob uma perspectiva *cradle-to-gate* e com sua modelagem do tipo atribucional.

A fronteira geográfica do sistema de produção de painel MDP englobou três cidades brasileiras: Itapetininga-SP, Botucatu-SP e Uberaba-MG. A Unidade Funcional (UF) foi 1 m³ de painel MDP, com densidade média de 630 kg/m³. Multifuncionalidades do sistema em questão não foram observadas.

A fronteira geográfica da produção de leite foi a região de Campos Gerais-PR. A UF foi 1 kg de leite corrigido para gordura e proteína (FPCM). Além da saída de 1 kg de leite FPCM, identificou-se 1,58×10⁻² kg de animais para abate (peso vivo) e de 1,67 kg de dejetos animais. Assim, foi utilizado processo de alocação física (massa) para se resolver a multifuncionalidade do sistema.

Inventário do ciclo de vida

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) para produção do painel MDP, bem como os dados de *background* sobre o fornecimento de eletricidade, foram extraídos do Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil), e importados para o *software* OpenLCA 1.10.2. Os demais fluxos foram obtidos nas bases *Agribalyse* 3.0 e *Needs* 1.8.

Para o ICV da produção de leite, foram utilizados dados primários parciais do projeto de pesquisa CNPq número 440165/2019-9 e dados secundários. Dados de entrada de água e emissões (NH₃, CO₂, CH₄, NO_x) foram extraídos de Olszensvski (2011). Os processos de *background* incluídos na fronteira do sistema foram obtidos em Olszensvski (2011), e nas bases de dados *Agribalyse 3.0* e *Needs 1.8*.

Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida e Análise de sensibilidade

Os modelos de caracterização utilizados foram Van Zelm et al. (2016), UNEP e SETAC (2016) e Fantke et al. (2017, 2019), que fazem considerações sobre o Brasil para o cálculo dos FCs.

Van Zelm et al. (2016) não realiza divisão por arquétipos. Assim, uma mesma substância emitida em diferentes compartimentos considera um mesmo FC. Já nos modelos de UNEP e SETAC (2016) e Fantke et al. (2017, 2019), os fluxos de emissão para alta e baixa densidade populacional foram associados aos compartimentos externo urbano e rural, respectivamente. Para as emissões em compartimento não especificado, foi considerado o FC do compartimento de maior valor atribuído por cada modelo.

O ICV do painel MDP é composto pela produção em três cidades brasileiras, porém, Fantke et al. (2017, 2019) indicou FCs mais elevados para Uberaba – MG e somente os fatores para esta cidade foram aplicados neste estudo. Em relação à produção de leite, apesar do sistema ser uma representação da produção da Região de Campos Gerais, Fantke et al. (2019) disponibilizou FCs apenas para a cidade de Ponta Grossa – PR. Assim, essas foram as principais considerações para a análise de sensibilidade dos resultados por cada modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de produção avaliados neste estudo de caso possuem funções distintas. Assim, os resultados foram obtidos e discutidos individualmente.

Inventário do ciclo de vida

Os fluxos de emissões que contribuem para a categoria de formação de MP no caso da produção de painel MDP (Estudo de Caso 1) e do leite bovino (Estudo de Caso 2) estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Fluxos de emissões identificados para a formação de MP em ambos os estudos de caso.

| Substância | Estudo de caso 1 | | | Estudo de caso 2 | | |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Emissão (kg/m ³ de painel) | | | Emissão (kg/kg de leite FPCM) | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| NH ₃ | 7,9×10 ⁻⁹ | 2,1×10 ⁻⁷ | 9,4×10 ⁻² | 1,19×10 ⁻⁶ | 7,17×10 ⁻⁴ | 1,35×10 ⁻² |
| NO _x | 1,8×10 ⁻⁶ | 5,6×10 ⁻⁴ | 3,5×10 ⁻¹ | 1,27×10 ⁻² | 3,28×10 ⁻⁴ | 4,30×10 ⁻⁶ |
| MP < 10 μm | - | - | 3,5×10 ⁻⁴ | - | - | 2,69×10 ⁻⁸ |
| MP < 2,5 μm | 2,0×10 ⁻² | 4,1×10 ⁻⁵ | 9,0×10 ⁻⁴ | 3,34×10 ⁻⁸ | 8,05×10 ⁻⁵ | 2,31×10 ⁻⁷ |
| MP > 0,2 e < 2,5 μm | - | - | 3,2×10 ⁻¹⁰ | - | - | 9,19×10 ⁻¹⁵ |
| MP > 10 μm | 1,6×10 ⁻⁷ | 1,9×10 ⁻⁶ | 1,3×10 ⁻¹ | 2,14×10 ⁻⁸ | 6,52×10 ⁻⁸ | 1,23×10 ⁻⁵ |
| MP > 2,5 e < 10 μm | 9,7×10 ⁻⁸ | 1,5×10 ⁻¹ | 8,1×10 ⁻² | 1,29×10 ⁻⁸ | 4,3×10 ⁺⁵ | 2,53×10 ⁻⁷ |
| MP, fuligem de diesel | - | - | 2,3×10 ⁻⁴ | - | - | - |
| MP, não especificado | - | 8,6×10 ⁻⁶ | 6,0×10 ⁻³ | - | 2,55×10 ⁻⁹ | 2,57×10 ⁻⁶ |
| SO ₂ | 1,3×10 ⁺⁰ | 2,7×10 ⁻⁵ | 9,9×10 ⁻² | 3,19×10 ⁻⁷ | 1,09×10 ⁻⁵ | 2,06×10 ⁻⁵ |

(1) Alta densidade populacional; (2) Baixa densidade populacional; (3) Não especificado

A produção de painel MDP e a produção de leite, obtiveram o percentual de 83% e 99,5% de emissões de MP secundário, respectivamente. A produção de leite apresentou mais emissões secundárias. No entanto, o painel MDP gerou maiores quantidades de emissões totais por UF. Para os casos do painel MDP e do leite, 94% e 42% das emissões, respectivamente, foram do tipo primárias com MP > 2,5 μm, sendo estes, não inclusos nos modelos de caracterização utilizados. Mas, vale ressaltar que o MP_{2,5} é o que tem maior potencial de causar danos à saúde humana, e que por isso, acabam afetando o cálculo de FCs conforme o modelo de caracterização estudado (US.EPA, 2020), como será discutido a seguir.

Análise de sensibilidade

Em relação a produção de painel MDP, a Figura 2 apresenta os resultados da AICV e a identificação de *hotspot* no sistema.

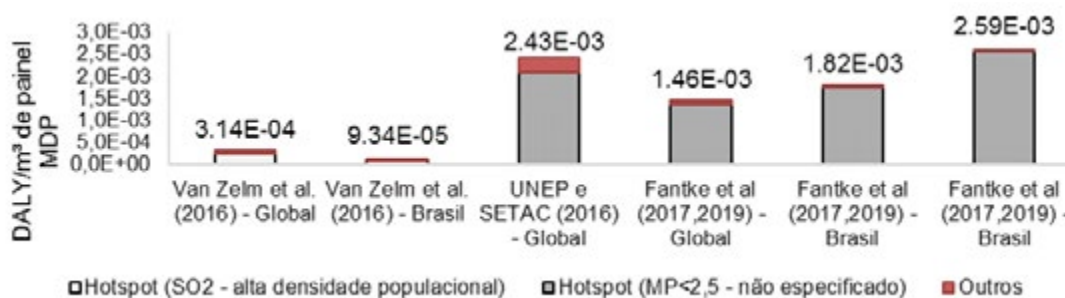


Figura 2. Danos na saúde por formação de MP para o caso da produção de painel MDP por modelo de caracterização, em DALY/m³ de painel MDP, com identificação do principal *hotspot*.

Van Zelm et al. (2016), a nível global, resultou em um impacto 235% maior do que o uso de FCs brasileiros. UNEP e SETAC (2016) resultou em 674% e 2.500% mais impacto que Van Zelm et al. (2016) para o globo e para o Brasil, respectivamente. Fantke et al. (2017, 2019), considerando apenas o MP_{2,5}, resultou em mais impactos que Van Zelm et al. (2016), sendo 364% maior para o nível global e 1.847% para o nível nacional.

Em relação aos *hotspots*, para Fantke et al. (2017, 2019), a análise se torna inviável pois apenas uma substância foi considerada, sendo que a parcela “outros” indicado no gráfico representa também as emissões de MP_{2,5} mas para compartimentos diferentes do “não especificado”. Comparando Van Zelm et al. (2016) e UNEP e SETAC (2016), destaca-se que o sistema teve maior emissão de SO₂ do que de MP_{2,5}; em Van Zelm et al. (2016), o FC para SO₂ é 72% menor do que do MP_{2,5}; UNEP e SETAC (2016) indicam um FC 100% menor para o SO₂ em relação ao MP_{2,5}.

Para o estudo de caso 2, de produção de leite, a Figura 3 apresenta os resultados da AICV e seus *hotspots*.

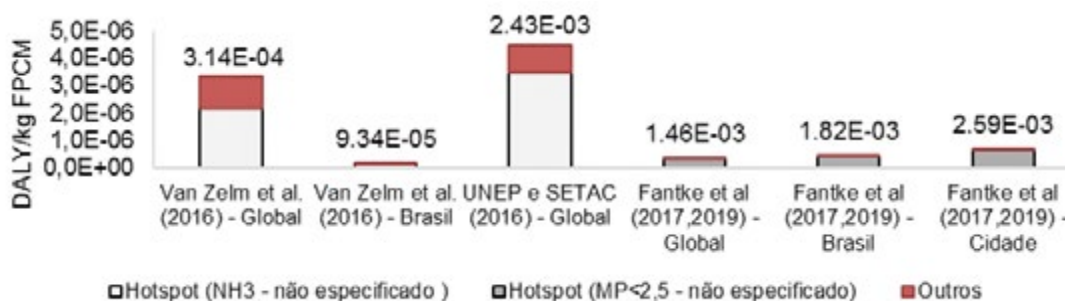


Figura 3. Danos na saúde por formação de MP para o caso do sistema de leite por modelo de caracterização, em DALY/kg de leite FPCM, com identificação do principal *hotspot*.

Considerando Fantke et al. (2017, 2019), os FCs à nível global resultaram no menor impacto potencial. Van Zelm et al. (2016) a nível global apresentou resultados mais próximos dos de UNEP e SETAC (2016). Para esse sistema, as emissões de NH₃ e NO_x foram 17,487% e 16,059% maiores que as de MP_{2,5}, respectivamente. Assim, as emissões secundárias influenciaram mais nos resultados, subestimando os impactos por Fantke et al. (2017, 2019). O uso de FCs globais de UNEP e SETAC (2016) e Van Zelm et al. (2016) tiveram 35% de diferença e, ambos os modelos identificaram a emissão de NH₃ como sendo o *hotspot* do sistema. A emissão de NH₃ foi a maior emissão de particulados ocorrida, seguida do NO_x. As demais emissões foram no mínimo 94,4% menores.

Para o painel MDP, com emissão de precursores de MP menos representativas, Fantke et al. (2017, 2019) e UNEP e SETAC (2016) apresentam resultados mais similares. Já para o caso da produção de leite, com maior emissão de precursores, os modelos de UNEP e SETAC (2016) e Van Zelm et al. (2016) a nível global são mais similares. Fantke et al. (2017, 2019) apresentou a melhor resolução espacial para o Brasil, sendo sua principal limitação a falta de FCs para substâncias secundárias, o que ressalta a importância dessas substâncias para a categoria.

Ambos os sistemas identificam o ambiente de emissão (arquétipos). Assim, UNEP e SETAC (2016) e Fantke et al. (2017, 2019) tendem a representar melhor os impactos dos sistemas, pois permitem acessar a influência do ambiente de emissão nos impactos.

CONCLUSÃO

Este trabalho contribuiu para a geração de mais subsídios auxiliando na seleção de modelos de caracterização mais propícios para utilização em estudos de ACV no Brasil. Os modelos analisados apresentaram diferenças significativas na modelagem e disponibilidade de FCs para o Brasil, o que influenciou os resultados de ambos os estudos de caso, conforme a seleção do modelo de caracterização. Assim, para a seleção do modelo de caracterização, recomenda-se que o praticante da ACV considere o uso dos modelos de caracterização com disponibilidade de fatores regionalizados, e que sejam condizentes com o objetivo e escopo do estudo de caso da ACV tendo em vista a categoria de formação de MP.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2019/03287-5 pelo financiamento desta pesquisa, e; chamada MCTIC/CNPq Nº 40/2018 - Projeto número 440165/2019-9.

REFERÊNCIAS

1. Cavalett, O., Chagas, M. F., Seabra, J. E. A., & Bonomi, A. (2013). Comparative LCA of ethanol versus gasoline in Brazil using different LCIA methods. *Int. J. of Life Cycle Assessment*, 18(3), 647–658. doi: 10.1007/s11367-012-0465-0
2. Fantke, P., Jolliet, O., Apte, J. S., Hodas, N., Evans, J., Weschler, C. J., Stylianou, K. S., Jantunen, M., & McKone, T. E. (2017). Characterizing Aggregated Exposure to Primary Particulate Matter: Recommended Intake Fractions for Indoor and Outdoor Sources. *Environmental Science and Technology*, 51(16), 9089–9100. doi: 10.1021/acs.est.7b02589
3. Fantke, P., McKone, T. E., Tainio, M., Jolliet, O., Apte, J. S., Stylianou, K. S., Illner, N., Marshall, J. D., Choma, E. F., & Evans, J. S. (2019). Global Effect Factors for Exposure to Fine Particulate Matter [Research-article]. *Environmental Science and Technology*, 53(12), 6855–6868. doi: 10.1021/acs.est.9b01800
4. ISO 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, (2006).
5. Liu, X., Bai, X., Tian, H., Wang, K., Hua, S., Liu, H., Liu, S., Wu, B., Wu, Y., Liu, W., Luo, L., Wang, Y., Hao, J., Lin, S., Zhao, S., & Zhang, K. (2020). Fine particulate matter pollution in North China: Seasonal-spatial variations, source apportionment, sector and regional transport contributions. *Environmental Research*, 184(109368). doi: 10.1016/j.envres.2020.109368
6. Mutel, C., Liao, X., Patouillard, L., Bare, J., Fantke, P., Frischknecht, R., Hauschild, M., Jolliet, O., Souza, D. M. De, Laurent, A., & Pfister, S. (2019). Overview and recommendations for regionalized life cycle impact assessment. *Int. J. of Life Cycle Assessment*, 24, 856–865.
7. Olszenski, F. T. (2011). Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo: estudo aplicado. In Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina.
8. RAICV. (2019). *Recomendação de modelos de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida para o Contexto Brasileiro* (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) (ed.); 1st ed.). Brasília.
9. Silva, D. A. L., Lahr, F. A. R., Garcia, R. P., Freire, F. M. C. S., & Ometto, A. R. (2013). Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. *Int. J. of Life Cycle Assessment*, 18, 1404–1411.
10. UNEP, & SETAC. (2016). *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators* (UNEP & SETAC (eds.); 1st ed., Vol. 1, Issue December). s. l.
11. US.EPA. (2020). *Particulate Matter (PM) Pollution*. Particulate Matter (PM) Basics. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
12. Van Zelm, R., Preiss, P., van Goethem, T., Van Dingenen, R., & Huijbregts, M. (2016). Regionalized life cycle impact assessment of air pollution on the global scale: Damage to human health and vegetation. *Atmospheric Environment*, 134(x), 129–137.

LIFE CYCLE ASSESSMENT: A COMPARATIVE STUDY OF THE ENVIRONMENTAL FOOTPRINTS OF SOLID AND LIQUID SHAMPOOS

Thays Sampaio^{1,*}, Vívian D'Aguiar^{1,*}, Bettina Susanne Hoffmann¹, Alessandra da Rocha Duailibe Monteiro²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro. Address: Centro de Tecnologia, Avenida Athos da Silveira Ramos, 149 - Ilha do Fundão, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909 - Brazil. sampaio.thays@hotmail.com, viviandaguiar@gmail.com, susanne@eq.ufrj.br

²Universidade Federal Fluminense. Address: Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Rua Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240 - Brazil. alessandra_duailibe@id.uff.br

ABSTRACT

In the last few decades, the growing concerns about climate change have shifted consumption and production patterns towards a more sustainable path worldwide. Recent studies reveal that about 45% of Brazilians prefer to purchase from environmentally and socially responsible brands. As a consequence, cosmetic and personal hygiene companies have been putting effort into improving the environmental footprint of their products, with focus on the responsible management of resources and the preservation of local biodiversity. In this context, the “water-free” and “plastic-free” movements have been sharing the spotlight in the sustainability run, promoting innovative and disruptive alternatives such as the shampoo bars. Besides the benefits of providing more concentrated formulas, the solid products spare the use of plastic packaging, which could minimize the environmental impacts during their life cycle. In order to evaluate these assumptions, a Life Cycle Assessment has been conducted to compare the environmental performance of a conventional liquid shampoo with two solid products: an industrialized shampoo bar and the other made under artisanal conditions. For this, the methodology proposed by the European Commission in the Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for shampoos was adopted and an own approach for the modelling of the solid products manufacturing was developed. Furthermore, it was considered the regional particularities of Brazil, which are significantly important in the distribution and final disposal phases. The LCA results on the solid shampoo using the ReCiPe Midpoint (H) impact assessment model indicate its potential as a sustainable solution, highlighting opportunities in the acquisition of raw materials, distribution and storage.

Keywords: Life Cycle Assessment, Environmental Footprint, Impact Assessment, Cosmetics Products, Shampoo, Shampoo bar.

RESUMO

Nas últimas décadas, as crescentes preocupações com as mudanças climáticas têm provocado transformações sustentáveis nos padrões de consumo e de produção ao redor do mundo. Estudos recentes revelam que 45% dos brasileiros preferem comprar de marcas que considera ter responsabilidade social e ambiental. Dessa forma, as empresas de cosméticos e higiene pessoal têm se empenhado em melhorar a pegada ambiental de seus produtos, com foco na gestão responsável dos recursos e na preservação da biodiversidade local. Nesse contexto, os movimentos “water-free” e “plastic-free” vêm ganhando força, promovendo alternativas inovadoras e disruptivas, como o xampu em barra. Além dos benefícios associados a uma formulação mais concentrada, o produto sólido dispensa o uso de embalagens plásticas, o que poderia minimizar os impactos ambientais na sua produção e descarte. No intuito de verificar se essa é efetivamente uma alternativa mais sustentável, foi realizada uma Avaliação de Ciclo de Vida de um xampu líquido convencional para comparação com dois produtos de xampu sólido: um produzido em condições industriais e outro de forma artesanal. Para a modelagem do xampu líquido foi adotada a metodologia proposta pela Comissão Europeia, definida nas regras de pegada ambiental de produtos da categoria (*Product Environmental Footprint Category Rules - PEFCR*). Já para a modelagem dos xampus sólidos, uma abordagem própria foi desenvolvida. Ademais, foram consideradas as particularidades do ciclo de vida de um produto do Brasil, sendo feita a regionalização dos dados para as fases de distribuição e disposição final. Os resultados de ACV do xampu sólido utilizando o modelo de avaliação de impacto ReCiPe Midpoint (H) indicam seu potencial como solução sustentável, destacando oportunidades na aquisição de matéria-prima, distribuição e armazenamento.

Palavras-chave: Análise de Ciclo de Vida, Pegada Ambiental, Avaliação de Impactos, Produtos Cosméticos, Xampu, Xampu sólido.

RESUMEN

En las últimas décadas, la creciente preocupación por el cambio climático ha desencadenado cambios en los patrones de consumo y producción mundiales incorporando elementos de sostenibilidad. Estudios recientes revelan que el 45% de los consumidores brasileños prefieren comprar de marcas que consideran tener responsabilidad social y ambiental. De esta forma, las empresas de cosmética e higiene personal se han esforzado por reducir la huella ambiental de sus productos, con un enfoque en la gestión responsable de los recursos y la preservación de la biodiversidad local. En este contexto, los movimientos “*water-free*” y “*plastic-free*” han ido ganando impulso, promoviendo alternativas innovadoras y disruptivas, como el champú en barra. Además de los beneficios asociados con una formulación más concentrada, el producto sólido no requiere el uso de envases de plástico, lo que podría minimizar los impactos ambientales durante su ciclo de vida. Para comprobar si esta es efectivamente una alternativa más sostenible, se realizó un Análisis de Ciclo de Vida de un champú líquido convencional para compararlo con dos productos de champú sólido: uno producido en condiciones industriales y el otro a mano. Para el modelado de champú líquido se adoptó la metodología propuesta por la Comisión Europea, definida en las reglas para la Categoría de Huella Ambiental de Producto (PEFCR). En cuanto a los champús sólidos, se desarrolló un enfoque propio para el modelado. Además, se consideraron las particularidades regionales de Brasil, las cuales son significativas en las fases de distribución y disposición final. Los resultados del ACV del champú sólido utilizando el modelo de evaluación de impacto ReCiPe Midpoint (H) indican su potencial como solución ambientalmente sostenible, destacando oportunidades en la adquisición de materias primas, distribución y almacenamiento.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, Huella Ambiental, Evaluación de Impacto, Productos Cosméticos, Champú, Champú sólido.

INTRODUCTION

The growing concern about climate change and water pollution has fostered discussions about the current economic model worldwide. From this perspective, many environmental trends have been proposing new strategies for the responsible management of resources and waste, such as the “*water-free*” and “*plastic-free*” movements. This shift in consumer behavior is evident as 45% of Brazilians say they prefer to buy from brands with social and environmental responsibility (ABIHPEC and SEBRAE, 2019).

In the cosmetics sector, efforts have been directed towards reducing plastic packaging through the development of concentrated and solid products (ABIHPEC and SEBRAE, 2019). In this context, solid shampoo appears as a sustainable alternative to conventional liquid shampoo, both by major brands and artisanal producers. However, to avoid consumer mislead through “*greenwashing*”, a holistic approach on the entire production chain and end of life of products is essential to validate this assumption. Thus, the Life Cycle Assessment (LCA) methodology was chosen for this purpose.

In order to compare the environmental footprint between liquid and solid shampoos and to verify the most sustainable choice, the modelling and analysis of the environmental performance of an industrial liquid shampoo, an industrial solid shampoo and an artisanal solid shampoo was carried out. The reason for conducting this study is to deepen the understanding of the potential impacts related to these products, aiming to find the most sustainable alternative from the environmental perspective addressed in this investigation.

METHODOLOGY

Study of Design Parameters

In this study, the OpenLCA software was applied in combination with data from the Ecoinvent database (version 3.6-2019). The LCA was carried out using a cradle-to-grave approach, and the impact assessment was carried out using the ReCiPe Midpoint (H) model (version 1.11 December 2014). The methodology recommended in the Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR), defined by the European Commission (GOLSTEIJN, LESSARD, et al., 2018), has been followed or adapted in all phases of the products' life cycle. The use phase and end-of-life of the shampoo formulation, however, were disregarded because, in the first case, they are similar to the three products and, in the second, due to the complexity of studies covering the biodegradability and toxicity of compounds.

For the purpose of comparing the performance of shampoos, a functional unit was defined as “a dosage of shampoo necessary for washing medium-length hair in Brazil”. The dosage established for the liquid shampoo was 10.46 g according to the PEFCR. As for the consumption of solid shampoo, an average value of 60 uses per shampoo bar (100 g) was estimated, thus defining the amount of 1.67 g of shampoo per use.

Definition of product systems and inventories

Production of the conventional liquid shampoo

The production of the raw materials necessary for the manufacturing of a conventional liquid shampoo was elaborated in accordance with the formulation presented in the PEFCR report. However, adaptations in the modelling of certain ingredients were made, such as the inclusion of the demineralization process to purify the consumed water. In addition, specific flows were selected to obtain cocamide MEA (Ecoinvent flow: fatty alcohol compounds) and polyquaternium-10 (Ecoinvent flow: polyacrylamide) due to the availability of a more up-to-date version of Ecoinvent 3.6. Finally, based on the study conducted by KOEHLER and WILDBOLZ (2009) it was also possible to model the production process of ethylene glycol distearate.

The packaging of the liquid shampoo chosen was a 21 g bottle in high density polyethylene made by extrusion blow moulding; a 4 g polypropylene cap made by injection moulding; and a 1 g polypropylene label with acrylic binder manufactured by a super calendaring process. The manufacturing stage, the filling of the bulk in the primary packaging, its disposition in the shipping box and palletizing were also considered the same as the PEFCR, all adapted to the Brazilian energy matrix. The data were parameterized based on the mass of shampoo produced per unit of final product (259 g).

Production of the solid shampoos

For this study, 46 solid shampoos from 12 national and international brands were analysed in terms of their formulation and packaging, which revealed two main classes of this type of product: those produced by the saponification of fats and oils (37%); and those produced directly by the dispersion of industrialized surfactants (63%).

For the first classification, it was observed that coconut, olive and palm oils are mainly used. Other oils such as castor and palm kernel are also widely used for the saponification reaction, which is conducted through an aqueous solution of sodium hydroxide. Additionally, the data obtained from interviews with micro entrepreneurs located in the State of Rio de Janeiro, Brazil, were used to model a product with a more artisanal character. Nevertheless, it is noticeable that there is a great customization in the formulations of this type of product, which incorporates widely diverse ingredients such as herbs and essential oils. Due to the complexity of modelling a formula that would be representative of a handcrafted product, this study considered 100 g of a shampoo bar made only with the following saponification oils: coconut (23%), palm (24%) and palm kernel (24%) oils, in addition to sodium hydroxide (10%) and water (19%). As for the packaging of the handmade solid shampoo, a 10 g folding box of unbleached kraft paper without any decoration technology was considered.

The manufacturing process data for the artisanal solid shampoo by the saponification route were obtained for a batch of 2 kg, based on the reports of micro entrepreneurs, and the modelling was adjusted to produce 1 unit of final product of 100 g. It is noted that the first step in the production of the solid shampoo is the solubilisation of the fats to be mixed with the sodium hydroxide solution under manual agitation until the "trace point" is obtained, at which point the essential oils and other oils are added. The mixture is then cured in a period from 24 to 48 hours and manually cut into smaller bars.

In the modelling, only the heat necessary for preheating the vegetable fats in a water bath was considered, since the exothermic saponification reaction takes the mixture to temperatures up to 80°C. The heating of the oils was counted per kilogram of liquefied petroleum gas (LPG) consumed during 10 minutes in a conventional stove top on "high heat mode" (0.250 kg/h of LPG) (Liquigás, LPG, 2008) in order to heat 2L of a water bath.

Electricity consumption was calculated based on a 15 W lamp turned on for 3 hours, which is the average time required for the production, cutting and packaging of the solid shampoo, disregarding the time the bulk is left to cure. At the end of production, the same amount of washing water per product made was considered as in the PEFCR article. For the disinfection of utensils at the beginning of the production, it was also considered 100 mL of a 70% ethanol solution.

For the second classification of solid shampoo, 6 international patents were analysed (see Annex A). Thus, the chosen composition of the industrialized shampoo bar had sodium lauryl ether sulfate (SLES) as the main surfactant (50%), as well as other raw materials that are common to the formulation of the liquid shampoo, such as cocamide MEA (20%), propylene glycol (2%), stearic acid (6%), polyquaternium-10 (1%) and fragrances (1%). Additionally, ethoxylated alcohol (20%) was included, for better incorporation of cationic agents and fragrance solubilization (Bases and concentrates, 2020).

Due to the lack of quantitative data on the consumption of electricity and natural gas for the manufacturing of the industrial solid shampoo, the same values reported in the PEFCR report for the liquid shampoo were considered because of the similarities in the process conditions. Likewise, for the packaging it was considered a 10 g folding box made of bleached kraft paper with offset decoration technology.

Distribution and storage of industrialized products

For the distribution of the industrialized shampoos, both solid and liquid, transportation on a national scale was considered. The location of the distribution center (DC) in Rio de Janeiro was defined and an average distance from the factories was calculated based on the market share of the largest shampoo companies in Brazil (Cinco companhias dominam 60% do mercado mundial de hair care, 2017). The consumption potential for beauty products was also analyzed (Potencial de consumo indica mercados em expansão no Brasil, 2016), allowing the estimation of the distance between the DC and points of sale in all capitals of the country. For these distances, it was considered a total route of 1643 km, distributed according to the Brazilian freight transport matrix (EPL, 2016) of general cargo (except solid and liquid bulk).

As for the distance from the point of sale to the consumer's residence, the values recommended in the PEFCR of 4 km with 5% allocation were used. For the consumer's transport mode, the urban mobility information published by the National Public Transport Association was considered (SIMOB/ANTP, 2020). Finally, in the storage stage, the calculation methods recommended by PEFCR were followed. For the solid shampoo, however, the possibility of stacking at least three units on the shelf was considered.

Distribution and storage of the artisanal shampoo

For the artisanal product, distribution within a standard state in Brazil was defined. Thus, also considering the great advance of e-commerce in the current scenario, an 80 km route between the production site and the consumer's house was stipulated, carried out by small trucks. The impacts associated with storage were disregarded for this product as it is usually stored in small quantities in the micro entrepreneur's home.

Packaging end-of-life

The final disposal profile of the shampoo packaging in Brazil was developed from data reported in the 2018 Urban Solid Waste Management Diagnosis released by the Ministry of Regional Development (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO, 2018). Considering the estimation of uncollected waste in the country, it was stipulated that 60.60% are sent to landfills, 9.09% are disposed of in controlled landfills, with the remaining 28.95% ending up in open dumps. Due to its small expressiveness in the general context (1.36%), recycling was not included in the modeling of the end-of-life packaging process.

As soil infiltration is a relevant aspect in contamination by the decomposition of materials in controlled landfills and open dumps, the waste treatment flows from the Ecoinvent database were chosen based on the annual rainfall of each region of Brazil. According to the respective consumption potentials of these regions, the percentage of the packaging disposed in each type of controlled landfill or open dump (humid, very humid or dry) was estimated (CPRM, 2006).

RESULTS AND DISCUSSION

A comparative analysis of the environmental performance of the three products was conducted taking into account the ingredients production, packaging production, shampoo manufacturing, distribution and storage, and end-of-life of packaging phases. The results were compared according to the most relevant impacts for the shampoo category pointed out by the PEFCR report: climate change, freshwater ecotoxicity, depletion of fossil, metal and water resources.

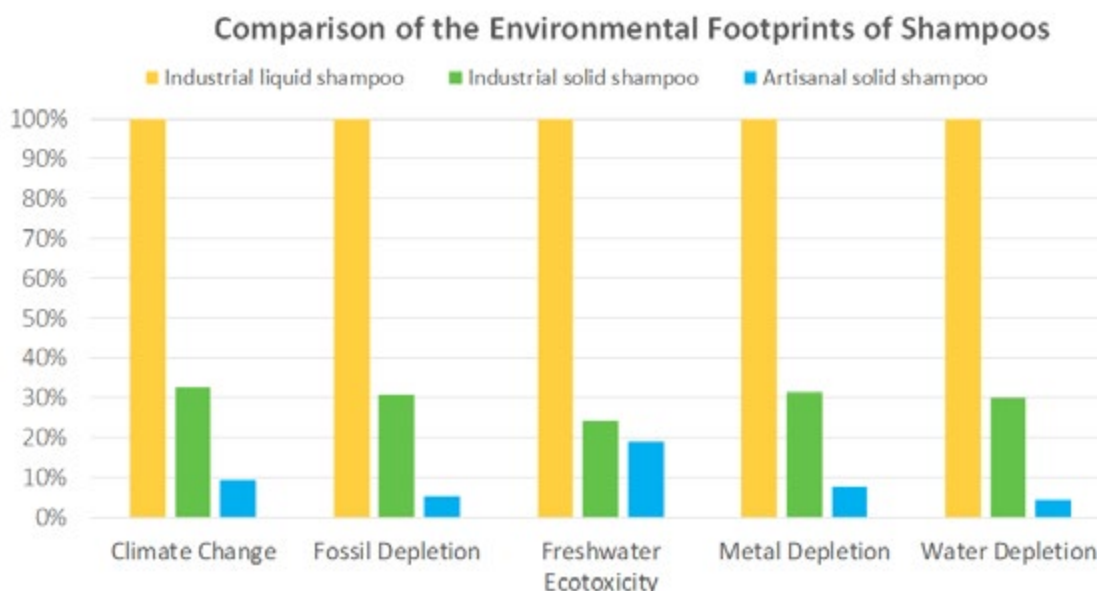


Figure 1. Comparison of the Environmental Footprints of shampoos.

It is noticed that both solid shampoos perform better than conventional liquid shampoo, as can be seen in Figure 1.

In terms of *climate change*, the greatest contribution is at the end-of-life phase of the tertiary packaging of the industrial liquid and solid products (49% and 50% respectively), especially due to the decomposition of cardboard in sanitary landfills, controlled landfills and open dumps. Transportation and storage contributes to 15% of the liquid shampoo's CO₂ footprint, and is also significant for the industrial solid shampoo (10%), but with an absolute quantity almost five times lower due to the optimization of space inside the shipping box by compacting the solid product's folding box. Another important aspect that greatly contributes to climate change for both industrialized shampoos is the production of ingredients, such as surfactants, accounting for 22% and 34% of their total contributions, respectively. The packaging production of the liquid shampoo is also significant for this impact, reaching 10% of CO₂ emissions, mainly in the production phase of polyethylene and polypropylene.

As expected, industrialized shampoos have much greater results for the *depletion of fossil resources* due to the production of petrochemical surfactants and other synthetic ingredients. The packaging of the liquid product is also significant, reaching 29% of its total consumption, which represents about 14 times the impact of the industrialized solid shampoo packaging. Furthermore, the production stage of the ingredients is the main responsible for the *depletion of metals*, accounting for 46% and 75% of the total contributions for both industrialized shampoos. The packaging for the liquid shampoo is once again relevant for this impact category, being responsible for 41% of the overall contribution, while the industrialized solid shampoo had about eight times lower result for its packaging.

In the case of *freshwater ecotoxicity*, the processes that mostly contribute to this impact for all products are those related to obtaining plant-based raw materials, such as the oils used on the surfactants production, due to the emissions associated with agricultural practices. It is worth highlighting that this study did not take into account the effluents generated in the use stage. Therefore, in order to understand the real impacts of the shampoos on freshwater ecotoxicity, a more robust investigation on the biodegradability of each formulation would be necessary.

Furthermore, in terms of *water depletion*, it was identified that over 50% of the industrialized products' water footprints are related to the energy generation from hydroelectric plants (HPP). This result evokes questions about the calculation methodology used for this impact category, such as the consumptive nature of water resources by HPP and other complex aspects involving climatic and hydrological factors of the region. As for the liquid shampoo, for instance, despite containing 73,25% of water in its formulation, it only represents 0.02% of the water depletion, while the electricity production in the storage phase reaches 58%. (BUENO and MELLO, 2015) reinforce that, regarding the water footprint analysis by HPP, there are still disagreements from the academic community in the quantification of water consumption for energy generation.

Finally, it is possible to infer that the artisanal shampoo presents a better environmental performance than the products manufactured under industrial conditions. This is mainly because of the significant differences assumed for the modelling of the distribution and storage conditions of the two solid products, especially in terms of energy consumption and use of the tertiary packaging for the industrial shampoo. As for the production of ingredients, it is also noticeable that the artisanal shampoo shows lower impacts for fossil and metal depletion, which suggests that a formulation containing more plant-based raw materials contributes to the reduction of the overall product's environmental footprint.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The results obtained in the life cycle assessment of the present study have shown that solid shampoos may be a sustainable alternative to conventional liquid products. The improved environmental footprint is not only due to the lower water consumption in the formulations, but also because of the possibility of replacing plastic packaging with paper, as well as optimizing transport and stockage conditions.

For future studies, it is recommended that a sensitivity analysis should be carried out to evaluate how different dosages may impact on the environmental performance of the solid products. It would also be relevant to investigate the impacts of the use phase and the biodegradability of the formulations in the life cycle of the shampoos.

ANNEX A – PATENTS OF THE ANALYZED SOLID SHAMPOOS

| Date | Local | N° | Patent | Reference |
|--------|-------|--------------------|--|----------------------------------|
| abr/64 | US | 3129187 | <i>Synthetic Detergent Toilet bar</i> | (MEEHAN e WASHINGTON, 1964) |
| mar/77 | US | 4012341 | <i>Unique all synthetic detergent shampoo bar</i> | (ORSHITZER e MACANDER, 1975) |
| ago/89 | EU | 0 330 435 B1 | <i>Solid shampoo composition</i> | (TIBBETTS, GUPTA e RD, 1988) |
| abr/90 | US | 4919838 | <i>Bar shampoo and skin soap</i> | (CONSTANTINE e KRYSZTAL, 1994) |
| jan/18 | US | US 9.877.905 B2 | <i>Personal care composition and method of use thereof</i> | (DIXON, RIGBY e TIMMERMAN, 2018) |
| abr/20 | US | US 2020/0129411 A1 | <i>Solid bar shampoo</i> | (GRIFFITHS e REAY, 2020) |

REFERENCES

1. ABIHPEC; SEBRAE. **Caderno de Tendências 2019-2020**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. [S.l.]. 2019.
2. BASES e concentrados , 2020. Available at: <<https://www.sabaoeglicerina.com.br/alcool-cetoestearilico-etoxilado-20-eo-p5267153>>. Access date November 12, 2020.
3. CINCO companhias dominam 60% do mercado mundial de hair care. **Cosmetic Innovation**, 2017. Available at: <<https://cosmeticinnovation.com.br/cinco-companhias-dominam-60-mercado-mundial-de-hair-care/>>. Access date September 29, 2020.
4. CONSTANTINE, M. J.; KRYSZTAL, S. Solid shampoo composition. 0330435B1, 02 fev. 1994.
5. CPRM. Atlas Pluviométrico do Brasil, 2006. Disponível em: <<https://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometricodo-Brasil-1351.html>>. Access date September 28, 2020.
6. DIXON, N. J.; RIGBY, A. H.; TIMMERMAN, D. L. Personal are composition and method of use thereof. US9877905B2, 30 jan. 2018.

7. GOLSTEIJN, L. et al. Developing Product Environmental Footprint Category Rules for shampoos - The basis for comparable Life Cycle Assessments. **Integrated Environmental Assessment and Management**, 2018. ISSN DOI: 10.1002/ieam.4064.
8. GRIFFITHS, A.; REAY, L. Solid Bar shampoo. US2020/0129411A1, 30 abr. 2020.
9. KOEHLER, A.; WILDBOLZ, C. Comparing the Environmental Footprints of Home-Care and Personal-Hygiene Products: The Relevance of Different Life-Cycle Phases, Zurich, n. ETH Zurich, Ecological Systems Design, Institute of Environmental Engineering, 2009.
10. LIQUIGÁS, GLP. **Petrobrás, Liquigás**, 2008. Available at: <https://www.liquigas.com.br/wps/portal/!ut/p/z1/hY4_D4lwFMQ_iwOjvJf6B-LGpKkGZBF8iwFTCwm0pFQb_fQ2cTLRcNvd_S45iCiBVPVoZWVbrarO-zOtL_sUGdttGWYxXyFLOc-PUc6yaAknIKDRQjEFkq_xjxL0e5pCOJDsdP15lah6EUsgI27CCBPejY8ba4dxE2CAzrlQai07EV51H-CvSaP97_KbhKFXz7l6HUSRzN4X2uV>. Access date September 29, 2020.
11. MEEHAN, E. J.; WASHINGTON, F. Synthetic Detergent Toilet Bar. 31292187, 14 abr. 1964.
12. ORSHITZER, P.; MACANDER, A. Unique all synthetic detergent shampoo bar. 589968, 24 jun. 1975.
13. POTENCIAL de consumo indica mercados em expansão no Brasil. **Geofusion**, 2016. Available at: <<https://blog.geofusion.com.br/potencial-de-consumo-indica-mercados-em-expansao-no-brasil>>. Access date: September 28, 2020.
14. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Ministério do Desenvolvimento Regional. [S.l.]. 2018.
15. SIMOB/ANTP. **Relatório Geral 2018**. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público. [S.l.]. 2020.
16. TIBBETTS, H. M.; GUPTA, M.; RD. Bar shampoo and skin soap. 252167, 30 set. 1988.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE UN CELULAR REACONDICIONADO EN CHILE

Felipe Pequeño ¹, Pia Wiche ^{*1}

¹ EcoEd, Libertad 269, Of. 904, Viña del Mar, Chile. felipe@ecoed.cl, pia@ecoed.cl

RESUMEN

Se presenta el análisis de ciclo de vida de un celular de alta gama reacondicionado en Chile. El objetivo del estudio es conocer los beneficios de un equipo iPhone 8 de 64GB reacondicionado (RePhone), comparado con uno del mismo modelo 8 de 64GB nuevo (iPhone).

El alcance del estudio fue de la cuna a la tumba y su unidad funcional uso diario del RePhone iP8 64GB por 3 años, incluyendo video, audio e internet. Se usó el software de OpenLCA 1.10 con base de datos Ecoinvent 2.2 y método de evaluación ReCiPe (jerárquico) a nivel de punto medio.

En comparación con el equipo iPhone de Apple, el RePhone de Reutiliza, logra una reducción de materiales vírgenes del 87% y una disminución de 46 Kg de CO₂ eq (81%). Las demás categorías de impacto se compararon con un FairPhone; en todas ellas el RePhone tiene un resultado menor. Respecto al proceso del equipo, la importación contribuye mayormente a la formación de ozono troposférico (56%) y a la escasez de recursos fósiles (52%). La electricidad usada por los ciclos de carga tiene impactos más relevantes en la formación de material particulado (49%) y en la eutrofización de agua dulce (36%). El reemplazo de la batería y pantallas de los celulares contribuye con más del 50% del impacto total de las categorías de: agotamiento de la capa de ozono (75%), eutrofización marina (68%), cambio climático (59%), y consumo de agua (59%).

Se concluye del estudio que el celular RePhone, tiene el menor impacto ambiental de todos los celulares encontrados en la literatura.

Palabras clave: celular, reacondicionado, cuna a la tumba

INTRODUCCIÓN

Los smartphones tienen una alta tasa de recambio, ya sea por obsolescencia programada como por preferencias del usuario y cambios tecnológicos, entre otros. Esto conlleva presión creciente sobre el medio ambiente por la extracción de materias primas, así como la producción de desechos electrónicos. Para la producción de 1.2 billones de celulares vendidos en el mundo, se requieren 84 toneladas de antimonio, 7.1 toneladas de berilio, 12.1 de paladio y 0.3 de platino (OECD Environment Directorate, 2010). Además, un smartphone puede emitir en promedio 40 Kg CO₂ eq. a lo largo de su vida útil (Suckling & Lee, 2015) y contaminar unos 600.000 litros de agua (Martín, 2019).

Se realiza el estudio de los impactos ambientales de un celular reacondicionado en Chile, "RePhone" modelo iPhone 8 de 64 MB, para conocer las ventajas ambientales del producto respecto a su versión nueva.

Los objetivos principales del estudio son: determinar la diferencia de impacto del "RePhone" en relación con uno nuevo de mismas características, comparar el impacto del *packaging* según variantes B2B y B2C e identificar los elementos con mayor impacto en diferentes categorías de impacto en su ciclo de vida.

METODOLOGÍA

Se define la unidad funcional como el uso diario del RePhone iP8 64GB por 3 años, incluyendo video, audio e internet, siendo el flujo de referencia un equipo RePhone iP8 64GB. Se utiliza la lógica *cut-off*, donde no se consideran los impactos ambientales de la producción de insumos reutilizados.

Se divide el ciclo de vida en cinco macroetapas:

- Producción e importación: incluye todos los procesos de la fabricación de repuestos y accesorios y la importación de insumos y equipos.
- Reacondicionamiento: considera el fin de vida de las piezas reemplazadas y empaque de repuestos.
- Distribución: se distinguen dos canales de venta, B2B y B2C.
 - B2B: Distribución a clientes mayoristas en caja de cartón, solo en la Región Metropolitana de Chile.
 - B2C: Distribución a cliente final en estuche de algodón reutilizable. Se asume distribución uniforme de envíos a cada capital regional de Chile.

- Uso: considera consumo eléctrico por 3 años (carga de batería y conexión del cargador) y el descarte del packaging desechable del teléfono. Se usa matriz eléctrica chilena año 2016.
- Fin de vida: disposición final en relleno sanitario del 100% de los celulares (CONAMA, 2008).

El alcance es de *la cuna a la tumba*, se recopilaron datos primarios para 9 meses al año 2020. El escenario base es de 3 años de uso (Suckling & Lee, 2015; Apple.inc, 2017).

Se excluyen las etapas de servicio técnico y garantías durante la etapa de uso y recaptación de RePhones iP8 64GB al fin de su vida útil.

Las suposiciones se realizan para el packaging de los repuestos, origen de materiales y distribución a regiones, datos obtenidos de la plataforma digital de un proveedor de productos, escalados a su peso. Se asume también que, durante los 3 años de uso, no existe cambio de repuestos.

Recopilación de datos

Los datos primarios fueron entregados por la empresa. Para datos faltantes, se utilizaron fuentes secundarias de datos (Ecoinvent y artículos de referencia).

Para la modelación se utiliza el software de evaluación OpenLCA 1.10 con bases de datos Ecoinvent 2.2 y método de evaluación ReCiPe (jerárquico) a nivel de punto medio.

Se consideran 18 categorías de impacto; cambio climático, consumo de agua, ecotoxicidad, acidificación terrestre, agotamiento del ozono estratosférico, formación de ozono, radiación ionizante, formación de material particulado, escasez de recursos fósiles y minerales, toxicidad humana carcinogénica y no-carcinogénica, eutrofización de aguas y uso de suelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desmaterialización

En la Tabla 1, se observa a nivel de dato de actividad, que el celular reacondicionado requiere un 87% menos de materiales vírgenes que el celular nuevo. Esto se calcula en base al peso de piezas reemplazadas para un equipo, sin elementos de packaging y/o accesorios.

Tabla 1. Comparación de materiales vírgenes reducidos.

| Modelo de smartphone | RePhone iP8 x 64 MB | iPhone 8 x 64 MB |
|------------------------------|---------------------|------------------|
| Total de material virgen (g) | 19.02 | 148 |

La reducción implica una desmaterialización del producto reduciendo los impactos por extracción y producción.

Impactos del ciclo de vida del celular reacondicionado

En la Tabla 2, se exponen los resultados de impactos ambientales del ciclo de vida del equipo reacondicionado, ponderados para los ítems de packaging y distribución por canal de venta (75%B2B, 25% B2C).

La etapa de *producción e importación* aporta el 78% de los impactos del ciclo de vida. Por categoría de impacto, tiene mayor contribución porcentual en: consumo de agua (97%), agotamiento de ozono estratosférico (95%), uso de suelo (94%), cambio climático (90%) y escasez de recursos (88%).

La importación contribuye mayoritariamente a la formación de ozono troposférico (56%), a la escasez de recursos fósiles (52%) y a la acidificación terrestre (37%).

El reemplazo de la batería y pantallas de los celulares dentro del proceso de *reacondicionamiento* contribuye con más del 50% del impacto total en las categorías de: agotamiento de la capa de ozono (75%), eutrofización marina (68%), cambio climático (59%), y consumo de agua (59%).

La *distribución* B2C tiene mayores impactos en todas las categorías que B2B (ver Figura 1). La diferencia se debe principalmente al mayor gasto de combustible por peso transportado (75% B2C/ 25% B2B), observándose menor diferencia en categorías de ecotoxicidad y eutrofización de agua dulce y marina.

La energía eléctrica usada en los ciclos de carga tiene impactos más relevantes en la formación de material particulado (49%) y en la eutrofización de agua dulce (36%). Esto se debe principalmente a participación de fuente de carbón de la matriz eléctrica chilena (34%).

El fin de vida del equipo constituye un 3% de los impactos totales, siendo las categorías de ecotoxicidad de agua dulce y marina (14,7% y 13,5%) de mayor aporte de contaminantes de la categoría, debido a la filtración por bioacumulación de compuestos metálicos de los componentes electrónicos.

Tabla 3. Resultados de impactos ambientales para el equipo reacondicionado en sus dos formatos.

| Categoría | Unidad | Producción e importación | Reacondicio-namien-to | Distribución | Uso por 3 años | Fin de Vida |
|--|--------------|--------------------------|-----------------------|--------------|----------------|-------------|
| Formación de material particulado | kg PM2.5 eq | 6.17.E-03 | 2.92.E-05 | 3.67.E-04 | 6.35.E-03 | 7.81.E-05 |
| Escasez de recursos fósiles | kg oil eq | 1.34.E+00 | 1.88.E-03 | 9.22.E-02 | 1.29.E-01 | 5.29.E-03 |
| Ecotoxicidad de agua dulce | kg 1,4-DCB | 1.34.E-01 | 6.37.E-04 | 2.33.E-02 | 4.43.E-02 | 3.49.E-02 |
| Eutrofización de agua dulce | kg P eq | 5.62.E-04 | 6.44.E-07 | 6.53.E-05 | 3.55.E-04 | 3.36.E-06 |
| Cambio climático | kg CO2 eq | 9.78.E+00 | 1.22.E-02 | 3.18.E-01 | 6.07.E-01 | 1.53.E-01 |
| Toxicidad carcinogénica humana | kg 1,4-DCB | 9.38.E-02 | 2.91.E-04 | 1.55.E-02 | 2.91.E-02 | 2.62.E-03 |
| Toxicidad no-carcinogénica humana | kg 1,4-DCB | 2.74.E+00 | 5.94.E-03 | 3.01.E-01 | 6.91.E-01 | 9.67.E-02 |
| Radiación ionizante | kBq Co-60 eq | 3.41.E-01 | 3.74.E-03 | 7.83.E-03 | 1.65.E-03 | 8.87.E-03 |
| Uso de suelos | m2a crop eq | 2.09.E-01 | 9.69.E-05 | 7.49.E-03 | 4.30.E-03 | 3.47.E-04 |
| Ecotoxicidad Marina | kg 1,4-DCB | 1.83.E-01 | 8.09.E-04 | 3.02.E-02 | 5.67.E-02 | 4.22.E-02 |
| Eutrofización Marina | kg N eq | 4.15.E-04 | 1.46.E-07 | 4.73.E-06 | 6.13.E-05 | 2.13.E-06 |
| Escasez de recursos minerales | kg Cu eq | 1.79.E-02 | 5.18.E-05 | 1.76.E-03 | 4.93.E-04 | 1.31.E-04 |
| Formación de ozono, salud humana | kg NOx eq | 1.67.E-02 | 1.95.E-05 | 7.86.E-04 | 2.20.E-03 | 9.07.E-05 |
| Formación de ozono, ecosistemas terrestres | kg NOx eq | 1.71.E-02 | 1.98.E-05 | 8.20.E-04 | 2.21.E-03 | 9.15.E-05 |
| Agotamiento de ozono estratosférico | kg CFC11 eq | 8.17.E-06 | 6.42.E-09 | 1.52.E-07 | 1.88.E-07 | 1.02.E-07 |
| Acidificación terrestre | kg SO2 eq | 1.68.E-02 | 9.20.E-05 | 8.51.E-04 | 2.67.E-03 | 2.37.E-04 |
| Ecotoxicidad terrestre | kg 1,4-DCB | 6.82.E+00 | 2.03.E-02 | 1.43.E+00 | 9.82.E-01 | 9.72.E-02 |
| Consumo de agua | m3 | 4.89.E+00 | 4.42.E-02 | 1.23.E-03 | 1.18.E-03 | 1.01.E-01 |

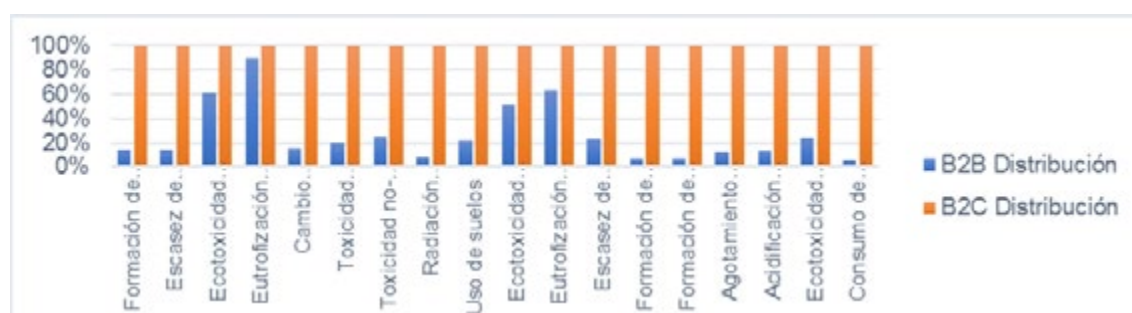


Figura 1. Impactos relativos por distribución de celulares B2B y B2C.

El RePhone iP8 64GB se vende en dos formatos: caja de cartón (B2B) y estuche de algodón (B2C). En la Figura 2 se ve que el packaging B2B tiene menores impactos que B2C en todas las categorías (85% menor en promedio), a excepción de consumo de agua (49% menor).

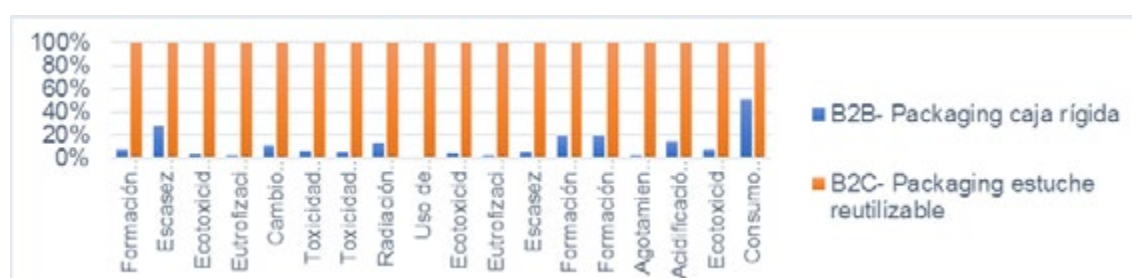


Figura 2. Contribución de impactos relativos de los envases B2B (Caja) y B2C (Estuche).

El packaging B2C tiene por composición base tela de algodón, la cual aporta un 82% promedio de los impactos en todas las categorías para este tipo de empaque. Las más relevantes son: uso de suelos (100%), eutrofización marina (94%) y agotamiento de la capa de ozono (93%).

BENCHMARK

Comparativamente, la huella de carbono se reduce en 46 Kg CO₂ eq (81%) con respecto al mismo celular nuevo (ver Figura 3).

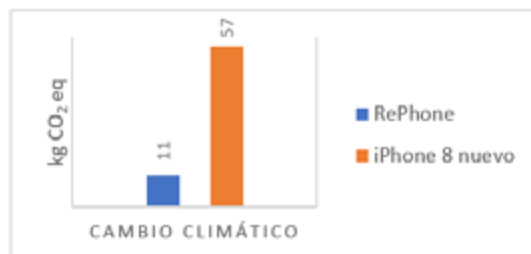


Figura 3. Huella de carbono comparativa entre celular reacondicionado y iPhone 8 de 64 nuevo.

Debido a la falta de otros indicadores declarados para el producto original (Apple.inc, 2017), se comparó un ACV de un celular FairPhone 3 (autodenominado sustentable), considerando 4 indicadores distintos y modelo de impacto CML. El modelo reacondicionado tuvo un impacto menor en todas las categorías: potencial de escasez de recursos (ADP) abióticos y recursos fósiles, toxicidad humana y ecotoxicidad (ver Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de impactos entre Fairphone y celular reacondicionado bajo CML.

| Categorías | Unidad | Fairphone 3 | Celular Reacondicionado ¹ |
|------------------|-----------|-------------|--------------------------------------|
| ADP abióticos | Kg Sb eq | 8.4.E-05 | 5.2.E-05 |
| ADP fósiles | MJ | 3.4.E+02 | 8.9.E+01 |
| Toxicidad humana | Kg DCB eq | 8.6.E+00 | 8.0.E+00 |
| Ecotoxicidad | Kg DCB eq | 7.6.E-02 | 3.3.E+00 ² |

¹ Variante de celular B2C, con más impactos generales totales simulando el peor caso posible.

² Valor promedio para realización de comparación entre análisis.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el celular reacondicionado tiene múltiples ventajas ambientales al compararse con su símil en versión nueva o con un celular sustentable, por la desmaterialización de sus componentes, evitando la extracción y uso adicional de recursos.

Distintos elementos del ciclo de vida contribuyen mayoritariamente a diferentes categorías de impacto, lo que da luces sobre qué y cuales elementos considerar dentro del ACV de un celular, para estudios posteriores.

Aun cuando en Chile el 50% de la energía eléctrica es renovable, su uso en los ciclos de carga tiene una alta incidencia en los impactos. Por lo tanto, esto invita a pensar en el cálculo de impactos en escenarios de electrificación de la sociedad y el real beneficio que pueda tener sobre la salud de las personas.

Se recomienda incluir los trayectos por distribución en los estudios de ACV, que no siempre son considerados, posiblemente por la complejidad para estimar las distancias reales. Por lo que instamos a la comunidad a mirar de cerca el impacto de la logística, especialmente los de modelos de negocios circulares.

Con países que están impulsando el consumo y la producción sostenible, se hace vital contar con estudios de ciclo de vida ajustados a la realidad de cada producto y geografía para identificar alternativas de packaging que efectivamente logren una reducción de los impactos ambientales.

REFERENCIAS

1. Anders, S., & Samuli, M. (2014). *To Which Degree Does Sector Specific Standardization Make Life Cycle Assessments Comparable?—The Case of Global Warming Potential of Smartphones.*
2. Apple.inc. (2017). *iPhone 8 64 MB Enviromental Report.*
3. Baldé, C. F. (2017). *Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos - 2017.* versidad de las Naciones Unidas (UNU), Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de, Bonn/Ginebra/Viena.
4. CONAMA. (2008). *Estudio de evaluación de impactos económicos, ambientales y sociales de la implemmentación de la responsabilidad extendida del productor en Chile.*
5. Ercan, M., Malmodin, J., & Bergmann, P. (2016). *Life assessment of a smartphone.*
6. Martín, L. (2019). *La 'necesidad' de nuevos 'smartphones' amenaza al medio ambiente.* Obtenido de Compromiso Empresarial: <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2019/04/la-necesidad-de-nuevos-smartphones-amenaza-al-medio-ambiente/>
7. OECD Environment Directorate. (2010). *Critical Metals and Mobile Devices.*
8. Proske, M., Richter, N., & Clemm, C. (2016). *Life Cycle Assessment of the Fairphone 2.*
9. Suckling, J., & Lee, J. (2015). *Redefining scope: the true environmental impact of smartphones?* Guildford, Inglaterra.
10. Suckling, J., & Lee, J. (2015). *The true enviromental impact of smartphones?*



Social Life Cycle Assessment and Life Cycle Sustainability Assessment

PROPOSTA DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA SOCIAL DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Amanda Rodrigues Santos Costa ^{1*}, José Fernando Thomé Jucá ¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Grupo de Resíduos Sólidos. Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, Brasil. amandarsc@gmail.com, jftjucah@gmail.com

RESUMO

A Avaliação do Ciclo de Vida Social surge pela premissa de que o objetivo final do desenvolvimento sustentável é o bem-estar humano, tanto das gerações atuais quanto das gerações futuras. Apesar de não haver normatização para a metodologia, existem esforços para construção de indicadores sociais adequados e uma abordagem padronizada, inclusive na gestão dos resíduos sólidos municipais, umas das principais questões que afetam a sustentabilidade local. A pesquisa tem o objetivo de propor um conjunto de indicadores sociais que avaliem o desempenho social dos atores responsáveis no ciclo de vida de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, como parte de uma análise de sustentabilidade desses sistemas, com estudo em uma cidade brasileira. Para proposição do inventário social e dos indicadores, foram seguidos os princípios metodológicos da norma ISO 14.040 e das publicações do grupo de estudo "Life Cycle Initiative", da Organização das Nações Unidas, e revisão de literatura. Um total de 18 subcategorias de impactos foram selecionadas e 26 indicadores sociais apresentados de maneira categorizada, por parte interessada e permitem mensurar e avaliar o desempenho e impactos sociais de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, especialmente em localidades de países em desenvolvimento.

Palavras-chave: sustentabilidade, resíduos, ciclo de vida, social.

ABSTRACT

The Social Life Cycle Assessment arises from the premise that the ultimate goal of sustainable development is human well-being, both for current and future generations. Although there is no standardization for the methodology, there are efforts to build adequate social indicators and a standardized approach, including in the management of municipal solid waste, one of the main issues that affect local sustainability. The research aims to propose a set of social indicators that assess the social performance of the responsible actors in the life cycle of solid urban waste management systems, as part of a sustainability analysis of these systems, with a study in a Brazilian city. For proposing the social inventory and indicators, the methodological principles of ISO 14.040 and the publications of the study group "Life Cycle Initiative", of the United Nations, and literature review were followed. A total of 18 subcategories of impacts were selected and 26 social indicators presented in a categorized manner, by the interested party and allow to measure and evaluate the social impacts and performance of urban solid waste management systems, especially in developing country locations.

Keywords: sustainability, waste, life cycle, social.

RESUMEN

La Evaluación del Ciclo de Vida Social surge de la premisa de que el objetivo final del desarrollo sostenible es el bienestar humano, tanto para las generaciones actuales como para las futuras. Si bien no existe una estandarización de la metodología, existen esfuerzos para construir indicadores sociales adecuados y un enfoque estandarizado, incluso en el manejo de los residuos sólidos urbanos, uno de los principales temas que inciden en la sostenibilidad local. La investigación tiene como objetivo proponer un conjunto de indicadores sociales que evalúen el desempeño social de los actores involucrados en el ciclo de vida de los sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos, como parte de un análisis de sostenibilidad de estos sistemas, con un estudio en una ciudad brasileña. Para la propuesta del inventario social e indicadores se siguieron los principios metodológicos de la norma ISO 14.040 y las publicaciones del grupo de estudio "Life Cycle Initiative", de Naciones Unidas, y revisión de la literatura. Se seleccionaron un total de 18 subcategorías de impactos y 26 indicadores sociales presentados de manera categorizada, por parte de la parte interesada, que permiten medir y evaluar los impactos sociales y el desempeño de los sistemas de manejo de residuos sólidos urbanos, especialmente en ubicaciones de países en desarrollo.

Palabras clave: sostenibilidad, residuos, ciclo de vida, social.

INTRODUÇÃO

A Avaliação do Ciclo de Vida Social é, segundo Araújo (2013), uma extensão mais recente da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida, desenvolvida para analisar impactos sociais associados a um produto, serviço ou tecnologia. Surge pela premissa de que o objetivo final do desenvolvimento sustentável é o bem-estar humano, tanto das gerações atuais quanto das gerações futuras, assim, não só impactos econômicos e ambientais devem ser analisados, mas também condições de trabalho e direitos humanos (UNEP, 2009; YILDIZ-GEYHAN et al., 2017).

A ACV Social é descrita como uma técnica de avaliação de impacto social (ou potencial impacto) que busca avaliar os aspectos sociais dos produtos e serviços, considerando potenciais impactos positivos ou negativos do seu ciclo de vida sobre o capital humano, bem-estar, patrimônio cultural e comportamento social (UNEP, 2009). Na gestão dos resíduos sólidos urbanos, a ACV Social pode fornecer informações mais abrangentes aos formuladores de políticas e contribuir para um melhor desenho dos instrumentos sociais presentes nos sistemas de gerenciamento dos resíduos municipais, isso porque os gestores públicos precisam saber onde as externalidades sociais provavelmente ocorrerão e quão significativas elas são para os cidadãos (SALA et al., 2015).

Enquanto a metodologia da ACV ambiental é normatizada pela norma ABNT ISO 14.040 (BRASIL, 2006), não existe um consenso para a avaliação social, mas existem esforços para construção de indicadores adequados e uma abordagem padronizada, por isso a importância em ser desenvolvidas pesquisas nesse sentido.

Essa pesquisa tem o objetivo de propor um conjunto de indicadores sociais que avaliem as condições sociais e de trabalho dos atores envolvidos no ciclo de vida de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil, como parte de uma análise de sustentabilidade desses sistemas, com estudo de caso em Paulista, um município da Região Metropolitana de Recife, Pernambuco.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Paulista é um município da Região Metropolitana de Recife e está distante 15,5 km da capital do Estado de Pernambuco (FIGURA 1). Com área de 96, 846 km², está dividida em 24 bairros. Possui população estimada para o ano de 2018 de 329.117 habitantes, densidade demográfica de 3.087,66 hab.km⁻², Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 11.720,31 e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,732 (IBGE, 2019).



Figura 1. Localização geográfica da cidade do Paulista.

Fonte: a autora

O sistema de gerenciamento de resíduos urbanos do município se caracteriza pela coleta dos resíduos domiciliares manual e mecanizada, do tipo indiferenciada e dividida por setores de coleta. A frequência é em alguns setores diária e em outros por dias alternados (3 vezes por semana), no período diurno ou noturno; há ainda a coleta manual e mecanizada de entulhos, limpeza urbana e da poda; o transporte dos resíduos é realizado por meio de caminhões coletores compactadores e uma equipe de trabalho composta por um motorista e três agentes de limpeza, por veículo; os resíduos coletados são transportados até a unidade de transbordo do município e desta para um aterro sanitário privado.

Proposição dos indicadores sociais

A metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida Social segue os passos do método proposto pela ABNT ISO 14.040 e tem sido desenvolvida pelo grupo de estudo “*Life Cycle Initiative*”. Dessa forma, segue as seguintes fases: definição do objetivo e escopo; inventário de impactos; avaliação de impactos; e interpretação. A fase de inventário representa a coleta dos dados, os quais são organizados e avaliados por indicadores sociais. Esses, por sua vez, são sistematizados por categoria de partes interessadas, categorias e subcategorias de impactos.

Foram escolhidas categorias de impacto, subcategorias e indicadores sociais a partir dos indicadores selecionados na publicação da UNEP/SETAC (2013) e de revisão de literatura (com as palavras chaves Avaliação de Ciclo de Vida Social e gestão de resíduos) para identificar aqueles mais utilizados nos trabalhos, sendo priorizados os mais relacionados aos aspectos sociais presentes em sistemas de gerenciamento de resíduos, bem como a disponibilidade de dados, a confiabilidade e importância, como indicado por Yildiz-Geyhan et al. (2017) e observando as particularidades locais da área de estudo, uma cidade de um país em desenvolvimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As partes interessadas envolvidas no ciclo de vida são os gestores municipais responsáveis pela gestão de RSU (poder público); setor empresarial, que constitui o grupo que gerencia o aterro sanitário privado e a empresa que realiza as atividades de limpeza urbana no município (cadeia de valor); os funcionários envolvidos na limpeza urbana (trabalhadores); e os cidadãos do município de Paulista, os quais são ao mesmo tempo usuários dos serviços de gestão dos resíduos urbanos (consumidores) e a comunidade local (Tabela 1).

Tabela 1. Definição dos *Stakeholders* considerados no presente estudo

| Stakeholders | Definição |
|-----------------------|--|
| Poder Público (PP) | Gestores municipais de RSU |
| Cadeia de Valor (CV) | Indústria de tecnologias de gestão de RSU |
| Trabalhadores (T) | Funcionários da coleta urbana |
| Consumidores (C) | Usuários do serviço de coleta urbana pública |
| Comunidade Local (CL) | População do município de Paulista |

As categorias de impacto selecionadas foram: Direitos Humanos (DH), Condições de Trabalho (CT), Saúde e Segurança (SS), Repercussões Socioeconômicas (RS) e Governança (G). Um total de 18 subcategorias de impactos foram selecionadas e 26 indicadores sociais apresentados de maneira categorizada por parte interessada na tabela 2 (UNEP/SETAC, 2013; IBAÑEZ-FORÈS et al., 2019)

Tabela 2. Categorias, subcategorias e indicadores sociais

| Categoria de Impacto | Subcategoria | Indicadores |
|--|--|--|
| Parte interessada: Poder Público | | |
| Governança | Transparência | Presença de relatórios periódicos das atividades do sistema municipal de gerenciamento de resíduos; |
| | Compromisso público com questões de sustentabilidade | Valor dos recursos públicos investidos em ações referente à gestão de resíduos; |
| | Regulamentação do sistema de gerenciamento de resíduos | Existência de legislação sobre gestão de resíduos no município; |
| Parte interessada: Cadeia de Valor | | |
| Repercussões Socioeconômicas | Relacionamento com fornecedores | Pagamentos pontuais a fornecedores; Ausência de comunicação coercitiva com os fornecedores; |
| | Promoção da responsabilidade social | Integração de critérios éticos, sociais, ambientais e relativos à igualdade de gênero na política de compras, política de distribuição e assinaturas de contratos; |
| Parte interessada: Trabalhadores | | |
| Condições de Trabalho | Liberdade sindical e negociações coletivas | Presença de trabalhadores identificados que são membros de associações capazes de se organizar e/ou negociar coletivamente; Presença de sindicatos; |
| | Horas de trabalho | Horas de trabalho por empregado por mês (média); Número de dias por semana sem trabalho; |
| | Salário justo | Trabalhador com menor salário, comparado ao salário mínimo; Pagamento regular e documentado de trabalhadores; |
| Direitos Humanos | Trabalho infantil | Ausência de crianças trabalhadoras com idade inferior a 14 anos; Os registros de todos os trabalhadores, indicando nomes e idades ou datas de nascimento, são mantidos em arquivo; |
| | Igualdade de oportunidades/discriminação | Percentual de mulheres na força de trabalho; Proporção de salário por gênero e raça; |
| Saúde e Segurança | Saúde e segurança | Uso de equipamentos de proteção individual (EPI); Número/porcentagem de acidentes de trabalho; Presença de ações de prevenção e protocolos de emergência contra acidentes; |
| Repercussões Socioeconômicas | Benefícios sociais/segurança social | Lista e breve descrição dos benefícios sociais oferecidos aos trabalhadores (educação, plano de saúde, etc.); Evidências de violações de obrigações para com os trabalhadores de acordo com as leis trabalhistas ou de seguridade social e regulamentos de emprego; |
| Parte interessada: Consumidores | | |
| Saúde e Segurança | Saúde e Segurança | Número de reclamações de consumidores; |
| Governança | Mecanismo de Feedback | Presença de mecanismo de feedback dos serviços; |
| Repercussões Socioeconômicas | Responsabilidade pelo fim do ciclo de vida | Força da legislação nacional sobre destinação final e reciclagem; Estruturação da tomada de volta ao sistema, incluindo o envolvimento do consumidor; |
| Parte interessada: comunidade local | | |
| Repercussões Socioeconômicas | Engajamento da Comunidade | Presença de engajamento da população na gestão de RSU, inclusive com a coleta seletiva; |
| | Emprego Local | Percentual de mão-de-obra contratada localmente; |
| Saúde e Segurança | Condições de saúde e segurança | Se os sistemas analisados afetam as condições de saúde e vida segura da comunidade local ou não. |

Na sistematização dos indicadores, observou-se que na categoria de impacto 'Governança', os indicadores abordam sobre a organização técnica e legal e do investimento do poder público para melhoria da gestão dos resíduos, isso de maneira transparente. Na categoria 'Saúde e Segurança' são observadas as condições em que trabalham os funcionários da limpeza urbana e em como a gestão dos resíduos afeta ou não a qualidade sanitária da população e, nesse sentido, tem impacto sobre todas as partes interessadas, em diferentes aspectos. Isso porque, é sabido que a ineficiência da coleta urbana pode provocar impactos diretos na saúde da população, seja na atração de vetores quanto na poluição da água e do solo. Na categoria 'Condições de trabalho' é verificado o respeito aos direitos dos trabalhadores, o que está muito relacionado aos indicadores da categoria 'Direitos Humanos'. A categoria 'Repercussões Socioeconômicas' é a mais ampla, que impacta direta ou indiretamente todas as partes interessadas e tem um papel importante na comunidade local ao avaliar o engajamento da população nas ações da gestão de resíduos. Assim, os indicadores trazem informações e oportunidades de melhorias de imagem e ações das empresas e poder público na gestão dos resíduos.

CONCLUSÃO

O conjunto de categorias, subcategorias e indicadores sociais propostos permitem mensurar e avaliar o desempenho e impactos sociais de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, especialmente em localidades de países em desenvolvimento, já que a escolha dos parâmetros considerou as características do gerenciamento de resíduos em um município brasileiro. Os indicadores tratam desde a existência de legislação voltada a gestão de resíduos no município, os investimentos no setor ao respeito aos trabalhadores do setor de limpeza urbana, bem como a participação da sociedade e usuários com os serviços públicos na gestão dos resíduos. Dessa forma, podem ser identificadas as lacunas sociais dos sistemas e se propor melhorias pensando na sustentabilidade global do gerenciamento dos resíduos.

REFERÊNCIAS

1. Araújo, M. G. *Modelo de Avaliação do Ciclo de Vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil*. Orientador: Alessandra Magrini. (2013). Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Planejamento Energético, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. 217 p.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2006). *NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro. 10 p.
3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *CIDADES@ - PAULISTA/PE*. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/paulista/pesquisa/23/25207?tipo=ranking>>. Acesso em: 29 de ago. 2020.
4. Ibañez-forés, V.; Bovea, M. D.; Nóbrega, C. C. (2019) *Proposal of social indicators to assess the social performance of waste management systems in developing countries: a Brazilian case study*. In: *Perspectives on Social LCA: Contributions from 6th International Conference*. Springer International Publishing.
5. Sala, S.; Vasta, A.; Mancini, L.; Dewulf, J.; Rosenbaum, E. (2015). *Social Life Cycle Assessment: State of the art and challenges for supporting product policies*. *JRC Technical Reports*, Comissão Europeia.
6. United Nations Environmental Programme/Society of Environmental Toxicology and Chemistry (UNEP-SETAC). (2009). *Guidelines for social life cycle assessment of products*. UNEP/SETAC, Life Cycle Initiative, Paris: UNEP.
7. United Nations Environmental Programme/Society of Environmental Toxicology and Chemistry (UNEP-SETAC). (2013). *The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*. UNEP/SETAC, Life Cycle Initiative, Paris: UNEP.
8. Yıldız-geyhan, E.; Altun-çiftçioğlu, G. A.; Kadirgan, M. A. N. (2017). *Social life cycle assessment of different packaging waste collection system*. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 124, p. 1-12.



Buildings, mobility and smart cities

ANÁLISIS CICLO DE VIDA DE REVOQUES EN VIVIENDAS SOCIALES EN TUCUMÁN

Vanesa Celina Saez ^{1,2}, Beatriz Garzon ^{1,2}

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET).

² Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT), Grupo Sustentable y Saludable (GHabSS). Avda. Kirchner 1900, Tucumán, Argentina.

vanesaez@gmail.com, bgarzon06@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es analizar el impacto ambiental que generan los morteros que se utilizan para los revoques interiores de las viviendas sociales en Tucumán, Argentina. Asimismo, se compara con una variante de revoque con tecnología en seco: placa yeso-cartón. Para el cálculo se utiliza la metodología análisis de ciclo de vida simplificada, según IRAM en ISO 14040. El alcance del análisis contempla las etapas iniciales del ciclo de vida del elemento constructivo, dentro “de la cuna a la puerta”: A4 (transporte) y A5 (montaje en obra). La unidad funcional se define en 1m² de revoque, con resistencia hidrófuga y térmica durante los 50 años de vida útil de la vivienda. La categoría de impacto que se calcula es la que se denomina Cambio Climático. El flujo de referencia para la medida de las salidas es kg CO₂ eq por unidad funcional. En los resultados se observa que la tecnología en húmedo tiene como punto crítico la energía consumida en la etapa de montaje en obra. En tanto, en la construcción en seco el punto crítico es la distancia recorrida desde las fábricas hasta el sitio de la obra. Sin embargo, los valores obtenidos en la etapa A5 la convierte en la opción más favorable de este análisis.

Palabras clave: cambio climático, emisiones de CO₂ eq, sistema constructivo en húmedo y seco, revestimiento, hábitat doméstico.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the environmental impact generated by the mortars used for the interior plastering of social housing in Tucumán, Argentina. It is also compared to a plaster variant with dry technology. For the calculation, the methodology simplified Life Cycle Assessment is used, according to IRAM in ISO 14040. The scope of the analysis includes the initial stages of the life cycle of the constructive element, which is called “from cradle to gate”: A4 (transport) and A5 (assembly on site). The functional unit is defined in 1m² of plaster, with water-repellent and thermal resistance during the 50 years of useful life of the house. The impact category that is calculated is called Climate Change. The reference flow for the measurement of the outputs is kg CO₂ eq per functional unit. In the results, it is observed that the wet technology has as critical points the energy consumed in the assembly stage on site. In dry construction, the critical point is the distance traveled between the factory and the place of construction. However, the values obtained in stage A5 make it the most favorable option in this analysis.

Keywords: Climate Change, CO₂ eq emissions, humid and dry construction system, coating, housing.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar o impacto ambiental gerado pelas argamassas utilizadas no reboco de interiores de habitações de interesse social em Tucumán, Argentina. Também é comparado a uma variante de reboco com tecnologia a seco. Para o cálculo, é utilizada a metodologia simplificada de avaliação do ciclo de vida, de acordo com o IRAM na ISO 14040. O escopo da análise inclui as etapas iniciais do ciclo de vida do elemento construtivo, que é denominado “do berço à porta”: A4 (transporte) e A5 (montagem no local). A unidade funcional é definida em 1m² de gesso, com impermeabilização e resistência térmica durante os 50 anos de vida útil da casa. A categoria de impacto calculada é chamada de Mudanças Climáticas. O fluxo de referência para a medição das saídas é kg CO₂ eq por unidade funcional. Os resultados mostram que a tecnologia úmida tem como pontos críticos as emissões de CO₂ eq na fabricação do cimento e a energia consumida na etapa de montagem no local. No entanto, os valores obtidos no estágio A5 tornam a opção mais favorável nesta análise.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, emissões de CO₂ eq, Sistema de construção úmida y seca, hábitat doméstico.

INTRODUCCIÓN

Dentro del sector edilicio, la unidad de vivienda constituye la mayor proporción de superficie de las “manchas urbanas” (Cortés Lara et al., 2017). En Tucumán, en cuanto a vivienda social se refiere, se contabilizan 23.144 viviendas sociales realizadas entre los años 2003 a 2018 y en ejecución 3.210 unidades (Instituto de la Vivienda y Desarrollo Urbano de Tucumán [IPVyDU], 2020). Estas cifras permiten inferir que su construcción es de gran influencia en el impacto ambiental adjudicado a la industria de la construcción a nivel global y local. En la provincia, las viviendas sociales son materializados con técnicas constructivas en húmedo. Estructura puntual de hormigón armado, base aisladas, columnas y vigas. Los cerramientos verticales generalmente resuelto con mampostería no portante de ladrillo cerámico hueco asentados y revocados con morteros (aglomerantes, arena fina y agua). Dentro de todos los elementos constructivos que definen el sistema en húmedo esta investigación, se enfoca en analizar el impacto ambiental que generan los morteros que se utilizan como revoques interiores para las viviendas sociales en el Gran San Miguel de Tucumán. Está orientada a determinar el potencial calentamiento global (PCG) o (GWP, por sus siglas en ingles) el cual influye en el Cambio Climático (CC). El objetivo es cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) producidos por los revoques interiores con sistema en húmedo en las viviendas sociales en el área metropolitana de Tucumán, Argentina. Asimismo, se compara con una variante de revoque con tecnología en seco, en la cual se utiliza placa de yeso cartón. Resulta importante reconocer cuál de estos dos tipos de revoques genera la menor emisión de GEI y desde esta perspectiva facilitar la toma de decisiones en futuros proyectos, introduciendo, cambios parciales o totales en las tecnologías constructivas para que sean más sustentables.

METODOLOGÍA

Se toma como caso de estudio una de las tipologías de viviendas más construidas en los últimos 20 años por el IPVyDU. Se trata de una vivienda unifamiliar de 45 m² con dos habitaciones y un baño. La superficie total de paredes a revestir en su interior es de 135 m². Según análisis de incidencia por cada m² del elemento constructivo en estudio se utilizan: a) revoque grueso interior 2 cm espesor – 8 kg de cemento de albañilería+ 0.036 kg de arena fina + agua- y b) revoque fino 3 mm – 4,33kg de mortero industrializado en base a cal aérea hidratada + aditivos. A los fines de este análisis, se toma como variante de este elemento constructivo, el revoque seco – 1.05 m² de Placa yeso cartón + 0.9 Kg de adhesivo- no se considera la cinta y masilla para el tomado de juntas en este sistema (Knauff,2020). Para el cálculo del PCG, se utiliza la metodología simplificada de análisis de ciclo de vida (ACV), según IRAM en ISO 14040. En tal sentido, el ACV aplicado a productos de construcción y edificios, proporciona información imprescindible para la evaluación de la sustentabilidad ambiental de los mismos (Alvares y Ripoll Meyer, 2018; Antón Vallejo, 2004). El alcance del análisis contempla las etapas iniciales del ciclo de vida del elemento constructivo, lo que se denomina dentro “de la cuna a la puerta”, la etapa A4: transporte y A5: montaje en obra. La unidad funcional se define en 1m² de revoque, con resistencia hidrófuga y térmica durante los 50 años de vida útil de la vivienda. La categoría de impacto que se calcula es la que se denomina Cambio Climático. El flujo de referencia para la medida de las salidas es kg CO₂ eq por unidad funcional. Los factores de emisión que se consideran son 0.277 Kg CO₂ eq/l para el Gasoil y de 0.486 Kg CO₂ eq/KWh para la Energía Eléctrica, según la Dirección de Sustentabilidad Medio Ambiente y Cambio Climático, provincia de Buenos Aires (2017).

Análisis del Inventario

De acuerdo a los límites establecidos en el apartado anterior, se procede a identificar y cuantificar las “cargas ambientales”. Se cuantifica lo que Quispe Gamboa (2016) define como “Energía Incorporada” (EI) correspondiente a la energía consumida para el transporte y fabricación de los sistemas constructivos por cada m² de construcción. A continuación, se presenta en la Tabla 1 los valores resultantes de la cuantificación de las emisiones de la Etapa A4: Transporte, correspondientes al sistema en húmedo y en la Tabla 2 se expresan los valores de esta misma etapa arrojados por el sistema en seco. Para el cálculo se toma en cuenta, el traslado de la fábrica al proveedor como Tramo 1 y del proveedor a la obra como Tramo 2, en ningún tramo se considera ciclo inverso de los transportes. El flujo de proceso a tener en cuenta para el posterior calculo, el consumo de energía líquida Gasoil unidad de medición litros (l) utilizada por los vehículos que realizan los traslados, se excluyen consumo de aceites. Los datos de los vehículos que realizan los traslados fueron proporcionados por 2 empresas de transporte, mediante entrevistas a sus directivos. Se exponen los valores incidentes en la carga completa del camión, luego la unidad funcional de 1 m² y también su equivalente para el total de la vivienda analizada.

Tabla 1. Kg CO₂ eq Etapa A4: Transporte, sistema en húmedo. Fuente: Elaboración propia.

| Etapa A4 | | | | | | |
|---|-------|--------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|---|
| Sistema constructivo en Húmedo (Cemento de albañilería) + (revoque fino) | | | | | | |
| Material | Tramo | Distancia km | Tipo de Energía | Kg CO2 eq | Kg CO ₂ eq m ² | Kg CO ₂ eq 45 m ² |
| Cemento Albañilería | 1 | 254.5 | GasOil | 2.82E+01 | 9.45E-03 | 1.28E+00 |
| | 2 | 15 | GasOil | 5.77E-01 | | |
| Arena Fina | 1 | - | GasOil | 0 | 6.00E-03 | 8.10E-01 |
| | 2 | 10 | GasOil | 3.85E-01 | | |
| Revoque Fino | 1 | 6 | GasOil | 1.99E+00 | 0.27E-04 | 2.49E-01 |
| | 2 | 15 | GasOil | 5.77E-01 | | |
| Total | | | | | 1.63E-02 | 2.33E+00 |

Tabla 2. Kg CO₂ eq Etapa A4: Transporte, sistema húmedo. Fuente: Elaboración propia.

| Etapa A4 | | | | | | |
|--|-------|--------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|---|
| Sistema constructivo en Seco (Placa Yeso-Cartón) | | | | | | |
| Material | Tramo | Distancia km | Tipo de Energía | Kg CO2 eq | Kg CO ₂ eq m ² | Kg CO ₂ eq 45 m ² |
| Placa Ye-so-Cartón | 1 | 1139 | GasOil | 1.26E+02 | 3.86E-02 | 5.21E+00 |
| | 2 | 7.3 | GasOil | 2.88E-01 | | |
| Adhesivo | 1 | 1139 | GasOil | 6.31E+01 | 1.32E-02 | 1.79E+00 |
| | 2 | 7 | GasOil | 2.88E-01 | | |
| Total | | | | | 5.18E-02 | 7.00E+00 |

En la Tabla 3 Y 4, se expresan los valores de Kg CO₂ eq calculados a partir de las actividades mas relevantes en la Etapa A5: materialización de ambos sistemas. Se consideran los valores incidentes en la unidad funcional de 1 m² y también su equivalente para el total de la vivienda analizada.

Tabla 3. KG CO₂ eq Etapa A5: materialización, sistema húmedo.

| Etapa A5 | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|
| Sistema constructivo en Húmedo (Cemento de albañilería) + (revoque fino) | | | | |
| Sistema constructivo | Actividad | Tipo de Energía | Kg CO ₂ eq m ² | Kg CO ₂ eq 45 m ² |
| Revoque Grueso interior | Traslado ida y vuelta de 2 operarios | GasOil | 5.13E-02 | 6.925 |
| | Uso de Hormigonera 15 minutos/m2 | KW/h | 9.70E-02 | 1.31E+01 |
| Revoque Fino | Traslado ida y vuelta de 2 operarios | GasOil | 4.10E-02 | 5.54E+00 |
| Total | | | 1.89E-01 | 2.56E+01 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. KG CO₂ eq Etapa A5: materialización, sistema seco. Fuente: Elaboración propia.

| Etapa A5 | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|
| Sistema constructivo en Seco (Placa Yeso-Cartón) | | | | |
| Sistema constructivo | Actividad | Tipo de Energía | Kg CO ₂ eq m ² | Kg CO ₂ eq 45 m ² |
| Pegar Placa Yeso-cartón | Traslado ida y vuelta de 2 operarios | GasOil | 2.87E-02 | 3.88E+00 |
| | Uso mezcladora | KW/h | | |
| Total | | | 2.87E-02 | 3.88E+00 |

Una vez obtenidos los valores de KG CO₂ eq de cada una de las etapas del ACV analizadas para cada tecnología constructiva, se procede a volcar los datos en la fórmula (IPCC, 2019) que nos determinará el ICC de cada sistema constructivo.

$$CCI : \sum GWP * m_i = Kg CO_2 eq \quad (1)$$

donde:

CCI: Climate Change Indicator o Indicador del Cambio Climático

GWP: Global Warming Potencial o Potencial Calentamiento Global = 1 (horizonte temporal de 100 años)

m_i: Substancia del tipo de energía expresada en KG CO₂ eq.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los cálculos, se obtiene los siguientes valores: el sistema en húmedo emite al ambiente 1.73E-02 kg CO₂ eq en la etapa A4 y el sistema en seco 5.18E-02 kg CO₂ eq. En tal sentido, se observa que la tecnología en seco supera un 299 % a la tecnología en húmedo en esta etapa. Según datos del inventario se detecta que las industrias proveedora de cementos de albañilería y canteras de áridos se encuentran en un radio menor a los 254.6 km en referencia al lugar de emplazamiento de la obra. En cambio, los fabricantes de palcas yeso-cartón se encuentra a una distancia de 1139 km en promedio, Por lo tanto, la distancia a recorrer desde el fabricante a la obra lo convierte al sistema en seco a la resolución constructiva más desfavorable si se considera solo la etapa de transporte. Sin embargo, en la etapa A5 el sistema en húmedo presenta emisiones de GEI de 1.89E-01 kg CO₂ eq y el sistema en seco 2.87E-02 kg CO₂ eq. Es decir, que la tecnología en húmedo supera en un 659 % al sistema en seco. De acuerdo a lo analizado en el inventario, la resolución en húmedo necesita 3 veces más de tiempo empleado en esa actividad en la obra, por lo tanto, se traduce en más días que los operarios deben utilizar un medio de transporte con uso de combustible fósil para llegar a la obra. Asimismo, se utiliza un maquina eléctrica en un promedio de 15 minutos por cada m² de construcción lo que aumenta las cargas ambientales a este sistema. De este modo, la sumatoria de emisiones generadas en las etapas A4 y A5 en el sistema en húmedo son de 2.07E-01Kg CO₂ eq y en el sistema en seco son de 8.06E-02 kg CO₂ eq, por lo tanto, se considera al sistema constructivo en seco como el más favorable desde el punto de vista ambiental y en referencia a la categoría analizada Cambio Climático. En el grafico 1, se expresan los resultados acumulados en cada etapa de los sistemas constructivos analizado.

Grafico 1. KG CO₂ eq Etapa A4, A5 sistema en húmedo y en seco.



Fuente: Elaboración propia.

En ambos sistemas se detectan puntos críticos que influyen en el valor parcial y total de las etapas analizadas. Sin embargo, se detecta que el sistema constructivo en seco presenta posibilidades de mejoras accesibles y de este modo reducir sus emisiones. se puede disminuir la carga ambiental que genera en la etapa A4: transporte, si se considera incluir en su recorrido el ciclo inverso. Es decir, utilizar el vehículo de carga para transportar otro producto en su retorno a la fábrica. En cuanto a la tecnología en húmedo, se encuentra como punto crítico las emisiones de CO₂ eq generadas por la etapa A5: montaje en obra en relación a tiempos prolongados de obras y mayor consumo de energía eléctrica por las características de la maquinaria. En tanto, si se piensa en mejorar el tiempo de

ejecución de la obra, se deben incluir más operarios en esa actividad. En tal sentido, esto significa reducir los días de trabajos, pero aumento de maquinarias y de consumo de energía eléctrica. Asimismo, si se considera que cada operario se traslada a la obra en vehículos individuales se aumenta también el uso de combustible fósil utilizado en el medio de transporte o simplemente no disminuye el considerado para la situación actual.

CONCLUSIÓN

Como conclusión se determina que la placa industrializada es una buena alternativa para reducir la emisión de CO₂ eq, en referencia a las etapas analizadas en este estudio. Solo se debe tener especial consideración a la distancia del recorrido entre la industria proveedora de la placa yeso-cartón y el sitio de la obra, pudiendo ser una variable que influye negativamente. Los puntos favorables de este sistema son: rapidez de ejecución con igual cantidad de operarios que el sistema de revoques húmedos y simplificación en las herramientas para su montaje. Esto se traduce en menor consumo de energías - a menor traslados de operarios menor uso de combustible fósil Gasoil, a menor uso de maquinarias menor uso de energía eléctrica de la red- por lo tanto, se disminuyen las emisiones de GEI. En tal sentido, se recomienda el ACV de sistemas en seco como stell frame o timber frame para reemplazo total del sistema constructivo húmedo en este tipo de viviendas y de esta manera determinar si resulta más conveniente el cambio total o parcial de tecnología para futuras construcciones.

REFERENCIAS

1. Alvarez A. y Ripoll Meyer V. (2018). Matriz de referencia para la optimización del ciclo de vida de los materiales constructivos de la vivienda social en zona árido-sísmicas). Hábitat Sustentable, 52-63.
2. Antón Vallejo, A. (2004). Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Tesis Doctoral. España: Universidad Politécnica de Catalunya.
3. Dirección de sustentabilidad medio ambiente y cambio climático [en línea] https://www.gba.gob.ar/static/agroindustria/docs/direccion_de_sustentabilidad_medio_ambiente_y_cambio_climatico/Informe_Huella_de_Carbono_Institucional-MAIBA_2017.pdf[consulta: 15 de diciembre de 2020]
4. Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano, (28 de agosto 2020). Síntesis general de Obras Ejecutadas. Recuperado de: <http://www.ipvtuc.gov.ar/obras/realizadas/>
5. IPCC [en línea]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Dirección Dirección URL: < https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml > [consulta: 15 de julio de 2019]
6. Knauff [en línea]. Departamento de Sostenibilidad y Responsabilidad Social de Knauf de España, 2020. Dirección URL: <<https://www.interempresas.net/Reciclaje//Articulos/109556-Reciclaje-y-cierre-del-ciclo-de-vida-de-las-placas-de-yeso-laminado.html>> [consulta: 15 de diciembre de 2020]

EFECTO DE ASPECTOS GEOGRÁFICOS SOBRE LOS IMPACTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA URBANO

Carlos Andrés Seitz Fuenzalida ¹, Camila López Eccher ², Edmundo Muñoz Alvear ^{3*}

¹ Universidad Andrés Bello, Magister en Recursos Naturales, República 440, Santiago, Chile carlos.seitz.fuenzalida@gmail.com

² Universidad Andrés Bello, Escuela de Ciencias Ambientales y Sustentabilidad, República 440, Santiago, Chile. ca.lopezeccher@gmail.com

³ Universidad Andrés Bello, Centro de Investigaciones para la Sustentabilidad, República 440, Santiago, Chile. edmundo.munoz@unab.cl

RESUMEN

Las ciudades como sistemas urbanos representan alrededor del 75% de la demanda de recursos energéticos y de materiales y el 80% de las emisiones globales de CO₂ a nivel mundial. Esta situación se verá agravada, si se considera que hoy alrededor del 50% de todos los habitantes viven en ciudades y se estima que este número alcanzará al 66% en 2050, mientras que en Chile este valor alcanzó a 87,8% en 2017. Dentro de las variables que afectan patrones de consumo y por ende los impactos de una ciudad son el nivel de ingreso socioeconómico, educacional de los habitantes, tamaño de las ciudades, nivel de industrialización y sus características geográficas. Esta última muy presente en las distintas ciudades a lo largo de Chile. Por este motivo el objetivo de este estudio fue evaluar las influencias de las características geográficas de ciudades de Chile sobre los impactos ambientales del ciclo de vida.

Como resultado se obtuvo una relación estadística de incidencia entre variables socioeconómicas y geográficas con la generación de impactos ambientales. En primer lugar, se establecen relaciones entre el nivel de ingreso del hogar con: el consumo de energía eléctrica, gasolina, diésel, frutas y verduras, lácteos y el gasto per cápita en salud y alimentación.

Finalmente, para el caso de variables geográficas, estas tienen relación directa con: consumo de agua potable, alimentos de origen animal, cereales y legumbres, y el combustible para calefacción.

Palabras clave: Ciudades, Ubicación geográfica, ACV, MFA.

ABSTRACT

Cities as urban systems account for around 75% of the demand for energy and material resources and 80% of global CO₂ emissions worldwide. This situation will be aggravated, if it is considered that today around 50% of all inhabitants live in cities and it is estimated that this number will reach 66% in 2050, while in Chile this value reached 87.8% in 2017. Among the variables that affect consumption patterns and therefore the impacts of a city are the socioeconomic and educational income level of the inhabitants, the size of the cities, the level of industrialization and their geographical characteristics. The latter is very present in the different cities throughout Chile. For this reason, the objective of this study was to evaluate the influences of the geographical characteristics of Chilean cities on the environmental impacts of the life cycle.

As a result, a statistical relationship of incidence between socioeconomic and geographic variables with the generation of environmental impacts was obtained. In the first place, relationships are established between the level of household income with: the consumption of electricity, gasoline, diesel, fruits and vegetables, dairy products and per capita expenditure on health and food.

Finally, in the case of geographic variables, these are directly related to: consumption of drinking water, food of animal origin, cereals and legumes, and heating fuel.

Keywords: Cities, Geographic location, LCA, MFA.

RESUMO

As cidades como sistemas urbanos respondem por cerca de 75% da demanda por energia e recursos materiais e 80% das emissões globais de CO₂ em todo o mundo. Essa situação se agravará, se for considerado que hoje cerca de 50% de todos os habitantes vivem em cidades e estima-se que esse número chegará a 66% em

2050, enquanto no Chile esse valor atingiu 87,8% em 2017. Entre as variáveis que afetam os padrões de consumo e, portanto, os impactos de uma cidade são o nível de renda socioeconômica e educacional dos habitantes, o tamanho das cidades, o nível de industrialização e suas características geográficas. Este último está muito presente nas diferentes cidades do Chile. Por esse motivo, o objetivo deste estudo foi avaliar as influências das características geográficas das cidades chilenas nos impactos ambientais do ciclo de vida.

Como resultado, obteve-se uma relação estatística de incidência entre variáveis socioeconômicas e geográficas com a geração de impactos ambientais. Em primeiro lugar, estabelecem-se relações entre o nível de renda familiar com: o consumo de energia elétrica, gasolina, óleo diesel, frutas e hortaliças, laticínios e gastos per capita com saúde e alimentação.

Finalmente, no caso das variáveis geográficas, estas estão diretamente relacionadas com: consumo de água potável, alimentos de origem animal, cereais e leguminosas e combustível para aquecimento.

Palavras-chave: Cidades, Localização geográfica, ACV, MFA.

INTRODUCCIÓN

Los asentamientos humanos han evolucionado a lo largo del tiempo, iniciando con simples poblados humanos que luego al sumar funciones administrativas y económicas más complejas fueron tomando importancia en la zona geográfica y el país donde se encuentran emplazados. La CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), en su guía para el análisis del sistema urbano regional define a un sistema urbano como “un conjunto de áreas urbanas centradas en los pueblos y ciudades más sus zonas de influencia que juntas se articulan en un sistema de trabajo a través de redes y flujos de bienes, servicios, ideas, capital y flujo de trabajo”, esta guía recalca la importancia de identificar la estructura del SU, sus dinámicas económicas internas y externas, sus variables socioeconómicas, demográficas y geográficas con el fin de identificar las principales ventajas, desventajas, déficit, y desequilibrios territoriales (Sepúlveda Navarrete et al., 2013). Por su parte el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) ha generado una encuesta de Presupuesto Familiar, en la cual, se visualiza la relación directa entre el nivel de consumo y el nivel de ingreso de los hogares en Chile. (Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. Subdirección técnica. Departamento de Presupuestos Familiares, 2018).

Dentro de las metodologías utilizadas para abordar el desafío ambiental que suponen las ciudades resalta el metabolismo urbano (MU), análisis de ciclo de vida (ACV), y análisis de flujo de materiales (AFM). Abou-Abdo y Pincetl han determinado que el concepto de metabolismo urbano es una metodología útil para evaluar el metabolismo de las ciudades y utilizar dichos resultados como base para la planificación urbana (Abou-Abdo et al., 2011; Pincetl et al., 2012). Por otro lado, de acuerdo con Almeida, el ACV es la técnica principal para promover iniciativas para mejorar el desempeño ambiental y toma de decisiones de sistemas de procesos (Almeida et al., 2013). Finalmente, el AFM, según Pincetl, es un proceso cuantitativo para determinar flujos de materiales y energía en una ciudad, región o país.

Este sistema es recomendado por la OCDE para estudios de flujos de energía y materiales en ciudades (OECD, 2008; Pincetl, 2012; Sink, 2010).

En el año 2018, el estudio de Li, genera un perfil de consumo de energía eléctrica para distintas zonas geográficas de China. En este estudio se destaca la relación entre climas fríos y energía requerida para calefacción, donde la diferencia entre la variación en la cantidad de energía requerida para calefacción en climas fríos versus templados ascendía a casi tres veces la cantidad de energía demandada en climas fríos versus climas templados (Li et al., 2018).

Con relación a temas alimentarios, el estudio de Berta Schnettler el año 2008, determina que para las regiones del sur de Chile el consumo de carne es mayor a medida que aumentan los ingresos del hogar, específicamente el aumento en los ingresos provoca el aumento de manera directa del consumo de carne de vacuno, sin embargo, para sectores de menor ingreso este consumo de combinaba con pollo y cerdo, adicionalmente hace referencia a que el consumo de carnes ovinas se reflejaba directamente en el consumo en zonas rurales del sur de Chile debido a las condiciones geográficas favorables para la crianza animales para el autoconsumo, condiciones que por razones geográficas no se replican en la zona metropolitana o el norte de Chile (M et al., 2008).

METODOLOGÍA

Para generar una línea base de trabajo se identificaron 6 comunas de 4 ciudades, ubicadas en el norte, centro, sur y extremo sur de Chile. En cada una de las comunas se aplicaron 100 encuestas a hogares, estos fueron seleccionados través de un muestreo aleatorio con un intervalo de confianza de un 95%. El propósito de esta encuesta anónima fue recopilar antecedentes socioeconómicos, consumo de alimentos, consumo de servicios básicos y manejo de residuos sólidos domiciliarios.

En relación con la información obtenida y tras haber clasificado a los hogares por ingreso mediante quintiles, de acuerdo con la metodología del INE, se logró identificar y relacionar los niveles de consumo de alimentos, servicios básicos (luz eléctrica, agua, gas y calefacción), con los niveles de ingreso de cada hogar. Para evaluar la influencia del nivel de ingreso en el impacto ambiental de un hogar, se utilizó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), respaldada en la ISO 14040:2006.

Se generó el perfil de consumo de cada habitante según su quintil (nivel de ingreso per cápita), generando de esta manera el ciclo de vida de cada habitante, finalmente se modeló en el Software Sima Pro, para obtener el impacto ambiental de cada habitante según quintil y según la comuna de estudio. Las categorías de impacto analizadas fueron calentamiento global (CO₂ eq), acidificación terrestre (kg SO₂ eq), eutrofización de agua dulce (kg P eq), ecotoxicidad de agua dulce (kg 1,4 DBC eq), formación de material particulado fino (kg MP 2,5 eq), escasez de recursos fósiles (kg oil eq) y escasez de recursos minerales (kg Cu eq) y el método de evaluación de impacto fue Recipe Midpoint (H).

En relación con la bibliografía estudiada se identificaron indicadores geográficos relacionados con el territorio en el cual están emplazadas las comunas estudiadas. Se determinó de manera anual los milímetros de agua caída, las horas de radiación solar y la temperatura media (Adeoye and Spataru, 2019; Davis et al., 2016; Fikru and Gautier, 2015; Li et al., 2018; Popoola, 2018; Rebitzer et al., 2004; Tso and Yau, 2003; Yun and Steemers, 2011).

Finalmente, esta información se analizó en conjunto con el consumo de energía eléctrica, de combustibles para transporte y para calefacción, de agua potable, y de alimentos, con el propósito de visualizar relaciones entre las variables geográficas y el consumo.

Se generó una matriz de datos en donde las columnas se componían de variables predictivas y de respuesta, mientras que las filas correspondían al código de las encuestas aplicadas a los hogares de las comunas de estudio.

Se modeló el set de variables respuesta en función de (únicamente efectos aditivos): la comuna (factor), la escolaridad (factor), los quintiles (factor), el sol, la temperatura y los milímetros de lluvia caída. Debido a la alta colinearidad entre las variables ambientales y la comuna (factor de inflación de la varianza > 2; Zuur et al., 2010), para todas las variables respuesta se hicieron dos procesos de modelado; (1) incluyendo a la variable comuna en conjunto con el resto de las covariables descritas y (2) incluyendo a todas las variables predictivas descritas exceptuando a la comuna.

La selección de los modelos se hizo usando selección automática secuencial en base al criterio de información de Akaike (Akaike, 1974), partiendo de un modelo con un intercepto (promedio) se seleccionó el conjunto de variables predictivas que conforman al modelo más parsimonioso. Posteriormente, los modelos más parsimoniosos fueron seguidos por una prueba de razón de verosimilitud (LRT, que elimina cada término individualmente de los modelos más parsimoniosos y calcula los valores de P para comparar cada modelo reducido y el modelo más parsimoniosos) (Stephens et al., 2005).

Los modelos fueron diagnosticados en base a los gráficos de residuales (Dunn and Smyth, 1996). El ajuste de los modelos, la selección y el diagnóstico se realizaron utilizando el paquete gamlss (Rigby and Stasinopoulos, 2005) de R (R Core Team, 2017). Finalmente, se estimó los efectos marginales (promedio ± intervalos de confianza del 95%) de los modelos finales (i.e., valores predichos para cierto término del modelo manteniendo constantes las variables no focales) utilizando el paquete emmeans de R (Lenth et al., 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la distribución de habitantes por quintil se obtienen que en promedio el 50% de los habitantes está repartido en el quintil 2 y 3, quintiles que tradicionalmente se asocian a la clase media. Considerando los primeros tres quintiles estos contribuyen en promedio al 75% de la población de cada comuna. Respecto del porcentaje de gastos en el hogar, los resultados obtenidos dan cuenta que un gran porcentaje del dinero del hogar es destinado a alimentos, en promedio un 50%, y en detalle es posible identificar que en las comunas del sur de Chile el porcentaje disminuye mientras que el porcentaje destinado a calefacción aumenta.

Los resultados del análisis de variables geográficas y la generación de impacto ambiental presentan una relación entre la ubicación geográfica del sistema urbano, el consumo de combustibles de calefacción y el consumo de alimentos, con la formación de material particulado fino, calentamiento global, eutrofización de agua dulce entre otras. Se obtuvo una relación estadística de incidencia entre variables socioeconómicas y geográficas con la generación de impactos ambientales. En primer lugar, se establecen relaciones entre el nivel de ingreso del hogar con: el consumo de energía eléctrica, gasolina, diésel, frutas y verduras, lácteos y el gasto per cápita en salud y alimentación.

Finalmente, para el caso de variables geográficas, estas tienen relación directa con: consumo de agua potable, alimentos de origen animal, cereales y legumbres, y el combustible para calefacción.

CONCLUSIÓN

La figura 1 y la tabla 1 demuestran una relación entre variables socioeconómicas y geográficas con el consumo en el hogar, lo que posteriormente se ve reflejado en la generación de impactos ambientales. Para el caso de la figura 1 se puede visualizar que la categoría de combustible de calefacción tiene una relación evidente con la generación de material particulado y calentamiento global, el uso de transporte público a su vez, tiene relación directa con la categoría de ecotoxicidad de agua dulce y escasez de recursos minerales y fósiles, mientras que el consumo de alimentos tiene una clara relación con la acidificación terrestre y la eutrofización de agua dulce.

Al analizar las relaciones estadísticas en la incidencia de cada variable con el consumo que a su vez tiene relación directa con la generación de impactos, se puede ver que las variables relacionadas con el gasto per cápita de alimentación, salud y el consumo de gasolina, gas natural de ciudad y lácteos, depende en mayor medida por el nivel de ingreso del hogar. Mientras que el consumo de carne, agua potable, petróleo diésel, gas licuado de petróleo, leña y queroseno, la ubicación geográfica tiene mayor incidencia.

Finalmente, el análisis estadístico nos demuestra que, si existe, para cierto grupo de variables de consumo, una mayor incidencia de variables geográficas en el consumo y, posterior impacto ambiental de los hogares, que de variables socioeconómicas. Es posible que ciertos consumos de alimentos pudieran estar mayormente relacionados con la disponibilidad geográfica que solo factores asociados a la ubicación geográfica (temperatura media, mm de agua caída), este último punto pudiera ser estudiado con mayor profundidad y así, poder determinar las razones de un mayor o menor consumo de carne en la dieta de los hogares de Chile. Para el caso de las variables de consumo que sufren una mayor incidencia a través de variables socioeconómicas, se destacan los gastos en alimentación, salud, consumo de gasolina, energía eléctrica y lácteos. La gasolina destaca como el combustible de transporte de mayor precio, los gastos en alimentación y salud y, los consumos de energía eléctrica y lácteos, tienen estrecha relación con el nivel de ingreso, como lo ha postulado el INE a través de sus publicaciones. A mayor nivel de ingreso es posible que el hogar pueda optar a alimentos precio mayor, a un mayor número de artefactos eléctricos y a la posibilidad de mejores planes de salud.

Este estudio intenta responder inquietudes sobre la sustentabilidad de las ciudades y su relación con el perfil de consumo de los habitantes de diversas zonas geográficas. Es la intención del grupo de trabajo que estas respuestas sirvan de base para estudios más acabados sobre la sustentabilidad de las ciudades.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de Tesis fue financiado a través del Proyecto Fondecyt 11170992 "Influencia del nivel socioeconómico, políticas y estrategias de gestión ambiental sobre la sustentabilidad urbana en Chile-Análisis del metabolismo urbano de ciudades mediante combinación de análisis de flujo de materiales y análisis del ciclo de vida.

REFERENCIAS

Por motivos de espacio se generó el siguiente link abierto para revisión de las referencias.

<https://www.dropbox.com/scl/fi/fel7rlx8wdm8whzz5lp2b/Referencias-Full-Paper-ID-65CILCA-2021.docx?dl=0&rlkey=h23rxckp9shkzmr7lb1nhai3>

AUTOMOTIVE TRANSPORT DECARBONIZATION USING HYDROGEN FUEL CELL VEHICLES IN ARGENTINA DEMAND COSTS

CUSTOS DE DEMANDA, PARA A DESCARBONIZAÇÃO DO TRANSPORTE AUTOMOTIVO NA ARGENTINA, ATRAVÉS DE VEÍCULOS A CÉLULA DE COMBUSTÍVEL À BASE DE HIDROGÊNIO

COSTOS DE LA DEMANDA, PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR EN ARGENTINA, MEDIANTE VEHÍCULOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE EN BASE A HIDRÓGENO

Leonardo Iannuzzi ^{1,*}, Alejandro Roy Bierregaard ², Jorge Antonio Hilbert ³, Electo Silva Lora ⁴, Marcelo Ferrando ⁵, Raúl A. Comelli ⁶, Fernando Bruno Dovichi ⁷

¹ Ing Civil, Esp. Ing. Amb, Mg. en EERR UTN-FRR. Alvear 592, Martinez (Pcia. de Buenos Aires), Argentina. leoiannuzzi@hotmail.com

² Ing en Informática, Tesista Maestría en Administración de Negocios de UCA. Buenos Aires, Argentina. roy.bierregaard@gmail.com

³ INTA-Instituto de Ingeniería Rural. Cautelar (Pcia. Buenos Aires), Argentina. hilbert.jorge@inta.gob.ar

⁴⁻⁷ Núcleo de Excelencia en Generación Termoeléctrica y Distribuida Instituto de Ingeniería Mecánica, Universidad Federal de Itajubá-Brasil, Av. BPS 1303, Itajubá, Brasil. silva.electo52@gmail.com; brunodovichi@unifei.edu.br

⁵ Licenciado en Administración de Empresas y Contador Público, Doctorando en Administración de UCA. Zárraga 3449, Ciudad Autónoma Buenos Aires, Argentina. mferrando@fibertel.com.ar

⁶ Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica "Ing. José Miguel Parera" – INCAPE (UNL – CONICET). Colectora Ruta Nacional 168, Km 0, Santa Fe, Argentina. rcomelli@fiq.unl.edu.ar

Keywords: transport decarbonization, hydrogen, emission reduction costs, GHG.

Palavras-chave: descarbonização do transporte, hidrogênio, custos, redução das emissões de GEE.

Palabras clave: Descarbonización del transporte, hidrógeno, costos reducción emisiones GEI.

INTRODUCTION

During ENARCIV2020 Congress [1] carbon pricing for public transport buses for hydrogen bid decarbonization costs was established. The hypothetical case, applied to Rosario City, with a potential technological change from buses with internal combustion engine (ICE) to Fuel Cell Electrical Buses (FCEB) running on hydrogen gas. The avoided GHG from a life cycle assessment (LCA) based on ISO 14040-ISO 14044 standard (Iannuzzi, 2018) was applied, considering hydrogen production costs for adaption and the supply for urban buses from filling stations (Bierregaard, 2020).

In this case, the previous study expanded in order to be able to establish the complete carbon pricing technology change [2] (Langholtz et al.) starting from a Total Cost of Ownership (TCO) subtracting the TCO reference technology, in order to be able to establish the total differential cost of the chosen decarbonization technology. The final objective was to reach a viable economic automotive transport decarbonization in Argentina in order to comply with the Paris Memorandum [3] country commitments for 2030.

The fuel bid cost was considered as an additional TCO component, named Demand Total Cost, focused on the costs that a hypothetical FCEB bus company must assume, based on a functional unit FU defined as 100 km traveled by the bus, considering "Green Hydrogen" [4] production or a GHG low level emissions passing thru the complete LCA of the hydrogen generated. Chosen technology in this study (biomass derived from fast-cutting densified poplar plantations gasification) allows more than 70% of GHG reductions in relation to ICE Buses [5].

METHODOLOGY

Considering international ICE and FCEB vehicles TCO data and values [6], hydrogen production costs [7] and international gas costs, total carbon pricing for transport decarbonization for a hypothetical FCEB local company was calculated:

Bus TCO calculation formula:

$$\frac{\text{TCO}}{100 \text{ km}} = \frac{(\text{Bus Purchase Cost} + \text{Bus Operating Cost})}{100 \text{ km}}$$

Bus Purchase Cost /100 km = (Gross Margin + Components Mark Up + Drive System + Energy Storage + Remaining Propeller Components) / 100 km

Bus Operating Cost /100 km = (Fuel Cost + Filling Station Operation and Maintenance + Bus Maintenance + Spare Parts Replacement + Others) / 100 km

Decarbonization TCO calculation:

$$\frac{\text{Decarbonization TCO}}{100 \text{ km}} = \frac{(\text{Replacement TCO} - \text{Reference TCO})}{100 \text{ km}} = \frac{(\text{TCO FCEB} - \text{TCO ICE})}{100 \text{ km}}$$

$$\frac{\text{Avoided Emissions for AEGEF } 0,40 \text{ kg CO } 2\text{eq/kWh}}{100 \text{ km}} = \frac{(\text{GHG ICE} - \text{GHG FCEB})}{100 \text{ km}}$$

$$\frac{\text{Avoided Emissions for AEGEF } 0,10 \text{ kg CO } 2\text{eq /kWh}}{100 \text{ km}} = \frac{(\text{GHG ICE} - \text{GHG FCEB})}{100 \text{ km}}$$

AEGEF: Argentine Electrical Grid Emission Factor

Total carbon pricing or decarbonized TCO calculation:

$$\text{Decarbonized TCO Carbon Pricing} = \left(\frac{\text{Decarbonization TCO}}{\text{Avoided Emissions Ton CO}_2\text{eq}} \right)$$

Comparison literature information Table 1 shows purchase bus and operative bus costs percentage as part of the Bus TCO for each technology.

Table 2 shows bus purchase cost in detail and Table 3 the bus purchase breakdown costs.

Table 1. Bus Purchase Distribution Costs and Bus Operating Costs.

| Technology | Bus Purchase Cost /100 km (%) | Bus Operating Cost/100 km (%) | Bus TCO U\$/100 km |
|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Bus with Internal Combustion Engine (ICE) | 44 | 56 | 124,96 |
| Bus with Hydrogen Electrical Fuel Cell (FCEB) | 46 | 54 | 243,37 |

Source: Deloitte [6]

Table 2. 2019 Bus Purchase Cost.

| Bus Purchase Components | ICE | FCEB |
|-------------------------|-------|--------|
| Gross margin | 14% | 14% |
| Components MarkUp | 0% | 34% |
| Drive System | 6% | 2% |
| Energy Storage | 1% | 13% |
| Other Components | 79% | 37% |
| Total U\$/100 km | 54.42 | 112,49 |

Fuente: Deloitte [6] Costos del bus de MCI: 76.880 U\$. Costo del bus de FCEB: 314.290 U\$.

Tabla 3. 2019 Bus Operating Cost.

| Operating Costs Components | MCI | FCEB |
|---|-------|--------|
| Fuel Costs | 49% | 55% |
| Filling Station Operation and Maintenance | 0% | 5% |
| Bus Maintenance | 31% | 15% |
| Parts Replacement | 6% | 9% |
| Others (Insurance) | 14% | 16% |
| Total U\$D/100 km | 70,54 | 130,82 |

Source: Deloitte.[6] Hydrogen Cost= 8U\$D/kg [7]. Gas Cost=0.79U\$D/litre.

RESULTS AND DISCUSSION

Decarbonization TCO Carbon Pricing was set, Table 4 for two Argentine Electric Grid Emission Factor (AEGEF) scenarios, expressed at the consumption point AENEF of 0,40 and 0,10 kg CO_{2eq}/kWh, respectively.

Table 4. Decarbonization TCO Carbon Pricing.

| Factor de Emisión de la Red Eléctrica Argentina (AENEF) en el punto de consumo | Carbon Pricing del TCO Descarbonizante de un Bus FCEB U\$D/Ton CO _{2eq} evitados | Carbon Pricing de la oferta de Hidrógeno U\$D/Ton CO _{2eq} evitados | Carbon Pricing Oferta H ₂ /Carbon Pricing TCO Descarbonización % |
|--|---|--|---|
| AEGEF 0,40 kg CO _{2eq} /kWh | 1096 | 95.1 | 8.7 |
| AEGEF 0,10 kg CO _{2eq} /kWh | 834 | 72,1 | 8.7 |

Source: Own Elaboration.

Table 4 results show incremental actual cost of transport decarbonization for conventional buses with ICE (Mixed 90% Gas and 10% Biodiesel), for FCE buses represents 1096 U\$D/Ton of avoided CO_{2eq} for a 0,40 kg CO_{2eq}/kWh AEGEF and 834 U\$D/Ton of avoided CO_{2eq} for a 0,10 kg CO_{2eq}/kWh AEGEF.

CONCLUSION

Carbon pricing of the hydrogen bid related to the TCO carbon pricing decarbonization with FCE buses represents 8,7% of the total ICE buses decarbonization cost. This is a key information to understand total costs implications in order to promote a decarbonization process for a disruptive technology change in the actual economy context of the country.

Considering that promotion policies and incentives could lead to an important reduction of actual international prices for the hydrogen bid, specially it's energy component cost and FCEB prices, hydrogen has a great potential to achieve vehicle transport decarbonization process.

The methodology used allows to set and compare the complete carbon pricing from other decarbonization technologies. It provides objective information in order to generate the necessary criteria for a decarbonization planning and prioritization, subject to effective cost guidelines.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to Dr Walter Huber from IIT of Bolzano, Italy for all the information and technical visit to the hydrogen for buses production plant in the mentioned city in April 2018.

REFERENCES

1. R. C. Leonardo Iannuzzi, Roy Bierregaard, Jorge Antonio Hilbert, Electro Silva Lora, Marcelo Ferrando y Raúl Comelli, "COSTOS PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR EN ARGENTINA MEDIANTE VEHÍCULOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE EN BASE A HIDRÓGENO. ENARCIV 2020 | IX Encuentro Argentino de Ciclo de Vida VIII Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica. Presentado." <https://analisisciclodevida.wixsite.com/inicio> (accessed Mar. 22, 2021).
2. M. Langholtz *et al.*, "The Economic Accessibility of CO₂ Sequestration through Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) in the US," *Land*, vol. 9, no. 9, p. 299, 2020, doi: 10.3390/land9090299.

3. "Acuerdo de París | Argentina.gob.ar." <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/acuerdo-de-paris> (accessed Mar. 02, 2021).
4. "certifhy." <https://www.certifhy.eu/> (accessed Mar. 08, 2021).
5. L. Iannuzzi, J. Antonio Hilbert, and E. Eduardo Silva Lora, "Life Cycle Assessment (LCA) for use on renewable sourced hydrogen fuel cell buses vs diesel engines buses in the city of Rosario, Argentina," 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.01.065.
6. "Fueling the Future of Mobility Hydrogen and fuel cell solutions for transportation Volume 1 Deloitte China." <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/finance/deloitte-cn-fueling-the-future-of-mobility-en-200101.pdf> (accessed Apr. 11, 2021).
7. R. prepared by the IEA and J. for the G20, "The Future of Hydrogen." Accessed: Jan. 27, 2021. [Online]. Available: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>.

MAJOR DISCUSSIONS ON THE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF HEAVY-DUTY VEHICLES

Mariane Bigarelli Ferreira ¹, Rodrigo Salvador ¹, Murillo Vetroni Barros ¹, Cassiano Moro Piekarski ¹, Antonio Carlos de Francisco ¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brazil. marianebigarellif@gmail.com, salvador.rodrigors@gmail.com, murillo.vetroni@gmail.com, piekarski@utfpr.edu.br, acfrancisco@utfpr.edu.br

ABSTRACT

The objective of this study was to perform a systematic review of the literature to know the state of the art of LCA in heavy vehicles. In order to achieve the proposed objective, EndNote® software was used for reference management, VOSviewer® software was used in the construction of visual maps of co-occurrence of keywords, and Microsoft PowerBI® software was applied in the analysis of citations, journals, countries and year of publication of the articles in the final portfolio. It could not be observed any standard for application of the tool, however, most studies sought to quantify potential environmental impacts of the atmospheric emissions caused by the heavy-duty vehicles. Many studies have conducted comparative LCAs to measure the impacts of different fuels, such as the use of diesel and biodiesel from a variety of sources, and the use of electric vehicles and combustion.

Keywords: LCA, Heavy-duty vehicles, Environmental impact, Renewable fuel.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática de la literatura para conocer el estado del arte de ACV en vehículos pesados. Para lograr el objetivo propuesto, se utilizó el software EndNote® para la gestión de referencias, el software VOSviewer® para la construcción de mapas visuales de co-ocurrencia de palabras clave y el software Microsoft PowerBI® para el análisis de citas, revistas, países y año de publicación de los artículos en el portafolio final. No se observó ningún estándar para la aplicación de la herramienta, sin embargo, la mayoría de los estudios buscaron cuantificar los impactos ambientales potenciales de las emisiones atmosféricas causadas por vehículos pesados. Numerosos estudios han realizado ACV comparativas para medir los impactos de diferentes combustibles, como el uso de diesel y biodiesel de diferentes fuentes, y el uso de vehículos eléctricos y de combustión.

Palabras clave: ACV, Vehículos pesados, Impacto ambiental, Combustible renovable.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática da literatura para conhecer o estado da arte da ACV em veículos pesados. Para atingir o objetivo proposto, utilizou-se o software EndNote® para gerenciamento de referências, o software VOSviewer® na construção de mapas visuais de co-ocorrência de palavras-chave e o software Microsoft PowerBI® na análise de citações, periódicos, países e ano de publicação dos artigos do portfólio final. Não foi observado nenhum padrão para aplicação da ferramenta, entretanto, a maioria dos estudos buscou quantificar os potenciais impactos ambientais das emissões atmosféricas causadas pelos veículos pesados. Muitos estudos têm realizado ACVs comparativas para medir os impactos de diferentes combustíveis, como o uso de diesel e biodiesel de diversas fontes, e o uso de veículos elétricos e de combustão.

Palavras-chave: ACV, Veículos pesados, Impacto ambiental, Combustível renovável.

INTRODUCTION

Over the last decades, the number of vehicles has increased significantly, raising concern with possible consequences to the environment. Faced with this, legislation has become more rigorous, encouraging companies to pursue more sustainable in the productive process, both at the manufacturing phase or at the use phase. According to Yan and Crookes (2010), the world faces growing energy scarcity and environmental depletion challenges, resulting primarily from a social and economic dependency of fossil energy. Thus, the automotive industry seeks to adjust its vehicles to reduce atmospheric emissions, longing a more sustainable production

(Sharifi et al., 2021). In the transport sector, the heavy and extra heavy vehicles are considered the most polluting, affecting drastically air quality. Thus, in order to establish more rigorous emission standards, increasing social pressure on environmental issues (Grigoratos et al., 2019). One of the main environmental consequences pointed out by Lv et al. (2019) refers to pollution by heavy metals, and impacts related to the economy and society due to health problems caused by pollution.

The methodology LCA is oriented by the ISO (International Organization for Standardization) based on two standards, the ISO 14040 that addresses the structure and principles of LCA (ISO, 2006a) and the ISO 14044 that addresses the requirements and guidelines for its application (ISO, 2006b). Therefore, the use of techniques such as the LCA permits the reduction of potential environmental impacts in production processes, assisting environmental protection, via the adoption of sustainable practices in the different phases of the life cycle of heavy-duty vehicles. Therefore, it is important to study a review of the literature, which seeks to organize studies that have already been carried out and their main contributions, as well as providing information to aid decision making based on environmental aspects in the heavy vehicle sector.

Based on the aforementioned, this study aims to perform a systematic review of the literature to know the state of the art of LCA in heavy vehicles. Moreover, seeking to support a sustainable development in the sector, this study corroborates the Sustainable Development Goals (SDG), as for the goal number 12, which supports sustainable production and consumption patterns, looking to encourage organizations to adopt sustainable practices and disclosure of information on its role in face of sustainability in their annual reports (UN, 2015).

METHODOLOGY

Some steps were taken to conduct this research, as follow:

Step 1 - Defining the queries for search in the databases. The following query has used a reference for the searches in the databases: (“Extra-heavy vehicles” OR “Heavy duty engines” OR “Heavy-Duty Vehicle”) AND (“Performance” OR “Emission”) AND (“LCA” OR “Life Cycle Assessment”). The necessary adjustments to the particularities of the search requirements in each database were made accordingly. **Step 2** - Retrieving the articles in the databases Web of Science (WoS), Scopus and ScienceDirect (SD), searching the fields (i) title, (ii) keyword and (iii) abstract, with no temporal delimitation. **Step 3** - Managing references using EndNote®. All references were transferred to software where the necessary filters could be applied. **Step 4** - Filter 1: Exclusion of duplicates. All duplicate documents were excluded. **Step 5** - Filter 2: Reading of the title and abstract. All titles and abstracts were read and the articles that did not contribute or that were not related to this study’s topics were ruled out. In addition, 18 articles were added to the collection using a cross-referencing snowballing approach from the 4 articles (see Figure 2). The 22 studies are presented in Table 1 (Section 3). Therefore, 22 articles were used as the basis for the present review, constituting this study’s final portfolio. **Step 6** - Full-reading of the studies in the final portfolio, which are aligned to the theme and aim of this study.

The journal Impact Factor (IF) were retrieved from the Journal Citation Reports (JCR) in 2019. To build the informative graphs the Microsoft PowerBI® was used. Moreover, the software tool VOSviewer® was used to construct the keyword co-occurrence maps, using the articles from the final portfolio. The occurrences threshold was 4, hence, 34 terms from a total of 667 met the criterion of choice.

Keyword Co-occurrence Map and Analysis of Publications

This section presents the bibliometrics and an initial analysis of the state of the art of LCA of heavy-duty vehicles. Initially, Figure 1 presents the co-occurrence of keywords in a timeline.

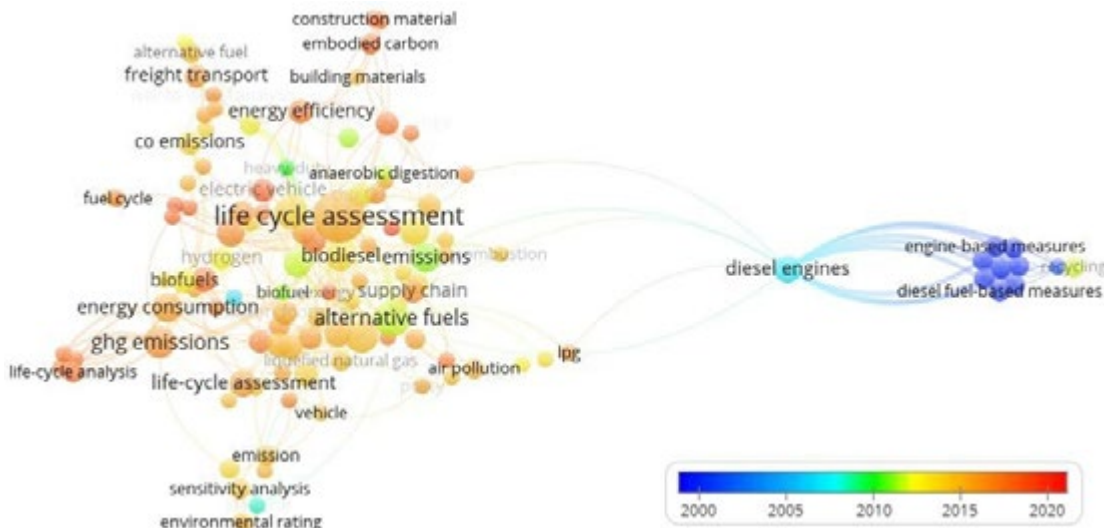


Figure 1. Co-occurrence of terms - final portfolio.

As can be seen in Figure 1, the research history includes LCA studies performed on heavy-duty vehicles with diesel engines, measuring their environmental impacts. From the timeline, older topics can be seen on the right-hand side of Figure 1 in shades of blue. Examples are engine-based measures and diesel fuel-based measures. More recent studies have been associated with the emissions generated by the combustion of diesel. In addition, the search for alternative fuels to reduce environmental impacts, such as Liquefied Petroleum Gas (LPG), biodiesel, electric vehicles and concerns with air pollution is part of current and future perspectives. These topics have been discussed from 2010 and are increasingly related to the use of biofuels and alternative fuels.

The study of Arteconi et al. (2010) carried out a comparative LCA between diesel and natural gas used in heavy-duty vehicles in Europe, seeking to analyze the effect of replacing traditional fuel (from fossil resources) with an alternative fuel (from renewable sources). In the same year, Yan and Crookes (2010) analyzed the energy demand and emissions generated by heavy-duty vehicles in China, pointing that the country has invested in the use of alternative fuels, seeking to reduce the use of fossil fuels and transport emissions. Moreover, it was possible to analyze the documents found in the literature in terms of a number of publications, year of publication, country where the study was developed, journal and IF, via informative graphs. Figure 2 shows the number of publications per year, per journal, and the journal IF.

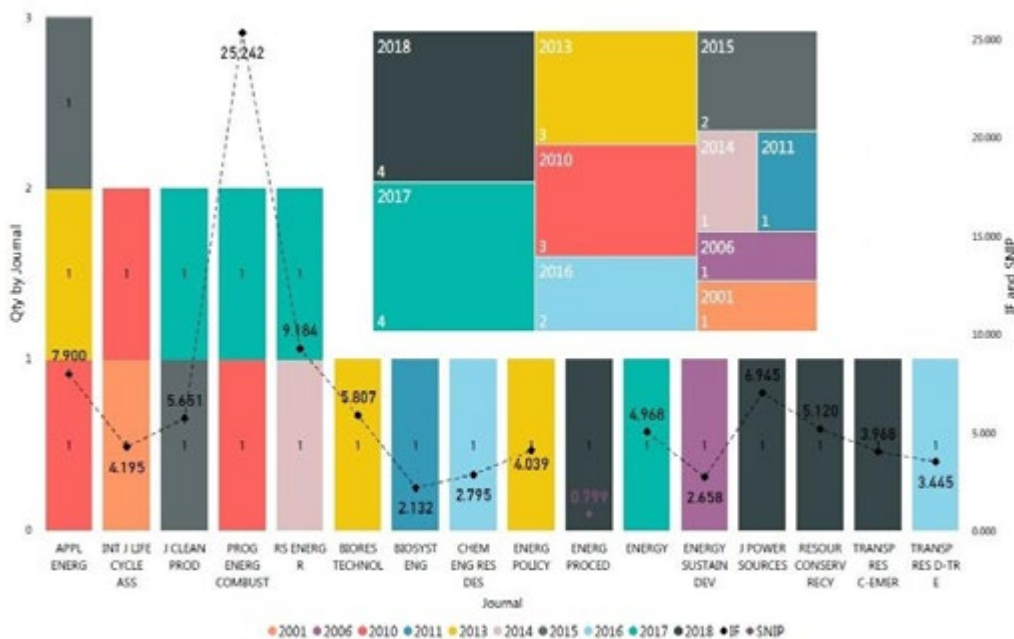


Figure 2. Number of publications per year, journal and journals' respective IFs.

According to Figure 2, Applied Energy stands out, with an IF of 7.900, containing four publications of the 22 documents. The most recent articles published in 2017 and 2018 were published in the Journal of Cleaner Production (IF = 5.651), Renewable and Sustainable Energy Reviews (IF = 9.184), Resources, Conservation and Recycling (IF = 5.120), Energy Procedia (Source Normalized Impact per Paper (SNIP) = 0.799), Journal of Power Sources (IF = 6.945) and Transportation Research Part C: Emerging Technologies (IF = 4.968). However, the journal with the highest IF is Progress in Energy and Combustion Science (25.242), with two publications, which are Yan and Crookes (2010), Agarwal et al. (2017).

The countries that stood out concerning the number of publications on the subject are presented in Figure 3. The United States of America (USA) has 7 articles published in the area, and America is the continent that most studied the environmental impacts of heavy-duty vehicle sector, with 9 studies, followed by Europe, which contributed with 8 studies. Figure 3 shows that the two locations that concentrate publications are the USA and Europe. This shows Europe's engagement with environmental problems related to the life cycle of heavy-duty vehicles. In addition, China ranks second place with three publications. Stemming from this analysis, it is important to present the 22 documents used in the review. The major global institutions that publish studies on LCA in the heavy-duty vehicle sector are located in the USA, and the country has a prominent role in research in this area.

In this study's final portfolio, China fills the second place in terms of publications and has been contributing to disseminate environmental studies in the sector of heavy-duty vehicles. This sector is considered to contribute with one of the greatest environmental impacts, as to air pollution, heavy metals and human health impacts, due to the manufacturing and use phases of the vehicles. LCA studies of heavy-duty vehicles deal with issues on fuel management, engine performance, combustion characteristics, pollutant emissions and the effect of the use of biodiesel on engine components (Agarwal et al., 2017). According to Caba et al. (2017), the automotive industry seeks to develop products that meet customer expectations and needs. Thus, these requirements are translated into engineering terms, involving vehicle dynamics, noise, vibration, durability, economy, drivability and performance. The four studies found through a combination of keywords reported in the methodology are described in the following paragraphs. Each study sought to use LCA to measure different impacts related to the use of diesel, LNG, a subject addressed in two studies (Arteconi et al., 2010).



Figure 3. Country publications.

Notwithstanding, it is possible to conclude that in the literature the main comparative LCA studies for the quantification of environmental impacts address the use and consumption of different fuels (biofuels and fossil fuels) and the use of electric trucks and the traditional ones powered by diesel, as studies seek to characterize more sustainable production. Therefore, the articles discussed in this review unveil that most LCA studies found in the literature focus mainly on the comparative evaluation of the impacts generated the emission of the different fuels and comparisons of the impacts generated by electric heavy-duty vehicles and the traditional ones powered by diesel.

CONCLUSION

The studies have sought to find alternative fuels (other than diesel) that result in fewer and less environmental impacts. A large number of research papers and case studies have been observed comparing the use of conventional combustion heavy-duty vehicles to electric or alternative fuel-powered vehicles. These documents have focused on finding productive and less impactful improvements to the environment, highlighting the use of technologies to reduce the impacts generated, such as the use of catalytic converters, and understanding of fuel choices so that heavy-duty vehicles reduce their pollutant emissions. The present work differs from similar studies found in the literature for presenting a timeless systematic review of articles using LCA in the automotive sector, aiming at pointing out future study opportunities that help reduce environmental impacts as well as heavy-duty transport fuel consumption, as the sector has increased significantly in recent times.

Moreover, this study highlights the importance of LCA investigations on vehicles to seek engineering improvements in these products, which allow consumption improvements and reduction of environmental impacts. This study was limited to search for articles in three databases (WoS, Scopus and SD) and the thematic was limited to studies involving the application of LCA in heavy vehicles, rather than in the automobile sector as a whole.

Results pointed out by the work can make it possible for industries to research on and develop technologies, seeking opportunities for sustainable development in the production process of heavy-duty vehicles through what is published, studied and discussed in the scientific field. Furthermore, the results allow the scientific community to find in the state of the art what has already been studied, allowing insights to find gaps in research and practice and foment the development of future research. Lastly, the results can also foment the development of public policies, the use of fiscal incentive and encouragement of research in universities and research institutions, as well as promoting sustainable development by encouraging the adoption of more sustainable technologies.

ACKNOWLEDGEMENTS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Finance Code 001, and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Finance Code 310259/2020-7 and 312285/2019-1.

REFERENCES

1. Agarwal, A.K., Gupta, J.G., y Dhar, A. (2017) Potential and challenges for large-scale application of biodiesel in automotive sector. *Progress in Energy and Combustion Science*.
2. Arteconi, A., Brandoni, C., Evangelista, D., y Polonara, F. (2010) Life-cycle greenhouse gas analysis of LNG as a heavy vehicle fuel in Europe. *Applied Energy*.
3. Caba, Z., Atabay, O., y Guney, A. (2017) Driving condition based mode switching optimal controller for improved driveability. *Applied Mathematical Modelling*.
4. Chester, M.V., y Cano, A. (2016) Time-based life-cycle assessment for environmental policymaking: Greenhouse gas reduction goals and public transit. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
5. Grigoratos, T., Fontaras, G., Giechaskiel, B., y Zacharof, N. (2019) Real world emissions performance of heavy-duty Euro VI diesel vehicles. *Atmospheric Environment*.
6. ISO (International Organization for Standardization). ISO 14040: Environmental Management –Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva (Switzerland): European Standard, 2006a.
7. ISO (International Organization for Standardization). ISO 14044: Environmental management – life cycle assessment – Requirements and Guidelines. Geneva (Switzerland): European Standard, 2006b.
8. Lv, W., Hu, Y., Li, E., Liu, H., Pan, H., Ji, S., Hayat, T., Alsaedi, A., y Ahmad, B. (2019) Evaluation of vehicle emission in Yunnan province from 2003 to 2015. *Journal of Cleaner Production*.
9. Sharifi, F., Birt, A. G., Gu, C., Shelton, J., Farzaneh, R., Zietsman, J., ... y Chester, M. (2021). Regional CO₂ impact assessment of road infrastructure improvements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
10. UN. United Nations. 17 Goal to Transform our World. 2015. Available online: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>. (accessed on 12 December 2020).
11. Yan, X., y Crookes, R.J. (2010) Energy demand and emissions from road transportation vehicles in China. *Progress in Energy and Combustion Science*.



Management of critical resources for Latin America: energy, water and food

REFLEXIONES SOBRE LA INCLUSIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN LA CADENA PORCINA CON ENFOQUE DE ACV

Oscar Pastorutti ^{1,*}; Leila Schein ¹; María Laura Pamparato ¹; Marcelo Ponti ¹

¹ Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Básicas. Av. Constitución y Ruta 5, Luján, Buenos Aires, Argentina. oscarpastorutti@gmail.com

RESUMEN

Los Contaminantes Emergentes (CE) incluyen varios tipos de sustancias químicas: contaminantes orgánicos persistentes productos farmacéuticos y de cuidado personal, nanomateriales, medicamentos como antimicrobianos, antibióticos, antifúngicos, promotores del crecimiento y hormonas; otras sustancias disruptoras endocrinas, incluidos los estrógenos o andrógenos sintéticos o naturales varios de estos, insumos en la producción porcina.

En este trabajo se consolidó un registro de insumos veterinarios utilizados para la producción porcina. Este listado de sustancias y su dosificación por animal en las distintas etapas del ciclo productivo fue analizado de tal forma de poder ser incluidos en un perfil ambiental de la producción porcina. El análisis preliminar arrojó que todavía existen vacíos de información para el abordaje de CE en los ACV. Se exploran algunas estrategias para considerarlos, más allá de las mínimas y difícilmente cuantificables cantidades involucradas. Por último, se reflexiona sobre la importancia de incorporar los CE dentro de los estudios de ACV como información ambiental valiosa para la toma de decisiones.

Palabras clave: Contaminantes Emergentes, cadena porcina, ecotoxicidad

ABSTRACT

Emerging Pollutants (EP) include several types of chemicals: persistent organic pollutants pharmaceutical and personal care products, nanomaterials, medicines such as antimicrobials, antibiotics, antifungals, growth promoters and hormones; other endocrine disruptive substances, including synthetic or natural estrogens or androgens several of these, inputs in swine production.

This work consolidated a register of veterinary inputs used for swine production. This list of substances and their dosage per animal at different stages of the production cycle was analyzed in such a way that they could be included in an environmental profile of swine production. Preliminary analysis showed that there are still information gaps for including the EP into LCA studies. Several strategies are explored to consider them, beyond the minimal and difficult quantifiable amounts involved. Finally, it reflects on the importance of incorporating the EC into the ACV studies as valuable environmental information for decision-making.

Keywords: Emerging Pollutants, swine chain, ecotoxicity

RESUMO

Os poluentes emergentes (PE) incluem vários tipos de produtos químicos: poluentes orgânicos persistentes produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, nanomateriais, medicamentos como antimicrobianos, antibióticos, antifúngicos, promotores de crescimento e hormonas; outras substâncias disruptivas endócrinas, incluindo estrogénios sintéticos ou naturais ou andrógenos, várias delas, entradas na produção suína.

Este trabalho consolidou um registo de entradas veterinárias utilizadas para a produção de suínos. Esta lista de substâncias e a sua dose por animal em diferentes fases do ciclo de produção foi analisada de modo a poderem ser incluídas num perfil ambiental da produção suína. As análises preliminares revelaram que ainda existem lacunas de informação para a abordagem no ACV. Algumas estratégias são exploradas para considerá-las, para além das quantidades mínimas e difíceis quantificáveis envolvidas. Por último, reflete a importância de incorporar a PE nos estudos ACV como informação ambiental valiosa para a tomada de decisões.

Palavras-chave: Poluentes Emergentes, cadeia suína, ecotoxicidade

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos de origen animal es una actividad fundamental en Latinoamérica (FAO, 2020). La necesidad de optimizar la producción y el progresivo avance de los establecimientos de cría intensivos implican contar con herramientas confiables de análisis y evaluación de impacto ambiental, por lo que el ACV es una op-

ción poderosa ante esta demanda. En este sentido, se estudió el proceso de producción porcina, en sus etapas de cría y procesamiento industrial, y mientras que se lograron avances significativos, se encontraron faltantes de información respecto a aspectos de interés ambiental, como la generación y tratamiento de efluentes y residuos y, en particular, las consecuencias ambientales del uso de distintos productos sanitarios y farmacológicos en el manejo de la cría intensiva. Muchas de las sustancias utilizadas tienen la particularidad de ser consideradas “Contaminantes Emergentes” (CE) o “Contaminantes de Preocupación Emergente” (CPE).

Los CE incluyen varios tipos de sustancias químicas: contaminantes orgánicos persistentes (COP) como los éteres de difenilo polibromados (PBDE); productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCP), nanomateriales, una amplia gama de medicamentos recetados medicamentos de venta libre bactericidas medicamentos veterinarios como antimicrobianos, antibióticos, antifúngicos, promotores del crecimiento y hormonas; otras sustancias disruptoras endocrinas (EDC), incluidos los estrógenos o andrógenos sintéticos o naturales varios de estos, insumos en la producción porcina.

En términos generales, los CE no son monitoreados, pese a su potencial para ingresar en el medio natural y causar efectos adversos conocidos o sospechados sobre la salud humana o ecosistémica. Su potencial contaminante radica principalmente en la falta de estudios integrales sobre sus efectos eco toxicológicos (directos e indirectos), tanto para las sustancias como para sus metabolitos (UNESCO, 2015). Los contaminantes emergentes constituyen una preocupación porque las instalaciones convencionales de depuración del agua y tratamiento de aguas residuales no pueden eliminar la mayoría de estos contaminantes, ni siquiera en países que cuentan con un elevado índice de recolección y tratamiento de aguas residuales (Vicente, 2008).

A nivel mundial esta situación es una problemática tal que por ejemplo para el caso de los antimicrobianos y en 2015, los países se comprometieron en la Asamblea Mundial de la Salud a aplicar el marco establecido en el Plan de acción mundial sobre la Resistencia Antimicrobiana (RAM), y a la elaboración y aplicación de planes de acción nacionales multisectoriales. El Plan fue posteriormente refrendado por los órganos rectores de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), consolidando un abordaje que luego se conocería como “una sola salud” (ONE HEALTH), desarrollada para pensar de forma integral la salud humana, animal y ambiental. Los microorganismos farmacoresistentes se pueden transmitir entre animales y humanos mediante el contacto directo, mediante alimentos contaminados o a través del consumo de agua no tratada contaminada por las escorrentías y filtraciones de los efluentes generados, de modo que para contenerlos de modo eficaz se precisa adoptar un enfoque coordinado en los ámbitos humano, animal y en forma más general ambiental.

Abordaje metodológico

A partir de la información obtenida de sucesivos relevamientos de inventario de ciclo de vida de la producción porcina bajo estudio, fue posible consolidar un listado de insumos veterinarios utilizados para la producción. Este listado de sustancias y su dosificación por animal en las distintas etapas del ciclo productivo, fue desarrollado por un grupo de 5 veterinarios que trabajan en el sector porcino y luego validado y ajustado por un docente de la asignatura “Producción animal II” de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la UNLu.

En particular se analizaron algunas sustancias de uso muy habitual en la producción porcina que pueden ser potencialmente contaminantes de ocupación emergente:

- Sustancias con características de regulación fisiológica: dexametasona (un glucocorticoide modelador de la respuesta inmune) y las hormonas relacionadas a la reproducción: oxitocina y altrenogest.
- Antibióticos, como la penicilina, la estreptomina y la oxitetraciclina. Utilizados abundantemente en la producción porcina con fines terapéuticos y/o profilácticos.
- Sustancias utilizadas con fines de desinfección de áreas de ocupación por los animales: cloruro de didecil dimetil amonio (DDAC), glutaraldehído, formaldehído y glioxal.

Se presentan sus usos habituales dentro del proceso de producción pecuaria y un breve resumen de sus propiedades toxicológicas (en base al Sistema Globalmente Armonizado (GHS)), para el hombre y el ambiente, en particular el medio acuático, generalmente utilizado como referente de la toxicidad ambiental. Los datos de toxicidad fueron extraídos de las diferentes propuestas de clasificación generadas por diversas fuentes en el GHS. (Tablas 1, 2 y 3)

Tabla 1. Usos y propiedades toxicológicas de los fármacos dexametasona, oxitocina y altrenogest .

| Contaminante | Uso | Toxicidad humana | Ecotoxicidad |
|---------------------|--|---|--|
| <i>Dexametasona</i> | Análogo de las hormonas esteroides, actúa como antialérgico. También tiene efectos como inmunosupresor. | Incluido dentro del grupo de sustancias que se presumen tóxicas para la reproducción humana, y que pueden dañar al feto. | Posee potencial bioacumulativo. Se encontraron evidencias de toxicidad acuática aguda (no concluyente) y crónica, en este caso con el nivel más alto de toxicidad. |
| <i>Oxitocina</i> | Hormona de la neurohipófisis con función de regulación de los patrones sexuales. | Se ha reportado toxicidad aguda en animales, existen diferencias en su clasificación. También se reportan alta incidencia en daños al sistema reproductivo. | No se conocen datos de toxicidad acuática. Se sospecha de su persistencia en el ambiente, ensayos predicen que no sería fácilmente biodegradable |
| <i>Altrenogest</i> | Hormona esteroide sintética, progestágeno activo. Medicamentos utilizados con fines zootécnicos (sincronización del celo en cerdas). | Se reporta toxicidad aguda y crónica en humanos por inhalación (categoría 3) y comprobados efectos tóxicos sobre la reproducción: daño fetal (categoría 1B) | Posee la clasificación del nivel más alto de toxicidad para la vida acuática (categoría 1), con efectos a muy largo plazo |

Tabla 2. Usos y propiedades toxicológicas de los antibióticos analizados.

| Contaminante | Uso | Toxicidad humana | Ecotoxicidad |
|------------------------|---|---|--|
| <i>Oxitetraciclina</i> | Antibiótico del grupo de las tetraciclinas de amplio espectro. | Existe evidencia que indica que puede generar toxicidad reproductiva, en particular generando daño fetal. | Está clasificada en el nivel más alto de toxicidad crónica para organismos acuáticos. |
| <i>Penicilina</i> | Antibiótico betalactámico de amplio espectro, se utiliza combinado con estreptomina. | Sustancia con alto poder alergénico. | No existe información suficiente para su estimación. Hay trabajos donde se observan efectos tóxicos moderados en especies acuáticas. |
| <i>Estreptomina</i> | Antibiótico aminoglicosídico utilizado en preparaciones veterinarias junto con la penicilina. | Estudios indican que posee toxicidad, se sospecha que son tóxicas en la reproducción humana. No hay homogeneidad en su clasificación. | Algunos estudios indican toxicidad de importancia para el medio acuático, tanto aguda como crónica, en algunos organismos. |

Tabla 3. Usos y propiedades toxicológicas de las sustancias con fines de desinfección analizados.

| Contaminante | Uso | Toxicidad humana | Ecotoxicidad |
|---|---|--|--|
| <i>Cloruro de didecil dimetil amonio (DDAC)</i> | Bactericida y fungicida de amplio espectro. | Agente irritante de la piel y los ojos muy severo. No hay datos de efectos en la exposición crónica. | Se indica como muy tóxico para el ambiente con efectos nocivos duraderos. |
| <i>Glutaraldehído</i> | Desinfectante y esterilizante de superficies y equipos. Utilizado en formulados biocidas. | Altamente corrosivo e irritante de la piel y los ojos. Está categorizado como posible alergénico. | Se describe con una muy alta toxicidad aguda y una crónica elevada en el medio acuático. |
| <i>Formaldehído</i> | Utilizado en las formulaciones antisépticas y desinfectantes. | Posee una toxicidad en agua de importancia. Carcinogénico y mutagénico | Sin evidencia de acciones tóxicas de relevancia a largo plazo para el medio acuático. |
| <i>Glioxal</i> | Utilizado como solubilizador en diferentes formulaciones. | Está categorizado como un agente mutagénico | Faltan datos para clasificar su toxicidad acuática. |

En el caso de la producción animal, el uso de estos productos farmacéuticos es un componente esencial del sistema, puesto que operan como preventivos para contrarrestar la elevada concentración de animales en superficies confinadas. Al tratarse de productos alimenticios el tipo y cantidades de productos sanitarios y farmacéuticos utilizadas están reguladas, lo que permite acotar el universo de sustancias que deben incorporarse a la evaluación. Sin embargo, como el foco de la regulación es la presencia residual en carne, son escasos los datos de concentración en efluentes y es allí donde a menudo pueden encontrarse cantidades significativas cuyo efecto, por persistencia, metabolización u otras reacciones no controladas, sea menos despreciable que las cantidades involucradas.

Además de la contribución a la acumulación en los sistemas naturales de estas sustancias, hay riesgos asociados a la degradación puntual en suelos de la flora microbiana. En el caso de los antibióticos, es conocida la generación de resistencia antimicrobiana (RAM) favorecida por el uso indiscriminado de los mismos, con consecuencias tanto en la salud animal como en la humana. Existe además la problemática de los notorios efectos negativos en la eficiencia de los biotratamientos y estrategias para remediar distintas corrientes residuales, para la gran mayoría de los contaminantes de ocupación emergente (Vicente, 2008) (Liu, et al, 2009) (Martín, et al. 2015).

Los impactos potenciales de los CE están, principalmente, en su contribución a los indicadores de toxicidad humana y ecotoxicidad. Existen numerosos modelos, los más completos son USEtox y USES LCA (que incluyen factores para algunas de las sustancias utilizadas, como formaldehído, diclorvos, cipermetrina, etc.) sin embargo, no cuentan aún con factores para la mayor parte de los CE que se encuentran. Ante la falta de datos específicos para los cálculos de impacto, se complementaron con la utilización de proxies a partir de la caracterización toxicológica de las sustancias, siguiendo lineamientos de distintas fuentes (Muñoz, et al, 2008) (Alfonsín, et al, 2013): estudios en sistemas comparables (efluentes domiciliarios), y considerando grupos de sustancias que por propiedades similares puedan ser utilizados como sustitutos.

Considerando que existen más de 100.000 sustancias químicas comercializadas actualmente, y una media de 2.000 nuevas se introducen cada año en el mercado, aún es muy poca la información toxicológica de calidad que se dispone para ellas. Los datos cuantitativos de sus toxicidades agudas y más aún, toxicidades crónicas a largo plazo, tanto para el hombre como para el medio natural suelen no estar estudiadas. Aun considerando, en aquellos casos, donde existe alguna información disponible, debemos considerar que aún queda una variedad de posibles riesgos no cuantificados para estas sustancias de ocupación emergente, incluyendo: posibles sinergias, generación de productos de degradación biótica o abiótica más tóxicos, más persistentes y mas bioacumulables

CONCLUSIONES

En este trabajo se discute la relevancia de la consideración de los CE en los estudios de ciclo de vida y, ante la falta de un abordaje consistente, se exploró la opción de representar con *proxies* sus consecuencias más significativas dentro del perfil ambiental. En particular se los analiza dentro del contexto de la producción porcina, incorporándose al perfil ambiental de cría de cerdo en un caso de estudio en Argentina. Esto permite el agregado de datos faltantes para la generación de un inventario más completo.

Entre las sustancias estudiadas, los antiparasitarios de uso externo son el tipo de CEs que más contribuyen a elevar la Toxicidad Humana y la Ecotoxicidad acuática, tanto por la, relativamente, alta cantidad involucrada, como por los elevados riesgos asociados a su uso. En cuanto a cantidades aplicadas, en segundo lugar se encuentran las distintas hormonas, aunque no se identificaron datos suficientes sobre su toxicidad y persistencia en el medio, como tampoco otros efectos secundarios que no encuadran en los estudios tradicionales de toxicidad. Por otro lado, mientras que muchas sustancias utilizadas como antibióticos o analgésicos presentan escasa toxicidad ambiental, pueden ser relevantes en matrices bióticas, como sistemas de compostaje, etc. cuyos efectos no son reflejados en las categorías de impacto seleccionadas.

A partir de esta primera aproximación, se propone la reflexión sobre cómo el ACV debe mejorar su capacidad para reflejar los impactos potenciales de este tipo de contaminantes, brindando información que permita mejorar el desempeño ambiental del sistema productivo, tanto para el productor, como para entes de control estatales y consumidores. Asimismo, profundizar en obtener resultados que incorporen la complejidad del sistema de producción animal, las perspectivas a futuro de la actividad y reflejar los efectos difusos que los "Contaminantes Emergentes" puedan tener no solo en el ambiente, sino en otros procesos productivos y aprovechamiento o tratamiento de residuos y efluentes. En este sentido se plantea la oportunidad de que el enfoque de ACV se consolide como una herramienta útil para la generación de información ambiental de calidad para mitigar esta brecha actual y mejorar la toma de decisiones estratégicas al respecto.

REFERENCIAS

1. Alfonsín, C., Hospido, A., Omil, F., Moreira, M.T., Feijoo G.: "PPCPs in wastewater e Update and calculation of characterization factors for their inclusion in LCA studies" *Journal of Cleaner Production*. 2013
2. Liu, F., Ying, G.G., Tao, R., Jian-Liang, Z., Yang, J.F., Zhao, L.F., "Effects of six selected antibiotics on plant growth and soil microbial and enzymatic activities". 2009
3. Martín, J., Santos, J.L., Aparicio, I., Alonso, E., "Pharmaceutically active compounds in sludge stabilization treatments: anaerobic and aerobic digestion, wastewater stabilization ponds and composting". 2015.
4. Muñoz I., Gómez, M., Molina-Díaz, A., Huijbregts, M., Fernández-Alba, A., García-Calvo, E. "Ranking potential impacts of priority and emerging pollutants in urban wastewater through life cycle impact assessment" *Chemosphere*. 2008
5. U.S.EPA "White paper aquatic life criteria for contaminants of emerging concern". 2008
6. UNESCO. *Iniciativa Internacional sobre la Calidad del Agua*. 2015
7. Vicente L.M. "Estudio del compostaje como técnica para la eliminación de contaminantes emergentes" *Universidad de Valencia*. 2008
8. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
9. <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals>
10. *Sistema Globalmente Armonizado*. Novena Edición Revisada. ONU
11. USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model. Version 2.0. 2015
12. USES-LCA 2.0 - a global nested multi-media fate, exposure, and effects model. 2009
13. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

FROM FARM TO CONSUMERS: WHICH IS THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF MILK PRODUCTION?

Cristina Campos, María Margallo*, Jara Laso, Rubén Aldaco

Departamento de Ingenierías Química y Biomolecular, Universidad de Cantabria. Avda. de Los Castros s/n, 39005 Santander, Spain. maria.margallo@unican.es (M.M.), cristina.campos@unican.es (C.C.), jara.laso@unican.es (J.L.), aldacor@unican.es

ABSTRACT

Milk production in Spain has been increasing in last years, reaching in 2019 more than 8.2 million metric tons of raw milk, including milk from cow (87.9%), goat (5.7%) and sheep (6.2%). Particularly, Spanish cow's milk accounts the 5% of the European production. Before human consumption milk, as well as all dairy products need to go through a series of processes to avoid diseases due to the presence of pathogens. These systems are high energy and steam demand processes, and thus produce a great environmental impact. In this sense, the objective of this work is to evaluate the environmental performance of the production of cow's milk from cradle to gate using the life cycle assessment (LCA) methodology. The functional unit of the system was 1 litre of packaged milk from a dairy industry located in the north of Spain. Raw material production, transportation of the raw milk from farms, discharge of the raw milk in the dairy industry, thermal treatment and packaging were included in the study. To perform this LCA, the software GaBi 6.0 and the method CML 2001 were used in order to determine the impacts. The results showed that global warming (GWP) and human toxicity (HTP) are the indicators with the highest impact. The analysis of the stages indicates that farm and the beverage packaging were the stages with the greatest contribution. In order to improve the environmental behaviour at the farm, of milk it is recommended to modify the diet of the cows and the use of renewable energy and recyclable materials for the packaging. Moreover, analysing other packaging options will provide a complete overview of the system, allowing to determine the best environmentally friendly alternative.

Keywords: Life cycle analysis (LCA), environmental impact, dairy products, milk production.

INTRODUCTION

Milk is a basic component of the diet of approximately 6 million of people because of its essential nutrients such as protein, lipids and carbohydrates. It is also rich in vitamin B, vitamins A and D and minerals like calcium (FAO, 2018). Due to this fact, global milk production has been increasing, reaching 859 million tonnes in 2020, which was 1.9% more than in 2018 (FAO, 2018). 683 million tonnes of the global production correspond to cow's milk, which is also the most consumed worldwide (83%). Other important dairy products include buffalo (15%), goat (2%) and sheep (1%) milk, which due to the high protein and solid content makes it particularly suitable for the production of cheese and yoghurt (FAO, 2018).

Europe represents 24% of the world milk production (170 million tonnes), with 96.5% coming from cows (FAO, 2019). The main producers are Germany, France, the United Kingdom, the Netherlands, Poland, Italy and Ireland, which together account for three quarters of total EU production. Spain is the eighth country in the European ranking, with a similar production to Ireland, representing 5% of the total Europe's production (EUROSTAT, 2019). In 2019, Spain produced 7,200,000 tonnes of cow's milk accounting 87.9% of the total milk produced by Spanish farmers. Dairy sector represents 2% of the gross domestic product of the country with a business turnover of 9,500 million euros per year. Raw milk is treated and processed in more than 600 dairy plants that comprise different interconnected units' processes to eliminate pathogens and to elaborate different dairy products (FENIIL, 2019). Milk is subjected to several thermal processes, as well as to homogenization, skimming and standardisation stages. Afterwards, milk requires pasteurization and ultra-high temperature (UHT) processes to obtain the final product that is filled in beverage cartons (or other types of packages such as glass bottles) and packaged in cardboard boxes for the secondary packaging. Finally, a cleaning called CIP (Cleaning in Place) is conducted in order to clean production equipment and pipelines. These systems are high energy and steam demand processes, and thus, produce a great environmental impact. Therefore, the objective of this work is to evaluate the environmental impacts of the production of cow's milk from cradle to gate using the life cycle assessment (LCA) methodology. This evaluation will allow to determine the hotspots of the system and to propose improvement measures.

METHODOLOGY

LCA addresses the environmental aspects and potential environmental impacts throughout a product's life cycle from raw material acquisition through production, use, end-of-life treatment, recycling and final disposal. This tool allows compiling a life cycle inventory of relevant inputs and outputs, assessing the potential environmental impacts associated with those inputs and outputs and interpreting the results of the inventory and impact phases in relation to the objectives of the study (ISO, 2006). The LCA methodology includes four steps: goal and scope definition, life cycle inventory, life cycle impact assessment and interpretation. Furthermore, all these phases are interrelated.

Goal and scope

The goal of this study is to assess the environmental performance of the total production and processing of cow's milk production in a Spanish dairy company. Based on the goal and the function of the system, the functional unit was 1 litre of packaged milk from a dairy industry. Within the scope, the system boundaries describe the processes and stages of the system that are going to be considered in the study. The cut off criteria must be made clearly and compatible with the objectives of the study. European milk LCAs have tended to use a "cradle to-gate" approach (de Boer, 2003) including off-farm, feed production, fertilizer, energy and transport processes. Figure 1 describes the system boundaries of this cradle to gate study. Specifically, the dairy industry under study received in 2017 about 7 million litres (7,024,086 litres/year) of raw milk to produce whole, semi-skimmed, skimmed, whole, semi-skimmed, semi-skimmed and lactose-free milk. Raw material production and transportation, discharge of the raw milk in the dairy industry, thermal treatment and packaging were included in the study. The impact of the transport of some raw materials (HNO_3 , NaOH , H_2O_2) were considered negligible. The production of cream was not considered within the system boundaries because it only represents 2.5% of the total milk production per year.

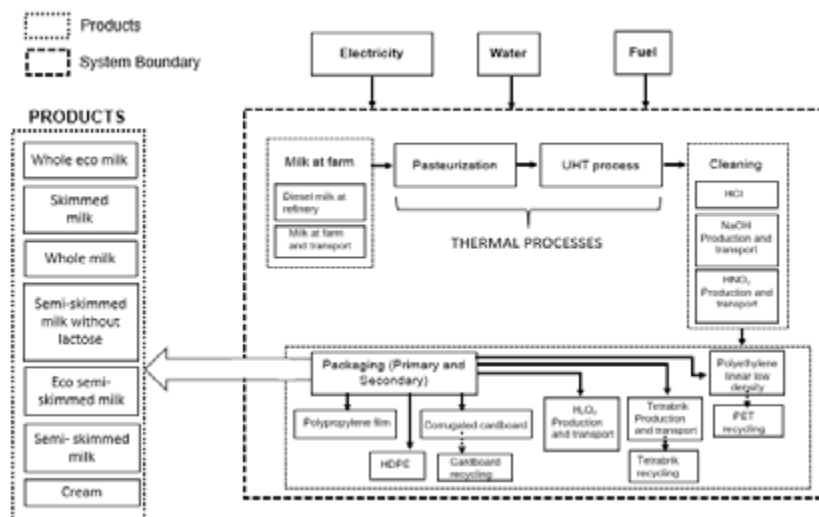


Figure 1. System boundaries of the process of milk production.

Milk production includes several by-products: skimmed milk, semi-skimmed milk, whole, whole eco, semi-skimmed eco, lactose-free semi-skimmed, calcium skimmed milk and cream. So, it is necessary to apply a mass allocation based on the annual production. In a sensitivity analysis the use of an economic allocation was also evaluated. Even sometimes economic values are not available or the price may be internal within the company. To this end, prices of the different products have been identified.

Life cycle inventory

In this part of the LCA it is important to collect all the input and output data and to include all calculations of the referenced to the functional unit, in this case, one litre of packaged milk (ISO, 2006). Foreground data were obtained by means of a questionnaire made to the dairy plant under study. Data are representative for the annual production of the plant in 2017. On the other hand, background processes came from the database of Gabi

software 6.0 (Sphera, 2019) and Ecoinvent (Ecoinvent, 2019). In addition, bibliographic data were also required for some processes like PET and cardboard recycling. In this sense, the production and recycling of beverage cartons were based on data from the company Tetrapack ® (Tetrapack, 2019).

Life cycle impact assessment

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) was conducted with the method CML 2001 developed by the University of Leiden. In particular, the categories Global Warming Potential (GWP), Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Human Toxicity Potential (HTP) and Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FAETP) were evaluated.

RESULTS AND DISCUSSION

Environmental impacts of milk production

Figure 2 shows the impacts of milk production from farm to gate. The highest impacts were obtained for GWP (2.41 kg CO₂ eq./l packaged milk) and HTP (2.28 kg DCB eq./l packaged milk), whereas FAETP, AP and EP reached values of $6.11 \cdot 10^{-2}$ kg DCB eq., $2.46 \cdot 10^{-2}$ kg SO₂ eq. and $9.76 \cdot 10^{-3}$ kg Phosp. eq. per litre of packaged milk, respectively. GWP is mainly produced by the emissions of greenhouse gases (GEI) from the secretions of cows and HTP is linked because to the release of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and metals such as aluminium. The use of herbicides and fertilizers on lands to feed cows is the principal contributor to the FAETP (due to nitrogen oxides emission) and EP (nitrogen and phosphate emissions), whereas the emissions of ammonia and nitrogen oxides from the secretions of cows contribute to AP.

By stages, the farm displayed the greatest impact in most of the categories, with contributions of 68%, 82%, 56% and 38% in AP, EP, FAETP and GWP, respectively. The impact of this stage is linked to the emissions of methane, ammonia and nitrogen oxides from cow secretions together with the emissions of nitrogen and phosphate compounds from the use of fertilisers. On the other hand, the farm represents only 1.5% of HTP, being the packaging the greatest contributor (99.53%). Similarly, the packaging has a great influence, close to 55%, on GWP category. For FAETP, AP and EP the percentages of packaging impact are lower, with contributions of 42%, 30% and 22%, respectively. Finally, the rest of stages have a low contribution, only the consumption of electricity and the production of chemicals in thermal processes has influence on GWP.

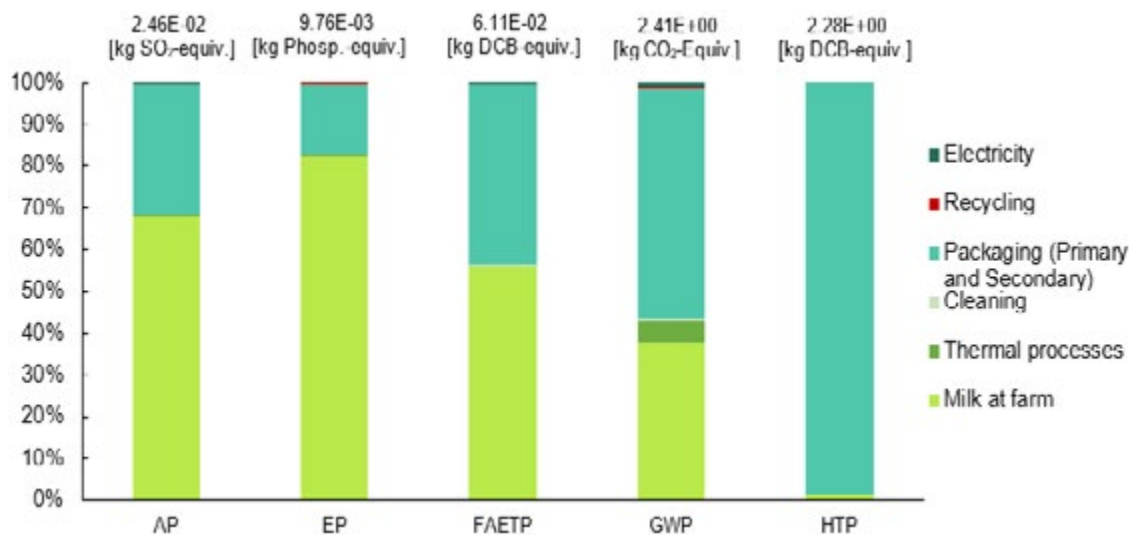


Figure 2. Environmental impacts from farm to gate per litre of packaging milk.

In addition to this, due to the strong influence of the milk at farm's stage, Figure 3 shows the impacts of milk production excluding this stage so as to evaluate the rest of stages. In this case, the packaging has the greatest impact in all the categories, with contributions from 88.7 to 99.8%. The production of primary packaging, mainly cardboard, and in lesser extent the secondary packaging are the most important processes. On the other hand, the cap assembly and palletiser represent a very low impact. After the packaging, thermal processes have the significant impact in the GWP category, with a contribution of 8%. In the others categories, these processes have a negligible impact (lower than 1%). Specifically, the UHT process is the most relevant thermal process, due

to the great consumption of chemicals and energy. Finally, the recycling of Polyethylene High Density Granulate (HDPE) produce an avoided burden, but it is insignificant compared with impacts.

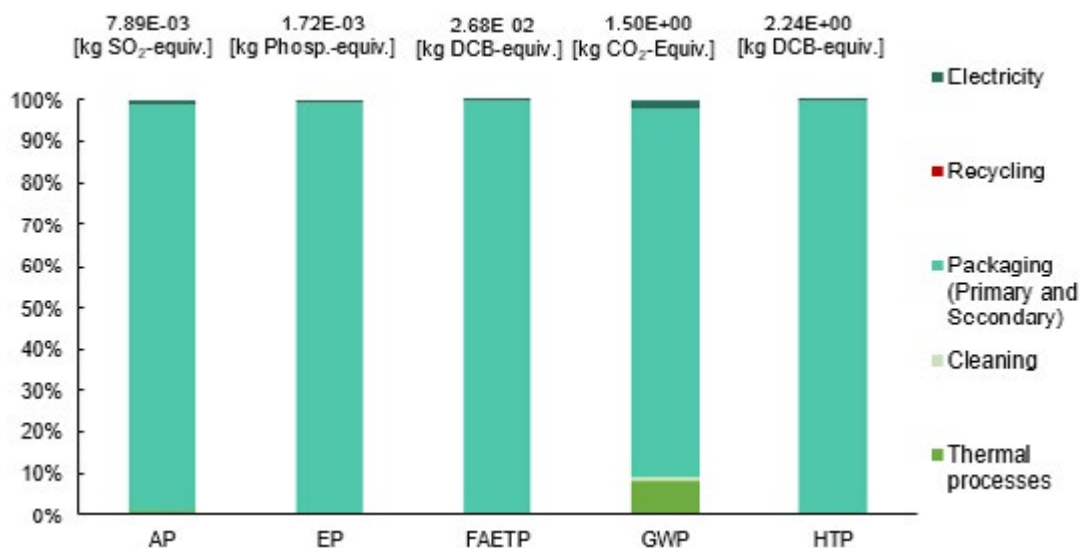


Figure 3. Environmental impacts excluding the stage of milk at farm.

CONCLUSION

Milk is an essential product in people's diets and its consumption is increasingly currently. Nevertheless, the production of cow's milk has high energy requirement and, thus, involves a high impact. For this reason, actions are needed in order to improve the process. This study applied the LCA methodology to determine the hotspots and to propose improvement measures of milk production in a Spanish dairy plant. The results show that GWP and human toxicity HTP are the indicators with a higher impact. The analysis of the stages depicts that farm and primary packaging had a great influence in all the impact categories.

In GWP, farming impacts represent 38% of the impact while the manufacture of carton represents 55%. The main contributors to the impacts on dairy farming were the CO₂ emissions, associated with energy consumption, the emission of ammonia and methane from cows in secretion and nitrogen oxides. In the case of primary packaging, the impact is due to the production of the aluminium used in the beverage carton. The environmental performance of milk production can be improved by measures such as encouraging the use of fuels and energy from renewable sources by reducing CO₂ emissions. In addition, to improve the environmental behavior at the farm, it is recommended to modify the diet of the cows (modifying the type of feed and forage they are fed), to silage grass with 14% protein to reduce soya in the concentrate and to increase the use of slurry to improve carbon capture in the soil, reducing gas emissions into the atmosphere; as well as using equipment with lower requirements and improving the cows' diet. For the packaging, the use of more sustainable packaging and recyclable materials could reduce the environmental impact.

In future studies, it would be important to carry out an analysis of the milk farm stage in detail. Another interest point, could be studying the production process of other dairy products to check which stages have the greatest impact and to compare it with the process of liquid cow's milk.

REFERENCES

1. De Boer, I.J.M., 2003. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livest. Prod. Sci*, 80 (1-2),69–77. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00322-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00322-6).
2. Ecoinvent, 2019. The world's most consistent and transparent life cycle inventory database. Available on: <https://www.ecoinvent.org/>. Last access: 27.02.2021.
3. Eurostat, 2019. Milk and milk product statistics. Available in: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/630345/EPRS_BRI\(2018\)630345_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/630345/EPRS_BRI(2018)630345_EN.pdf). Last access: 07.03.2021.

4. FAO, 2018. Gateway to Dairy Production and Products: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/>. Last access: 06.03.2021.
5. FAO, 2019. Cow mil production and population in the world. Available at: https://www.clal.it/en/?section=produzioni_popolazione_world. Last access: 02.03.2021.
6. FENIL: National Dairy Institute Federation, 2019. Dairy sector production in Spain. Available at: <http://fenil.org/sector-industrial-lacteo/>. Access: 10.03.2021.
7. Sphera, 2019. Life cycle inventory database. Available at: <http://www.gabi-software.com/spain/databases/>. Last access: 10.03.2021.
8. INLAC, 2018. El sector lacteo en España. Produccion y transformación. Available on: <https://inlac.es/productos-lacteos/>. Last access: 17.02.2021.
9. ISO, 2006. 14040. Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
10. Linn, S. C., and Michael Pinegar, J., (1988). The effect of issuing preferred stock on common and preferred stockholder wealth. *Journal of Financial Economics*, 22(1), 155–184. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(88\)90026-8](https://doi.org/10.1016/0304-405X(88)90026-8).
11. Salcedo, D.G., 2011. Environmental Research Centre of Cantabria. Reduction and use of slurry at source on dairy farms in Cantabria. Available at <http://www.ieslagranja.com/investigacion/purines.pdf>. Last access: 11.03.2021.
12. Tetrapack, 2019. Openings and closures for Tetra Pak carton packages. Available on: <https://www.tetrapak.com/es/packaging/openings>. Access: 20.02.2021.

ANÁLISIS DEL ICV* ECOINVENT PARA LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN DE PERAS EN ARGENTINA

* Inventario de Ciclo de Vida o Life Cycle Inventory

Romagnoli, Sergio ^{1,2}, Thomas Esteban ^{1,2}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Río Negro. Argentina. ² Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, Argentina. romagnoli.sergio@inta.gob.ar, thomas.esteban@inta.gob.ar

RESUMEN

Los valles irrigados de Río Negro y Neuquén, aportan más del 80% del volumen de fruta fresca exportado por el país (Villarreal et al., 2011).

Utilizando la base de datos ecoinvent 3.6, se procedió a identificar los datasets (inventarios de ciclo de vida) del proceso de producción agrícola de peras. Se compararon las huellas de carbono del producto para los diferentes países competidores y se analizó en detalle la correspondiente para Argentina.

La producción de una tonelada de pera argentina ocasiona un potencial secuestro de 63,99 Kg CO₂ eq., con importantes contribuciones del cambio de uso de suelo (54,7%) y del sistema de irrigación (9,98%). El valor estimado para la producción de peras en Argentina duplica al del "resto del mundo", pero representa solamente un 25% del valor de Bélgica, y es 13 veces menor que Sudáfrica.

La transformación de una estepa arbustiva xerófila a cultivos frutales perennes, representa un importante secuestro de carbono en la biomasa vegetal y los suelos (Mendía et. al, 2015), contrario a los resultados que presenta el inventario de ciclo de vida de ecoinvent para la producción de peras en Argentina.

Palabras Clave: Huella Carbono, Argentina, pera.

ABSTRACT

The irrigated valleys of Río Negro and Neuquén contribute more than 80% of the volume of fresh fruit exported by the country (Villarreal et al., 2011).

Using the ecoinvent 3.6 database, the datasets (life cycle inventories) of the pear agricultural production process were identified. The carbon footprints of the product were compared for the different competing countries and the corresponding one for Argentina was analyzed in detail.

The production of one ton of Argentine pear causes a potential sequestration of 63.99 Kg CO₂ eq., With important contributions from the change in land use (54.7%) and the irrigation system (9.98%). The estimated value for pear production in Argentina is double that of the "rest of the world", but it represents only 25% of the value of Belgium, and is 13 times less than South Africa.

The transformation of a xerophilic shrub steppe to perennial fruit crops represents an important carbon sequestration in plant biomass and soils (Mendía et. Al, 2015), contrary to the results presented by the ecoinvent life cycle inventory for the pear production in Argentina.

Keywords: carbon footprint, pear, Argentina.

RESUMO

Os vales irrigados de Río Negro e Neuquén contribuem com mais de 80% do volume de frutas frescas exportadas pelo país (Villarreal et al., 2011).

Usando o banco de dados ecoinvent 3.6, os conjuntos de dados (inventários de ciclo de vida) do processo de produção agrícola de pêra foram identificados. As pegadas de carbono do produto foram comparadas para os diferentes países concorrentes e a correspondente para a Argentina foi analisada detalhadamente.

A produção de uma tonelada de pera argentina causa um sequestro potencial de 63,99 Kg CO₂ eq., Com contribuições importantes da mudança no uso do solo (54,7%) e do sistema de irrigação (9,98%). O valor estimado para a produção de peras na Argentina é o dobro do "resto do mundo", mas representa apenas 25% do valor da Bélgica, e é 13 vezes menor que a África do Sul.

A transformação de uma estepe arbustiva xerófila em fruteiras perenes representa um importante sequestro de carbono na biomassa vegetal e nos solos (Mendía et al., 2015), ao contrário dos resultados apresentados pelo inventário de ciclo de vida ecoinvent para a produção de peras na Argentina.

Palavras-chave: pegada de carbono, pera, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Los valles irrigados de Río Negro y Neuquén, aportan más del 80% del volumen de fruta fresca exportado por el país (Villarreal et al., 2011). La producción de peras en la Argentina, mantiene una participación del 7% respecto del total a nivel mundial, liderando la exportación del hemisferio sur.

Por este motivo, conocer la huella de carbono de la producción de peras es estratégico, tanto para el comercio exterior, como para el mercado doméstico.

La base de datos ecoinvent, actualmente es la base de datos de Inventarios de ciclo de Vida (ICV) líder en el mundo, proporcionando datos de procesos bien documentados para miles de productos (Ecoinvent, 2020).

Utilizando la base de datos ecoinvent 3.6, se procedió a identificar los datasets (*inventarios de ciclo de vida*) del proceso de producción agrícola de peras. En base a esos inventarios, se compararon las huellas de carbono del producto para los diferentes países competidores y se analizó en detalle la correspondiente para Argentina.

METODOLOGIA

El alcance definido para el análisis es “*de la cuna a la puerta*”, es decir desde la extracción de materiales e insumos hasta la tranquera de “la chacra”, es decir, el establecimiento productivo donde se cultiva y cosecha la fruta. La unidad funcional (UF) utilizada es una tonelada de peras en la tranquera del establecimiento agropecuario.

Para el caso argentino, se analizó el dataset “*Pear production allocation cut off 2019*”, Ecoinvent 3.6, Versión System Model : 3.6 Allocation , cut off . A los fines comparativos se utilizaron los Modelos para Sudáfrica (ZA), Bélgica (BE) y Resto del mundo, (RoW) Allocation , cut off , de ecoinvent 3.6. Para realizar los análisis y comparaciones se utilizó SIMAPRO©9.1.1. (Prè-consultans, 2019), y como método de evaluación de impacto se utilizó IPCC 2013 GWP100a con inclusión del CO₂ secuestrado por la biomasa.

En primer lugar, se realizó un análisis de la huella de carbono de los modelos para cada uno de los países seleccionados, expresados en GPW100a¹ (KgCO₂eq). Posteriormente se procedió a discriminar los resultados globales, en las 4 (cuatro) categorías integrantes del mismo, denominados en este método “categorías de cambio climático”: Fósil, Biogénico, Secuestro de Carbono (carbono uptake), Cambio de uso de suelos.

Dada la significatividad que representó el valor del proceso unitario “Cambio de uso de suelo a cultivo perenne” (Land use change, perennial crop | market for land use change, perennial crop | Cut-off, U) en la huella de carbono de la producción de peras, se procedió a realizar una comparación de este ítem para 4 (cuatro) países seleccionados, a los fines de comprender mejor las causas de los resultados obtenidos. Para esta tarea se continuó utilizando como referencia la mencionada base de datos de ecoinvent 3.6 y el método de evaluación de impacto ya mencionado.

Finalmente, en función del hallazgo de datos que no concuerdan con la realidad productiva de la región de los valles de Río Negro y Neuquén, se presentan fuentes de información técnica que permiten justificar una necesaria corrección de los ICV de ecoinvent para la producción de peras argentinas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dadas las características propias de un cultivo perenne, y en concordancia con el método de evaluación utilizado, IPCC 2013 GWP100a con inclusión del CO₂ secuestrado por biomasa, en todos casos las huellas de carbono presentan valores numéricos negativos (Tabla 1), es decir, representan secuestros o fijación neta de carbono. Por esta razón, conceptualmente resulta más adecuada la denominación “balance de carbono” que “huella de carbono”, de modo de resaltar el impacto beneficioso o mitigante de estos cultivos respecto de la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera. No obstante, durante el presente trabajo se utilizará el término huella de carbono con valores numéricos negativos para representar esta situación y evitar confusiones.

1 Global Potencial Warming en 100 años.(Potencial de calentamiento Global) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con un gas de referencia, por lo general dióxido de carbono.

La producción de una tonelada de pera argentina ocasiona un potencial secuestro de 63,99 Kg CO₂ eq. Este valor estimado para la producción de peras en argentina duplica al del “resto del mundo”, pero representa solamente un 25% del valor de Bélgica, y es 13 veces menor que Sudáfrica.

Tabla 1. GWP100a para 1 tonelada de pera (kgCO₂ eq).

| Pera (1 t.) | Unidad | Resto del mundo | Argentina | Sudáfrica | Bélgica |
|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|---------|
| Huella de Carbono | kg CO ₂ eq | -30,91 | -63,99 | -856,76 | -284,85 |

Si profundizamos el análisis en las categorías de impacto que ofrece este método, se observa en la *tabla 2* que el caso argentino presenta un mayor uso de combustible fósil respecto de Sudáfrica; y bajas emisiones biogénicas. Representa solo el 33% del secuestro de CO₂ de Sudáfrica y contiene una muy significativa carga por cambio de uso de suelos.

Tabla 2. Categorías de Cambio Climático para 1 tonelada de pera

| Categorías de Cambio Climático (kg CO ₂ eq) | Resto del Mundo | Argentina | Sudáfrica | Bélgica |
|--|-----------------|----------------|-----------|---------|
| Fósil | 263,45 | 91,13 | 83,22 | -9,40 |
| biogénico | 56,83 | 21,29 | 19,79 | 41,66 |
| Secuestro de CO ₂ (Biomass uptake) | -353,84 | -325,22 | -959,86 | -317,16 |
| Cambio uso suelos | 2,64 | 148,82 | 0,09 | 0,05 |
| Total | -30,91 | -63,99 | -856,76 | -284,85 |

Realizando un análisis de contribución de los principales procesos para el cómputo de la huella de carbono de la pera argentina, puede comprobarse en *Tabla 3*, la gran importancia relativa del cambio de uso de suelo (54,7%) y del sistema de irrigación (9,98%).

Tabla 3. Análisis de contribución de principales procesos Producción Pera Argentina (%)

| Concepto | % |
|--|------------|
| Land use change, perennial crop {AR} market for land use change, perennial crop Cut-off, U | 57,4 |
| Irrigation {RoW} market for Cut-off, U | 9,98 |
| Trellis system, wooden poles, soft wood, tar impregnated {GLO} market for trellis system, wooden poles, soft wood, tar impregnated Cut-off, U | 8,59 |
| Nitrogen fertiliser, as N {GLO} market for Cut-off, U | 5,10 |
| Waste wood, untreated {RoW} market for waste wood, untreated Cut-off, U | 2,06 |
| Mulching {GLO} market for Cut-off, U | 1,61 |
| Fertilising, by broadcaster {GLO} market for Cut-off, U | 1,51 |
| Mowing, by rotary mower {GLO} market for Cut-off, U | 1,38 |
| Planting tree {GLO} market for planting tree Cut-off, U | 1,10 |
| Fruit tree seedling, for planting {GLO} market for fruit tree seedling, for planting Cut-off, U | 1,02 |
| Resto de conceptos (<1%) | 10,25 |
| Total | 100 |

Dada la significativa importancia del impacto atribuido al proceso de “cambio de uso de suelos a cultivo perenne”, se procedió a realizar una comparación de este proceso entre 4 (cuatro) países de interés. Se utilizaron los datasets: Land use change, perennial crop | land use change, perennial crop | Cut-off, U (del proyecto Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit), para (1) una hectárea en cada uno de los países.

Puede observarse en la tabla 4, que convertir una hectárea de terreno desde su condición natural hacia un cultivo perenne, resulta para el caso de Argentina y Brasil, en una importante emisión de 11.214 y 21.338 kg-CO₂eq respectivamente, mientras que en los casos de Bélgica y Sudáfrica esta actividad representa una fijación o secuestro de 10.132 y 7.822 kgCO₂eq respectivamente.

Tabla 4. Cambio de uso de suelo de vegetación natural hacia cultivo perenne en países de interés, para 1 hectárea.

| Categoría de impacto | Unidad | Argentina | Brasil | Bélgica | Sudáfrica |
|----------------------|-----------------------|-----------|--------|---------|-----------|
| IPCC GWP 100a | kg CO ₂ eq | 11.214 | 21.338 | -10.132 | -7.822 |

Es importante destacar que el 84.2% de los cultivos de producción de peras en Argentina, se localizan en la Patagonia Norte (MHFP, 2016), mas precisamente en los valles irrigados del rio Negro y sus tributarios (ríos Neuquén y Limay).

Analizando con mayor profundidad el dataset para el caso argentino, “Land use change, perennial crop {AR}| land use change, perennial crop | Cut-off, U (del proyectoecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit)”, se puede identificar que la base del cálculo del inventario se fundamenta en un “*desmonte de bosque secundario*”, el cual no resulta representativo del ecosistema natural predominante en el norte de la Patagonia Argentina.

Considerando las condiciones ambientales, los valles se encuentran localizados en la meseta patagónica dentro de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera, 1976). Los suelos que actualmente son cultivados para la producción frutícola, son muy pobres de materia orgánica, originados por procesos de erosión fluvial, eólica y glaciár. El clima de la región es templado-frío y árido con vientos intensos, y debido a éstas condiciones climáticas reinantes, existe escasa cobertura vegetal herbácea y arbustiva.

Esta situación se evidencia en la imagen, correspondiente al Path 230 y al Row 87, captada por el sensor OLI a bordo de la misión LandSat-8 con combinación infrarrojo color (Figura 1), se observa, en contraste con la vegetación natural de la estepa patagónica, una importante franja en rojo intenso sobre el cauce del río, que indica la presencia de gran densidad de vegetación vigorosa. Esta vegetación corresponde principalmente a cultivos de frutales y hortalizas que se desarrollan gracias a la construcción de un amplio sistema de riego por canales que irriga cientos de chacras en la zona. (CONAE,2020).



Figura 1. Imagen LandSat8. Dic2016. Sensor OLI. Combinación infrarrojo color. NDVI. Fuente: CONAE.

La transformación desde hace mas de 100 años de una estepa arbustiva xerófila a cultivos frutales perennes, representa un importante secuestro de carbono en la biomasa vegetal y los suelos (Mendía et. al, 2015), contrario a los resultados que presenta el inventario de ciclo de vida deecoinvent para la producción de peras en Argentina.

Finalmente, otra controversia del modelo, resulta en la consideración del riego presurizado (goteo, aspersión), como sistema de riego representativo en la región, lo cual tampoco refleja la situación del Alto Valle. El Censo de Agricultura Bajo Riego de la Provincia de Río Negro, ha determinado que más del 80% de la superficie cultivada es irrigada mediante sistemas de riego por manto, sin utilización de sistemas mecanizados de riego. (CAR,2005).

CONCLUSIONES

Como se desprende del desarrollo de este trabajo, el valor de huella de carbono que surge a partir de los ICV actuales de ecoinvent, es calculado erróneamente en defecto, para el caso argentino.

Resulta necesario ajustar el inventario de ciclo de vida de la producción de peras argentinas, de modo de evaluar con mayor precisión el perfil ambiental de la misma respecto de su potencial impacto en el cambio climático.

Primeramente, deberá ajustarse el valor correspondiente al proceso de conversión de tierras (cambio de uso de suelos), para que refleje adecuadamente las condiciones ambientales de la principal región productora de peras del país y seguidamente se deberán considerar los sistemas de riego representativos de esta región, que no utilizan energía eléctrica para su función.

Es oportuno destacar la reciente finalización de la validez temporal del dataset mencionado, lo cual constituye un momento oportuno para la consideración de las mejoras mencionadas en este trabajo. De este modo resultará mejor representado el perfil ambiental de la producción argentina de peras, evitando así un potencial perjuicio para las exportaciones futuras.

REFERENCIAS

1. Cabrera, A. L., (1976) . Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II Fs. 1. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina. Pp. 1-85.
2. Comisión Nacional de Actividades Espaciales - CONAE (2020) Alto Valle del Río Negro Landsat 8- oli 27/12/2016. (Disponible: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/educacion-y-formacion-masiva/alto-valle-del-rio-negro-rio-negro-landsat-8-oli-27-de-diciembre-de-2016>)
3. ECOINVENT (2020). Ecoinvent Association. Suiza (Disponible: <https://www.ecoinvent.org/home.html>)
4. Mendía et al. (2015). Secuestro de carbono orgánico en chacras regadas en el Valle de Río Negro, Argentina. II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental,
5. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la República Argentina MHFP (2016). Informe de cadena de valor frutícola Pera y Manzana). Año 1. N°23.
6. Secretaría de Estado de Fruticultura. Ministerio de Economía de Río Negro, (2005). CAR 2005: Censo de Agricultura bajo Riego
7. PRÉ-CONSULTANTS. (2019). Simapro software. Países Bajos. (Disponible: <https://www.pre-sustainability.com/simapro>).
8. Villarreal, P., Leskovar M., Malaspina M., Zubeldía H., Avella B., Boltshauer V., (2011). Balance Regional 2010 complejo manzana y peras del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias.

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE MICROALGAS

Paula Daniela Rodríguez ^{1,2,*}, Alejandro Pablo Arena ^{1,2}, Bárbara Civit ^{3,2}, Roxana Piastrellini ¹

¹Grupo CLIOPE, Facultad Regional Mendoza-Universidad Tecnológica Nacional. Rodríguez 273, Mendoza, Argentina. pdanielarodriguez@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Av. Ruiz Leal s/n, Mendoza, Argentina.

³Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable (CEDS), Facultad Regional Mendoza-Universidad Tecnológica Nacional, Rodríguez 273, Mendoza, Argentina.

aparena@gmail.com, barbara.civit@gmail.com, roxana.ppp@gmail.com

RESUMEN

La biomasa de microalgas es utilizada para diversas aplicaciones, como la producción de alimentos para peces. Sin embargo, no existen estudios de ciclo de vida que evalúen los impactos ambientales derivados de la producción de alimentos para animales basados en microalgas. El objetivo de este trabajo fue analizar los impactos sobre el cambio climático y sobre la disponibilidad de agua originados por la producción de harina de microalgas destinada a la producción de alimento para peces en Mendoza (Argentina). Para ello, se utilizó la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (normas ISO 14040:2006 y 14044:2006). Las emisiones de gases de efecto invernadero oscilaron entre 32,5 y 75,7 kg CO₂ eq/UF, y la huella de agua de escasez varió entre 27.700 y 77.600 m³ H₂O eq/UF, según la productividad de biomasa. Estos resultados denotan elevados impactos en la producción de proteína para alimentación animal, asociados principalmente a la generación y uso de electricidad durante el cultivo de las microalgas. En conclusión, es preciso reducir los impactos para tornar competitiva a la harina de microalgas en la industria de los alimentos para animales, desde un enfoque ambiental. Se resalta la necesidad de disminuir los requerimientos de energía en el proceso productivo.

Palabras clave: huella de carbono, huella de agua de escasez, Argentina.

ABSTRACT

Microalgae biomass is used for various applications, such as the production of fish feed. However, there are no life cycle studies that evaluate the environmental impacts derived from the production of animal feed based on microalgae. This work aimed to analyze the impacts on climate change and water availability caused by the production of microalgae meal intended for fish feed production in Mendoza (Argentina). For that purpose, Life Cycle Assessment methodology was used (standards ISO 14040:2006 and 14044:2006). Greenhouse gases emissions varied between 32.5 and 75.7 kg CO₂ eq/FU, and water scarcity footprint varied between 27,700 and 77,600 m³ H₂O eq/FU, depending on biomass productivity. These results denote high impacts on the production of protein for animal feed, mainly associated with the generation and use of electricity during the cultivation of microalgae. In conclusion, it is necessary to reduce the impacts to make microalgae meal competitive in the animal feed industry, from an environmental perspective. The need to decrease the energy requirements in the production process is highlighted.

Keywords: carbon footprint, water scarcity footprint, Argentina.

RESUMO

A biomassa de microalgas é usada para várias aplicações, como a produção de ração para peixes. No entanto, não existem estudos de ciclo de vida que avaliem os impactos ambientais derivados da produção de ração animal a partir de microalgas. O objetivo do trabalho foi analisar os impactos na mudança climática e na disponibilidade de água causados pela produção de farinha de microalgas destinada à produção de ração para peixes em Mendoza (Argentina). Para o efeito, foi utilizada a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (normas ISO 14040:2006 e 14044:2006). As emissões de gases de efeito estufa oscilaram entre 32,5 e 75,7 kg CO₂ eq/UF, e a pegada hídrica de escassez variou entre 27.700 e 77.600 m³ H₂O eq/UF, segundo a produtividade de biomassa. Esses resultados denotam altos impactos na produção de proteínas para ração animal, principalmente

asociados a la generación e uso de energía eléctrica durante el cultivo de las microalgas. En conclusión, es preciso reducir los impactos para tornar a la harina de microalgas competitiva en la industria de raciones para animales, desde una perspectiva ambiental. Destaca-se la necesidad de disminuir la demanda energética en el proceso productivo.

Palabras-clave: pegada de carbono, pegada hídrica de escasez, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El término “microalgas” designa a un grupo polifléctico de microorganismos capaces de realizar fotosíntesis oxigénica¹ (Acién et al., 2017). Las microalgas están constituidas principalmente por proteínas (6-52 %), lípidos (7-23 %) y carbohidratos (5-23 %), aunque su composición bioquímica es variable y depende principalmente de la especie y la forma de cultivo (Zhu, 2015). La plasticidad de su metabolismo permite la utilización de las microalgas con fines diversos (Barsanti y Gualtieri, 2018), tales como producción de alimentos para la nutrición humana y animal, producción de pigmentos, producción de biocombustibles y biofertilizantes, y aplicaciones ambientales.

Entre los diversos usos, se ha explorado la introducción de biomasa de microalgas en alimentos para peces. Históricamente, la harina de pescado ha sido utilizada como el ingrediente principal en la preparación de piensos para peces (Camacho-Rodríguez et al., 2018). Sin embargo, a partir del rápido crecimiento de la industria de la acuicultura, se ha dado una intensa búsqueda de sustitutos para la harina de pescado y el aceite de pescado (Samuel-Fitwi et al., 2013; Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2016). En este contexto, la inclusión de la biomasa de microalgas en los piensos para alimentación de peces ha sido evaluada con creciente interés (Yaakob et al., 2019), hallando en general resultados satisfactorios. Sin embargo, hasta el momento no se han hallado estudios que analicen los impactos ambientales derivados de la producción de alimentos para animales basados en microalgas, utilizando un enfoque de ciclo de vida. En consecuencia, el propósito de este trabajo fue analizar los impactos sobre el cambio climático y sobre la disponibilidad de agua originados por la producción de harina de microalgas destinada a la producción de alimento para peces en Mendoza (Argentina).

METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología del Análisis de Ciclo de Vida, siguiendo los lineamientos establecidos en las normas ISO 14040:2006 y 14044:2006, y las pautas de las normas ISO/DIS14067:2012 e ISO/DIS 14046:2014. La unidad funcional (UF) seleccionada fue “producir 1 kg de proteína contenida en la harina de microalgas para ser usada como alimento animal”, contemplando un contenido proteico de 43,2 % (Vizcaíno et al., 2014). Los límites del sistema comprendieron el cultivo de las microalgas, la cosecha y el secado de la biomasa (procesos de primer plano). Los datos para el modelado de estos procesos fueron tomados de Acién et al. (2012), suponiendo la instalación de la planta de producción en la ciudad de Mendoza (Argentina)². Se consideraron 3 valores de productividad de biomasa: mínimo (0,24 kg.m⁻³.día⁻¹), medio (0,42 kg.m⁻³.día⁻¹) y máximo (0,68 kg.m⁻³.día⁻¹). Asimismo, se incluyó la producción de insumos materiales y de energía eléctrica (procesos de fondo), utilizando la base de datos Ecoinvent 3.5.

Breve descripción del sistema-producto

El núcleo de la planta está constituido por la unidad de cultivo, conformada por un conjunto de 10 fotobiorreactores (FBR) tubulares verticales, de tipo serpentina. El cultivo (esto es, las microalgas junto con el medio nutritivo) es recirculado dentro de los FBR mediante una bomba centrífuga. Además, se burbujea aire dentro de los FBR por medio de un aireador. Por último, se inyecta CO₂ a demanda con el doble propósito de proporcionar CO₂ para la fotosíntesis y controlar el pH. La tasa de consumo de CO₂ es de 2,31 kg CO₂.kg⁻¹ biomasa seca. La unidad de cosecha comprende una centrífuga para la separación sólido-líquido y la unidad de secado se compone de un equipo de liofilización. Adicionalmente, para producir harina de microalgas, la biomasa seca se pasa por un molinillo manual. Las unidades auxiliares están integradas por la unidad de preparación de medio de cultivo, la unidad de desinfección y la unidad de control.

1 Con excepción de algunas microalgas que carecen de cloroplastos. Por ejemplo, aproximadamente la mitad de los dinoflagelados son organismos heterótrofos (Andersen, 2013).

2 En la publicación de Acién et al. (2012) se describe detalladamente la producción de biomasa de microalgas en una planta real de cultivo, localizada en la Estación Experimental “Las Palmerillas” (Almería, España). Aquí es preciso destacar que las condiciones de irradiación solar de un sitio son determinantes para el cultivo de microalgas y, consecuentemente, la consideración de los datos de producción del sistema descrito por Acién et al. (2012) sólo podría adecuarse en sitios con similares características. Por tanto, se supuso la instalación del sistema de producción de microalgas en la ciudad de Mendoza (Argentina), puesto que sus condiciones de irradiación solar son similares a las de la ciudad de Almería (España) (The World Bank Group, 2016).

La especie cultivada es *Scenedesmus almeriensis*. El sistema se opera en modo continuo, con una tasa de dilución o cosecha de 0,34 día⁻¹. El medio de cultivo está compuesto por agua y fertilizantes agrícolas. Luego de la cosecha, el agua separada de la biomasa se recircula para ser reutilizada en el FBR (Acién, com. pers., 10 de mayo de 2018). Sin embargo, existe una pérdida en el proceso de liofilización, que debe ser añadida diariamente para completar el volumen de cultivo.

Métodos de evaluación de impactos utilizados

Los impactos sobre el cambio climático se calcularon con el método IPCC 2013 GWP 100a, contenido en el software SimaPro ®. Si bien las microalgas realizan fotosíntesis, en este caso el CO₂ utilizado es sintético, es decir, no proviene directamente de la atmósfera. Por tanto, no es posible considerar el consumo de CO₂ como una remoción.

Los impactos sobre la disponibilidad de agua (huella de agua de escasez) se determinaron por medio del método AWARE (del inglés, *Available Water Remaining*) (Boulay et al., 2018), por medio de la Ec. (1).

$$HAE = AC_i * FC_i \quad (1)$$

donde, *HAE* es la huella de agua de escasez [m³ H₂O eq], *AC_i* es el agua consumida en la región *i* (resultado del inventario) [m³ H₂O consumida en la región *i*], y *FC_i* es el factor de caracterización para la región *i* [m³ H₂O mundial eq.m⁻³ H₂O consumida en la región *i*].

Dado que los impactos por consumo de agua deben considerar las condiciones locales (ISO, 2014), en este trabajo se estableció que las entradas y salidas directas de agua ocurren específicamente en Mendoza, donde se localiza la planta de microalgas, mientras que las entradas y salidas indirectas de agua suceden en Argentina. Para incluir este supuesto, se utilizaron factores de caracterización (FC) para el agua consumida anualmente en Argentina (30,14) y en Mendoza (69,50), correspondientes al uso “inespecífico”³.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impactos sobre el cambio climático

Los resultados variaron de acuerdo a la productividad del sistema, oscilando entre 32,5 y 75,7 kg CO₂ eq/UF, para la productividad máxima y mínima, respectivamente. Esto implica que el impacto por unidad funcional aumentó 64,0 % cuando la productividad del sistema fue mínima, y se redujo 29,6 % cuando la productividad fue máxima, respecto a la productividad media.

El cultivo de las microalgas reportó la mayor contribución a los impactos en esta categoría, representando más del 80 % del impacto total. La mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero se asoció a la producción y uso de electricidad, especialmente por la utilización de las bombas centrífugas y del aireador. En última instancia, estas emisiones se relacionan con la composición de la matriz eléctrica argentina, que posee un alto aporte de combustibles fósiles. Análogamente, Itoiz et al. (2012) reportaron que los mayores impactos de la producción de biomasa de microalgas se produjeron en la etapa de cultivo debido a las demandas eléctricas de las bombas y del sistema de inyección de aire. Por su parte, Pérez-López et al. (2017) también señalaron al cultivo como el proceso de mayor contribución al impacto total como consecuencia de sus requerimientos energéticos.

Por otra parte, la cuantificación de la función del sistema en masa de proteína producida fue útil para comparar el desempeño ambiental de la harina de microalgas con el de productos sustituibles. La consideración de esta unidad funcional mostró que la producción de harina de microalgas generó un impacto sobre el cambio climático al menos 33 veces superior al de la harina de pescado⁴. En función del contenido proteico considerado, si se analizaran los impactos por cada kg de harina de microalgas producida en lugar de cada kg de proteína producida, estos se verían disminuidos aproximadamente en un 57 % y, por tanto, al comparar el impacto equiparando la masa de los dos alimentos, la diferencia se vería atenuada.

3 Estos FC se encuentran disponibles en <http://www.wulca-waterlca.org/aware.html#tab-3>.

4 Los impactos de la producción de 1 kg de proteína contenida en la harina de pescado fueron calculados a partir de los inventarios publicados por Fréon et al. (2017) y disponibles en la base de datos Ecoinvent 3.5.

Impactos sobre la disponibilidad de agua

La huella de agua de escasez varió según la productividad del sistema entre 27.700 y 77.600 m³ H₂O eq/UF, para la productividad máxima y mínima, respectivamente. Esto significa que el impacto por unidad funcional aumentó 78,6 % cuando la productividad del sistema fue mínima, y se redujo 36,3 % cuando la productividad fue máxima, respecto a la productividad media. El amplio rango de variación de los valores manifiesta que la productividad en biomasa adquiere un papel preponderante en la medida del impacto.

El mayor impacto sobre la disponibilidad de agua se asoció al proceso de cultivo, que representó aproximadamente el 78 % del impacto total, como consecuencia de la producción y uso de electricidad requerida por las bombas centrífugas y el aireador. En este caso, los factores de caracterización utilizados influyeron notablemente en el resultado, puesto que las regiones analizadas poseen menor disponibilidad de agua remanente que el promedio mundial. Por consiguiente, los consumos de agua para la producción de microalgas amenazan la disponibilidad de este recurso para otros fines en las regiones analizadas.

No obstante, se destaca que el consumo directo de agua mostró una contribución despreciable frente a la participación de la producción y uso de electricidad (consumo indirecto). Este aspecto es destacable, ya que el agua es uno de los principales recursos requeridos para la producción de microalgas (Junior et al., 2018), lo que puede conducir a inferir erróneamente que la demanda de agua para el cultivo implica un impacto considerable sobre la disponibilidad de este recurso. Sin embargo, los resultados de este trabajo demuestran que los mayores impactos sobre la disponibilidad de agua se asocian a la generación de la electricidad requerida para todo el proceso. De forma similar, Martins et al. (2018) hallaron que el consumo directo de agua para el crecimiento de las microalgas es muy bajo y lo atribuyeron al reúso casi total de agua luego de la cosecha. Dicha estrategia también es utilizada en el sistema analizado en este trabajo, por lo que se reconoce la importancia del reúso de agua para disminuir las adiciones diarias en la preparación del medio de cultivo.

CONCLUSIÓN

La inclusión de la harina de microalgas en los alimentos para peces ha sido analizada con creciente interés dada la necesidad de hallar sustitutos para la harina y el aceite de pescado. Sin embargo, a partir de los resultados de este estudio particular, se resalta que es preciso reducir los impactos sobre el cambio climático y sobre la disponibilidad de agua para tornar competitiva a la harina de microalgas en la industria de los alimentos para animales, desde un enfoque ambiental.

A tal fin, se evidencia un amplio margen para la disminución del impacto en las dos categorías evaluadas utilizando estrategias de reducción de la electricidad requerida por unidad funcional, principalmente en el proceso de cultivo, aunque se reconoce la dificultad de alcanzar reducciones sustanciales sin afectar los parámetros operativos del proceso. Por otro lado, el uso de energía renovable para abastecer el proceso permitiría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es necesario estudiar la factibilidad técnica y económica de tal estrategia.

Por último, se destaca que la productividad de biomasa es una variable importante a considerar para mejorar el desempeño ambiental del producto, puesto que los impactos por unidad producida disminuyen conforme aumenta la productividad.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Facultad Regional Mendoza-Universidad Tecnológica Nacional (FRM/UTN) por el soporte económico e institucional para realizar este estudio.

REFERENCIAS

1. Ación, F.G., Fernández, J.M., Magán, J.J. y Molina, E. (2012). Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. *Biotechnol. Adv.*, 30(6), 1344–1353.
2. Ación, F.G., Molina, E., Reis, A., Torzillo, G., Zittelli, G. C., Sepúlveda, C. y Masojídek, J. (2017). Photobioreactors for the production of microalgae. En *Microalgae-based biofuels and bioproducts* (pp. 1-44). Woodhead Publishing.
3. Andersen, R.A. (2013). The microalgal cell. En *Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology*. 2a ed. (pp. 1-20), John Wiley & Sons.
4. Barsanti, L. y Gualtieri, P. (2018). Is exploitation of microalgae economically and energetically sustainable? *Algal research*, 31, 107-115.

5. Boulay, A.M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M.J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S. y Pfister, S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368-378.
6. Camacho-Rodríguez, J., Macías-Sánchez, M.D., Cerón-García, M.C., Alarcón, F.J. y Molina-Grima, E. (2018). Microalgae as a potential ingredient for partial fish meal replacement in aquafeeds: nutrient stability under different storage conditions. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1049-1059.
7. Fréon, P., Durand, H., Avadí, A., Huaranca, S. y Moreyra, R.O. (2017). Life cycle assessment of three Peruvian fishmeal plants: Toward a cleaner production. *Journal of cleaner production*, 145, 50-63.
8. Gamboa-Delgado, J. y Márquez-Reyes, J.M. (2016). Potential of microbial-derived nutrients for aquaculture development. *Rev. Aquacult.*, 10 (1), 224-246.
9. International Organization for Standardization. International Organization for Standardization-ISO. (2006b). International Standard 14044. Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and guidelines.
10. International Organization for Standardization. International Organization for Standardization-ISO. (2012). Draft International Standard 14067. Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication.
11. International Organization for Standardization-ISO. (2006a). International Standard 14040. Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines.
12. International Organization for Standardization-ISO. (2014). Draft International Standard 14046. Environmental Management-Water Footprint-Principles, Requirements and Guidelines.
13. Itoiz, E.S., Fuentes-Grünwald, C., Gasol, C.M., Garcés, E., Alacid, E., Rossi, S. y Rieradevall, J. (2012). Energy balance and environmental impact analysis of marine microalgal biomass production for biodiesel generation in a photobioreactor pilot plant. *Biomass and bioenergy*, 39, 324-335.
14. Junior, E.N., Kumar, M., Pankratz, S., Oyedun, A.O. y Kumar, A. (2018). Development of life cycle water footprints for the production of fuels and chemicals from algae biomass. *Water research*, 140, 311-322.
15. Martins, A.A., Marques, F., Cameira, M., Santos, E., Badenes, S., Costa, L., Verdelho Vieira, V., Caetano, N. y Mata, T.M. (2018). Water footprint of microalgae cultivation in photobioreactor. *Energy Procedia*, 153, 426-431.
16. Pérez-López, P., de Vree, J.H., Feijoo, G., Bosma, R., Barbosa, M.J., Moreira, M.T., Wijffels, R.H., van Boxtel, A., Kleinegris, D.M. (2017). Comparative life cycle assessment of real pilot reactors for microalgae cultivation in different seasons. *Applied Energy*, 205, 1151-1164.
17. The World Bank Group. (2016). Global Solar Atlas. Disponible en: <https://globalsolaratlas.info/map>. Acceso: abril de 2020.
18. Vizcaíno, A.J., López, G., Sáez, M.I., Jiménez, J.A., Barros, A., Hidalgo, L., Camacho-Rodríguez, J., Martínez, T.F., Cerón-García, M.C. y Alarcón, F. J. (2014). Effects of the microalga *Scenedesmus almeriensis* as fishmeal alternative in diets for gilthead sea bream, *Sparus aurata*, juveniles. *Aquaculture*, 431, 34-43.
19. Yaakob, M.A., Mohamed, R.M.S.R., Al-Gheethi, A., Tiew, A., Kassim, A.H.M. (2019). Optimising of *scenedesmus* sp. biomass production in chicken slaughterhouse wastewater using response surface methodology and potential utilisation as fish feeds. *Environ. Sci. Pollut. Res*, 26 (12), 12089-12108.
20. Zhu, L. (2015). Biorefinery as a promising approach to promote microalgae industry: an innovative framework. *Renewable and sustainable energy reviews*, 41, 1376-1384.

EVALUATION OF DIFFERENT SCENARIOS OF THE BRAZILIAN ELECTRICITY MATRIX USING THE LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR THE GLOBAL WARMING POTENTIAL CATEGORY

Mateus Sartori Tonon ¹, Murillo Vetroni Barros ^{2*}, Rodrigo Salvador ³, Antonio Carlos de Francisco ⁴, Cassiano Moro Piekarski ⁵

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Parana, Brazil, mateus.tonon@hotmail.com

² Sustainable Production Systems Laboratory (LESP), Postgraduate Program in Industrial Engineering (PPGEP), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Parana, Brazil, murillo.vetroni@gmail.com

³ Sustainable Production Systems Laboratory (LESP), Postgraduate Program in Industrial Engineering (PPGEP), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Parana, Brazil, salvador.rodrigors@gmail.com

⁴ Sustainable Production Systems Laboratory (LESP), Postgraduate Program in Industrial Engineering (PPGEP), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Parana, Brazil, acfrancisco@utfpr.edu.br

⁵ Sustainable Production Systems Laboratory (LESP), Postgraduate Program in Industrial Engineering (PPGEP), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Parana, Brazil, piekarski@utfpr.edu.br

* Correspondence to: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 330 Doutor Washington Subtil Chueire St. - Jardim Carvalho - Postal Code 84017-220, Ponta Grossa, Parana, Brazil, Tel.: +55 42 3235 7055, murillo.vetroni@gmail.com

ABSTRACT

Among the 17 goals to transform the world, according to the Sustainable Development Goals, Goal 7 addresses clean, sustainable and accessible energy to all. In this sense, the present article intends to foment the development of clean and sustainable electricity in Brazil. Therefore, the aim of this study is to assess seven scenarios for seven sources of the Brazilian electricity matrix based on data from the Energy Research Company. To that purpose, the Life Cycle Assessment was used to assess the potential impacts of each source in Brazil. National secondary data was used to construct the Life Cycle Inventory corresponding to the period 2020-2026. The study was based on ISO 14040, ISO 14044 and the Ecoinvent (v 3.3) database. For the modeling of the electric power generation system in Brazil, the Umberto NXT Universal software (academic version) was used. The CML 2001 and the Climate Change were the Life Cycle Impact Assessment method and the impact category, respectively. Results show that there is a tendency for renewable energy in the scenarios evaluated, mainly wind and solar that have a great representativeness on the composition of the Brazilian electricity matrix for the period 2020-2026. The analysis can provide useful information for public policies and energy organizations in order to make sustainable decisions in the national energy sector.

Keywords: LCA; Electricity; Energy; Environmental Impact; Brazil

RESUMO

Entre as 17 metas para transformar o mundo, de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a Meta 7 trata de energia limpa, sustentável e acessível a todos. Nesse sentido, o presente artigo pretende fomentar o desenvolvimento da eletricidade limpa e sustentável no Brasil. Portanto, o objetivo do estudo é avaliar sete cenários para sete fontes da matriz elétrica brasileira com base em dados da Empresa de Pesquisa Energética. Para tanto, a Avaliação do Ciclo de Vida foi utilizada para avaliar os impactos potenciais de cada fonte no país. Dados secundários nacionais foram usados para construir o Inventário de Ciclo de Vida correspondente ao período 2020-2026. O estudo foi baseado na ISO 14040, ISO 14044 e o banco de dados Ecoinvent (v 3.3). Para a modelagem do sistema de geração de energia elétrica no Brasil, foi utilizado o software Umberto NXT Universal (versão acadêmica). O CML 2001 e Mudanças Climáticas foram o método de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida e categoria de impacto, respectivamente. Os resultados mostram que existe uma tendência para as energias renováveis nos cenários avaliados, principalmente eólica e solar, que possuem grande representatividade na composição da matriz elétrica brasileira para o período 2020-2026. A análise pode fornecer informações úteis para políticas públicas e organizações de energia a fim de tomar decisões sustentáveis no setor energético nacional.

Palavras-chave: ACV; Eletricidade; Energia; Impacto ambiental; Brasil

RESUMEN

Entre los 17 objetivos para transformar el mundo, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Objetivo 7 trata de la energía limpia, sostenible y accesible para todos. En este sentido, el presente artículo pretende promover el desarrollo de la electricidad limpia y sostenible en Brasil. Por lo tanto, el objetivo del estudio es evaluar siete escenarios para siete fuentes de la matriz eléctrica brasileña con base en datos de la Empresa de Investigación Energética. Con este fin, se utilizó el Análisis del Ciclo de Vida para evaluar los impactos potenciales de cada fuente en el país. Se utilizaron datos nacionales secundarios para elaborar el Inventario del ciclo de vida para el período 2020-2026. El estudio se basó en las normas ISO 14040, ISO 14044 y la base de datos Ecoinvent (v 3.3). Para modelar el sistema de generación de electricidad en Brasil, se utilizó el software Umberto NXT Universal (versión académica). CML 2001 y Climate Change fueron el método de evaluación del impacto del ciclo de vida y la categoría de impacto, respectivamente. Los resultados muestran que existe una tendencia hacia las energías renovables en los escenarios evaluados, principalmente eólica y solar, que tienen una gran representación en la composición de la matriz eléctrica brasileña para el período 2020-2026. El análisis puede brindar información útil para las políticas públicas y las organizaciones energéticas con el fin de tomar decisiones sostenibles en el sector energético nacional.

Palabras clave: ACV; Electricidad; Energía; Impacto ambiental; Brasil

INTRODUCTION

Electricity is an important resource for a country's modern economy. The ability to provide electricity is essential for the development of a nation. In the case of Brazil, electricity plays a major role in socioeconomic development. Therefore, public policies and energy organizations must take initiatives to expand renewable sources in Brazil.

The generation of electric energy in Brazil is evolving in terms of new technologies and expansion of installed capacity. In the country, the generation is mixed and comes from several renewable and fossil sources (Brazil, 2017a). The plan to expand the electric power generation capacity has been undergoing significant changes in Brazil. Compared with the last document published in 2017, it can be observed that renewable sources, such as wind and solar show significant growth in the generation of electricity in the country (Brazil, 2017a).

According to ANEEL (2018) the electricity generated in the country originates largely from sources such as hydroelectric plants, which comprises about 60.75% of the total installed generation capacity. Sources of fossil origin (hard coal, natural gas, oil) come next, which correspond to 15.9% of the current generation. These sources are from non-renewable origins, thus their raw materials are limited on the planet. On the other hand, renewable energy sources can generate low potential environmental impact.

In light of the aforementioned, this article aims to assess seven scenarios for seven sources of the Brazilian electricity matrix based on data from the Energy Research Company (*Empresa de Pesquisa Energética* - EPE) and Ministry of Mines and Energy (MME) (Brazil, 2006, 2017a, b).

Several studies on this theme are available in the literature, such as García-Gusano, Iribarren and Dufour (2018) in Spain, Lieberei and Gheewala (2017) in Thailand, Song et al. (2018) in Macau, Akber, Thaheem and Arshad (2017) in Pakistan, Navarro-Pineda, Handler and Sacramento-Rivero (2017) in Mexico. Some studies on this theme are being developed in the Brazilian territory. However the authors believe that this is the first report to evaluate seven different scenarios for the expansion of electric power generation using Climate Change (CC) as impact category.

The study is structured as follows. The first section of this study presented the initial considerations and the objective of the study. The second section shows a literature review on the subject. The methods of work are described in the third session. The fourth section presents the results and discussions of the paper. Finally, the fifth section concludes the study.

METHODS

This piece of research evaluated seven different scenarios that correspond to seven different sources of electricity generation. The data were extracted from Brazil (2017a). The seven scenarios are presented in Table 1 with the description of the percentage of the sources that compose the Brazilian electricity matrix. The scenarios comprise the expansion in electricity generation in the period 2020-2026.

It can be observed in Table 1 that each scenario has different characteristics and varied technological sources of electricity generation. The future prospects were built through the scenarios to signal their effects on the expansion of electricity generation and to promote discussions.

Table 1. Description of the seven scenarios.

| Scenario | Description | Sources with the greatest percentage of expansion 2020-2026 | | |
|----------|--|---|-----------------------------------|---|
| | | | | |
| 1 | Meeting average energy load | Wind NE (36.61%) | Centralized Photovoltaic (24.64%) | Biomass – Sugar Cane (9.86%) |
| 2 | Reference trajectory | Wind NE (23.06%) | Peak-hour Alternative SE (21.8%) | Centralized Photovoltaic (17.06%) |
| 3 | Scenario of alternate demand | Wind NE (28.70%) | Peak-hour Alternative SE (19.70%) | Centralized Photovoltaic da (12.73%) |
| 4 | Scenario of the reduction of the investment cost of centralized photovoltaic | Centralized Photovoltaic (24.34%) | Wind NE (18.59%) | Peak-hour Alternative SE (16.49%) |
| 5 | Scenario of total restriction to (Hydroelectric Energy Unit – HEU) | Peak-hour Alternative SE (31.17%) | Wind NE (21.90%) | Centralized Photovoltaic (17.52%) |
| 6 | Free scenario (no energy policy) | Wind NE (40.12%) | Peak-hour Alternative SE (17.16%) | Centralized Photovoltaic South (13.92%) |
| 7 | Scenario of directed expansion | Wind NE (26.81%) | Peak-hour Alternative SE (18.46%) | Centralized Photovoltaic (14.41%) |

Source: Adapted from Brazil (2017b)

Based on the seven scenarios, there is a tendency for renewable sources. The scenarios include a large percentage of sources such as wind and solar. From this, Table 2 shows the expansion of the installed capacity (Megawatt - MW) of the sources for each scenario in Brazil.

Table 2. Expansion of the installed capacity (MW) of each source to each scenario.

| Sources | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 | Scenario 5 | Scenario 6 | Scenario 7 |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | MW | | | | | | |
| Hydropower | 2633 | 4131 | 4271 | 4131 | 1500 | 3641 | 4131 |
| Biomass (sugar cane) | 2802 | 2802 | 2802 | 2802 | 2802 | 3490 | 2802 |
| Biomass (forest) | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Wind | 13000 | 11824 | 19726 | 10030 | 10936 | 20352 | 13950 |
| Solar | 7000 | 7000 | 7000 | 10508 | 7000 | 0 | 6000 |
| Natural gas | 2572 | 2666 | 3110 | 2698 | 2495 | 86 | 1543 |
| Hard coal | 0 | 0 | 0 | 0 | 1999 | 0 | 0 |
| Peak-hour Alternatives | 0 | 12198 | 17679 | 12601 | 12824 | 12615 | 12806 |
| Total (MW) | 28407 | 41021 | 54988 | 43170 | 39956 | 40584 | 41632 |
| Assessed Capacity (MW) | 28407 | 28823 | 37309 | 30569 | 27132 | 27969 | 28826 |

Source: Adapted from Brazil (2017b)

According to Table 2, hard coal was evaluated only in scenario 5. The source named “Peak-hour Alternative” is composed of open-cycle thermoelectric plant, reversible plants, battery or demand management (Brazil, 2017b).

By means of the seven scenarios evaluated, it was necessary to transform the installed electricity capacity (Megawatt hour - MW) to electricity generation (Gigawatt-hour - GWh). Faced with this, there was a need to

obtain a capacity factor from each source. Thus, this study measured the potential environmental impact of the electricity generation that each source provided in each scenario. Therefore, Table 3 shows the installed electricity capacity, the electricity generation and the conversion factor for the seven sources. The conversion factor was extracted from Aneel (2018), Brazil (2017a, b).

Table 3. Conversion factor for the seven sources.

| Electric Energy Source | Installed electricity capacity (MW) | Electricity generation (GWh) | Conversion factor |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Hydropower | 100,898 | 370,906 | 41.96% |
| Biomass (sugar cane) | 10,254 | 35,655 | 39.69% |
| Biomass (forest) | 2,640 | 13,730 | 59.38% |
| Wind | 12,843 | 42,373 | 37.66% |
| Solar | 960 | 832 | 9.89% |
| Natural gas | 13,123 | 65,591 | 57.06% |
| Hard coal | 3,174 | 16,257 | 58.47% |

Table 4 shows the data with the conversion factor applied. Therefore, electricity generation is shown for the seven scenarios (MWh). The capacity factor of each source was multiplied by each scenario resulting the data in Table 4, which was entered in the software to generate the results of the LCA. In the modeling of the seven scenarios the “Peak-hour Alternative” sources were disregarded since information was lacking (Brazil, 2017b).

Table 4. Electricity generation (MWh) to seven scenarios.

| Sources | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 | Scenario 5 | Scenario 6 | Scenario 7 |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | MWh | | | | | | |
| Hydropower | 1105 | 1734 | 1792 | 1734 | 629 | 1528 | 1734 |
| Biomass (sugar cane) | 1112 | 1112 | 1112 | 1112 | 1112 | 1385 | 1112 |
| Biomass (forest) | 238 | 238 | 238 | 238 | 238 | 238 | 238 |
| Wind | 4896 | 4453 | 7429 | 3778 | 4119 | 7665 | 5254 |
| Solar | 693 | 693 | 693 | 1040 | 693 | 0 | 594 |
| Natural gas | 1467 | 1521 | 1774 | 1539 | 1424 | 49 | 880 |
| Hard coal | 0 | 0 | 0 | 0 | 1169 | 0 | 0 |
| Total | 9511 | 9750 | 13038 | 9440 | 9383 | 10865 | 9811 |

From this, Table 5 shows the installed electricity capacity for scenario 6 (without energy policy) between 2020 and 2026. This scenario was shown in Table 5 because it is considered a “free scenario” and presents the wind source as a major contributor to electricity generation. In order to report the expansion per year (2020 to 2026), scenario 6 was chosen because it shows the best performance.

Table 5. Installed electricity capacity for scenario 6.

| Sources | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | MW | | | | | | |
| Hydropower | 0 | 0 | 300 | 644 | 393 | 300 | 2004 |
| Biomass (sugar cane) | 0 | 0 | 1393 | 975 | 358 | 400 | 364 |
| Biomass (forest) | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Wind | 0 | 0 | 0 | 6215 | 5923 | 3914 | 4300 |
| Solar | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Natural gas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 |
| Hard coal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peak-hour Alternative | 0 | 2007 | 1470 | 1823 | 3023 | 4292 | 0 |

Source: Adapted from Brazil (2017b).

Therefore, Table 4 composes the Life Cycle Inventory (LCI) of this study. Data from Table 4 were entered in the Umberto NXT Universal software (academic) version 7.1.13. Recommendations by the ISO standards (14040 and 14044) were followed. The impact category analyzed was the Climate Change (GWP 100-years) using the Life Cycle Impact Assessment (LCIA) method CML 2001. The functional unit used was 1 MWh of electricity generation. The limit of the system considered was cradle-to-gate (C2G). Transmission, transformation and final consumption of electricity were not considered in the study.

The seven processes (sources of electricity) used from the Ecoinvent database are described hereafter: Hydropower: "Electricity production, hydro, reservoir, tropical region [BR] 2016, Allocation, cut-off". Biomass (from sugar cane): "Sugar cane production with ethanol by-product [BR] 2016, Allocation, cut-off". Biomass (from forest): "Heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 [BR] 2016, Allocation, cut-off". Wind: "Electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore [BR] 2016, Allocation, cut-off". Solar: "Electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si [RoW] 2016, Allocation, cut-off". Natural gas: "Electricity production, natural gas, combined cycle power plant [BR] 2016, Allocation, cut-off". Hard coal: "Electricity production, hard coal [BR] 2016, Allocation, cut-off".

All the dataset is from Brazilian inventories, except solar, which used data from the rest of world (RoW). Figure 1 shows the Brazilian electricity matrix build in the Umberto software. The seven sources used were: hydropower, biomass (cane sugar), biomass (forest), wind, solar, natural gas and hard coal. The processes that make up Figure 1 represent the inputs and outputs of the electricity system based on the dataset. The final process represents the mix of the Brazilian electricity matrix.

Therefore, it was presented in this section the methods adopted for the development of this study. The criteria used to carry out these analyses, as well as the discussions that were obtained through the data collected are found in the results and discussions section of this study.

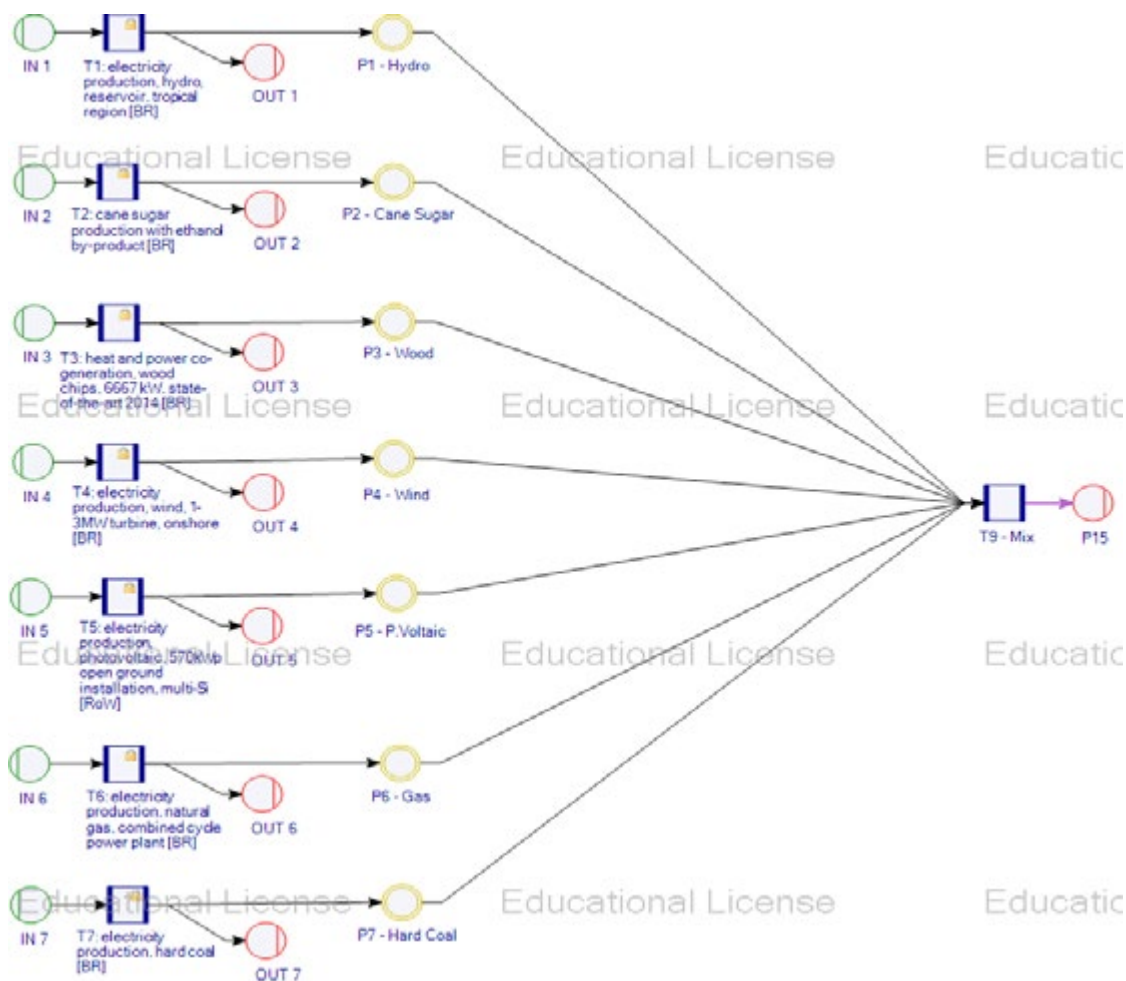


Figure 1. Brazilian electricity matrix build in the Umberto software.

RESULTS AND DISCUSSIONS

This piece of research evaluated seven different scenarios and seven different sources of electricity generation in Brazil. The result of this evaluation is presented in Figure 2 using the impact category of Climate Change (GWP in terms of emissions - kg CO₂equiv.).

Scenario 5 is the worst in terms of emissions. This is the only scenario that hard coal is used as a source for electricity generation. Hard coal is a fossil source and therefore has high potential environmental impact. The hard coal expansion represents 51.04% of the total impact.

In scenario 1, natural gas and biomass (sugar cane) correspond to 80.02% of the potential impact generated, being very similar to scenarios 2 and 4 with a high potential for environmental emissions. Scenario 7 consisted largely of renewable sources (wind and hydropower).

Therefore, this scenario has the second best performance. Scenario 7's performance is very similar to that of scenario 3 with large participation of solar and wind sources. Scenario 6 presents the best GWP result. Therefore, scenarios 6 and 7 may be a good choice for decision-makers, as they are largely composed of clean and renewable sources.

According to Figure 3, scenarios 1, 2, 3 and 4 are close in terms of emissions of potential impacts. Scenario 5 shows a large share of hard coal. Scenarios 6 and 7 present a large share of renewable sources such as biomass (sugar cane).

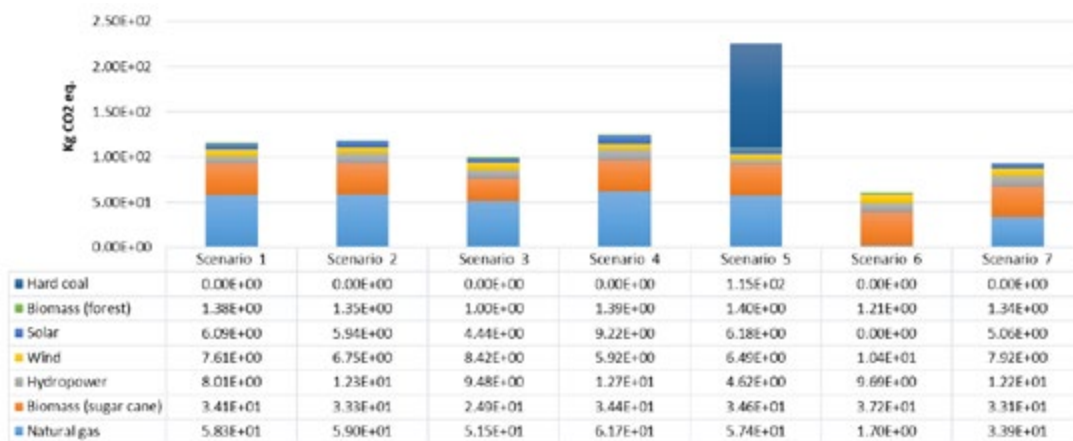


Figure 2. Emissions (kg CO₂equiv.) of the seven scenarios.

According to Brazil (2017b), electricity generation from wind increased by 54.9% in 2016 over the previous year and the installed capacity increased by 33.0%. Therefore, renewable sources may represent an important medium and long term steps for electricity generation in Brazil. Figure 3 shows the relative percentage of impacts in each scenario.

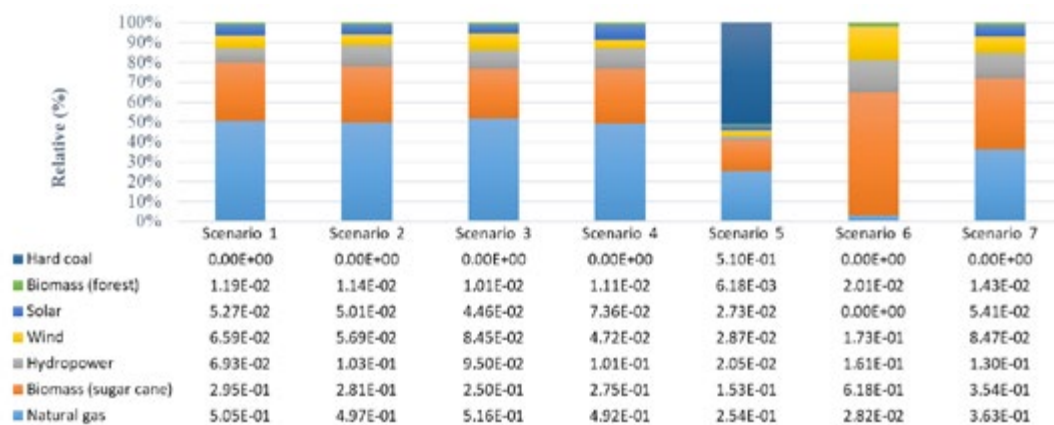


Figure 3. Relative percentage of impacts in each scenario.

As mentioned in the first section, much research has generated studies evaluating the potential impacts of electricity generation making use of the LCA tool. However, the comparison between them is not trivial. There are differences in calculations, sources, scenarios, impact categories, methods and other issues.

CONCLUSION

This study sought to assess seven scenarios for seven sources of the Brazilian electricity matrix. To that purpose, the CC (GWP) and CML 2001 impact category and LCIA method were used, respectively. From this piece of research, a few conclusions can be drawn.

There is a tendency for renewable energy in the scenarios evaluated, mainly wind and solar that have a great representativeness on the composition of the Brazilian electricity matrix for the period 2020-2026. Corroborating results found in the literature, existing studies also show the importance and the low potential impact of renewable sources. The production of electricity using renewable energy is a transcendent topic, being studied in all continents, in developed countries (many examples in Europe) and emerging and underdeveloped countries as Brazil.

This piece research is not free of limitations and presents gaps for the development of future studies. Other impact categories can be evaluated. Finally, this study can give directions to decision makers and manager in this sector. Only this way will we make the electricity generation more sustainable in Brazil. The analysis can provide useful information for public policies and energy organizations in order to make sustainable decisions in the national energy sector.

ACKNOWLEDGMENT

Authors Murillo Vetrone Barros and Rodrigo Salvador have received research grants from the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001*. Authors Antonio Carlos de Francisco and Cassiano Moro Piekarski have received research grants from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Sponsored by CNPq 310686/2017-2 and 312285/2019-1.

REFERENCES

1. Akber, M. Z.; Thaheem, M. J.; Arshad, H. Life cycle sustainability assessment of electricity generation in Pakistan: Policy regime for a sustainable energy mix. *Energy Policy*, 111, 111-126, 2017.
2. Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). Banco de Informações de Geração (BIG), 2018. Retrieved from: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm> Accessed in Sep. 10, 2020.
3. Brazil. 2017a. MEE (Ministério de Minas e Energia). (Org.). Balanço Energético Nacional (BEN). Retrieved from: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf. Accessed in Sep. 12, 2020.
4. Brazil. 2017b. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2026. Retrieved from: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>. Accessed in Sep. 10, 2020.
5. García-Gusano, D.; Garraín, D.; Dufour, J. Is coal extension a sensible option for energy planning? A combined energy systems modelling and life cycle assessment approach. *Energy Policy*. 114, 413-421, 2018.
6. Lieberei, J.; Gheewala, S. H. Resource depletion assessment of renewable electricity generation technologies—comparison of life cycle impact assessment methods with focus on mineral resources. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 2, 185-198, 2017.
7. Navarro-Pineda, F. S.; Handler, R.; Sacramento-Rivero, J. C. Potential effects of the Mexican energy reform on life cycle impacts of electricity generation in Mexico and the Yucatan region. *Journal of Cleaner Production*, 164, 1016-1025, 2017.
8. Song, Q.; Wang, Z.; Li, J.; Duan, H.; Yu, D.; Liu, G. Comparative life cycle GHG emissions from local electricity generation using heavy oil, natural gas, and MSW incineration in Macau. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, p.2450-2459 2018, 2018.

EVALUATING ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DIFFERENT PRODUCTION SCALE BEEKEEPERS

Leonardo Vásquez-Ibarra ¹, Alfredo Iriarte ^{2,*}, Ricardo Rebolledo-Leiva ³, Lidia Angulo-Meza ⁴, Marcela González-Araya ²

¹ University of Talca, Doctoral Program in Engineering Systems, Camino a Los Niches, km 1, Curicó, Chile. lvasquez09@alumnos.otalca.cl

² University of Talca, Department of Industrial Engineering, Camino a Los Niches, km 1, Curicó, Chile. airiarte@otalca.cl, mgonzalez@otalca.cl

³ University of Talca, Master Program in Operations Management, Camino a Los Niches, km 1, Curicó, Chile. rrebolledo10@alumnos.otalca.cl

⁴ Universidade Federal Fluminense, Production Engineering Department, Rua Passo da Patria 156, São Domingos, Niterói 24210-240, Brazil. lidiaangulomeza@id.uff.br

ABSTRACT

This study evaluates the environmental impacts of large-, medium-, and small-scale beekeepers. The main aim is to compare the environmental performance of the different scale beekeepers. The impact categories analyzed are climate change (CC), land use (LU) and freshwater ecotoxicity (FET). The functional unit is 1 kg of honey produced. Results show that small beekeepers present the highest environmental impact in all categories. Medium beekeepers exhibit better performance than the large beekeepers in the categories of CC and FET, but worse performance in the LU category. This different environmental performance could be associated to the management practices, since for example, small beekeepers use 165 % more feeding and 231% more medication than the medium and large beekeepers. Following these results, it is advisable to implement practical guidelines mainly for small-scale beekeepers in order to reduce their environmental impacts.

Keywords: beekeepers, honey, environmental impact.

RESUMEN

Este estudio evalúa los impactos ambientales de apicultores de pequeña, mediana y gran escala. El objetivo principal es comparar el comportamiento medioambiental de los apicultores de diferentes escalas de producción. Las categorías de impacto analizadas son cambio climático (CC), uso del suelo (LU) y ecotoxicidad del agua dulce (FET). La unidad funcional es 1 kg de miel producida. Los resultados muestran que los pequeños apicultores presentan el mayor impacto ambiental en todas las categorías. Los apicultores medianos exhiben un mejor desempeño que los grandes apicultores en las categorías CC y FET, pero peor desempeño en la categoría LU. Este diferente desempeño ambiental podría estar asociado a las prácticas de manejo. Por ejemplo, los pequeños apicultores utilizan 165% más de alimentación y 231% más de medicación que los apicultores medianos y grandes. Siguiendo estos resultados, es recomendable implementar pautas prácticas principalmente para los pequeños apicultores con el fin de reducir sus impactos ambientales.

Palabras clave: apicultores, miel, impacto ambiental.

RESUMO

Este estudo avalia os impactos ambientais de apicultores de pequeno, médio e grande porte. O objetivo principal é comparar o desempenho ambiental de apicultores em diferentes escalas de produção. As categorias de impacto analisadas são as mudanças climáticas (CC), o uso da terra (LU) e a ecotoxicidade de água doce (FET). A unidade funcional é 1 kg de mel produzido. Os resultados mostram que os pequenos apicultores apresentam os maiores impactos ambientais em todas as categorias. Os apicultores médios têm melhor desempenho do que os grandes apicultores nas categorias CC e FET, mas pior desempenho na categoria LU. As diferenças no desempenho ambiental podem estar associadas às práticas de gestão. Por exemplo, os pequenos apicultores usam 165% mais ração e 231% mais medicamentos do que os médios e grandes apicultores. Após esses resultados, é aconselhável implementar diretrizes práticas principalmente para pequenos apicultores com a finalidade de reduzir seus impactos ambientais.

Palavras-chave: apicultores, mel, impacto ambiental.

INTRODUCTION

Human have maintained honey bee colonies for 4500 years (Ceyhan et al., 2017). Beekeeping sector provides different products as honey, pollen, protein-containing drone broods, and at the same time, it plays an important role in agriculture through pollination services (Ceyhan et al., 2017; Moreira et al., 2019). Although their importance, this sector has been identified as a low-cost venture with a high potential impact in improving the national economy related with other sectors. However, environmental degradation is one of the key challenge that face this sector (Affognon et al., 2015).

One of the most recognized methodology to evaluate environmental impacts is Life Cycle Assessment (LCA). LCA is a widely used methodology to evaluate the environmental impacts through the whole life cycle of products or services (ISO, 2006). Particularly in the beekeeping sector, the LCA literature is scarce. According to our knowledge, nowadays there are four works that have employed LCA to evaluate environmental impacts: Sillman et al.(2021) assessed three environmental impacts categories including pollination services and protein-containing by-products. Arzoumanidis et al. (2019) covered a wide range of categories, even though their results are based on a theoretical allocation method. While, Mujica et al. (2016) focused on climate change category at national level, and Kendall et al. (2013) evaluated only climate change for small-, medium-, and large-beekeepers. None of these studies has compared environmental performance of beekeepers based on production scale using different environmental impacts. In this context, the main aim of this study is to compare environmental performance of large-, medium-, and small-scale Chilean beekeepers using three environmental midpoint categories.

METHODOLOGY

The honey production in Chile ranges from 8,000 to 12,000 tons per year. This study evaluates 5 large-scale, 5 medium-scale and 5 small-scale beekeepers, located in Maule region, central of Chile. The classification of scale operation is based on the amount of hives for Chilean beekeepers proposed by Lerdon and Navarro (2017) The data were collected by face to face interviews during the season 2017. The honey production system considered five productive phases: feeding, medication, transport, extraction, and consumption of disposable materials, namely a cradle-to-gate approach. Table 1 shows average values for each stage of the life cycle honey production. The honey produced by beekeepers depends on the operation scale, ranging from 280 kg to 9,000 kg. On average, production of honey for large beekeepers is 8,220 kg, while for medium beekeepers is 1,860 kg, and small beekeepers is 436 kg.

The function of the system analyzed is to produce raw honey from bees. Consequently, the functional unit selected is 1 kg of honey produced. The impact assessment method is the ILCD v.1.0.8 2016 midpoint. Three environmental impacts are assessed: climate change (CC), land use (LU) and freshwater ecotoxicity (FET), using the OpenLCA v.1.7.0 software. Background processes were obtained from the Ecoinvent 3.3 database. Furthermore, since the beekeeping process produce further products and services, as wax, propolis, pollination, etc., an economic allocation procedure is conducted in order to assign corresponding environmental burdens to the honey production.

Table 1. Average inputs per operation scale of beekeepers.

| Scale operation of beekeepers | Feeding (kg / kg honey) | Medication (kg / kg honey) | Transport (kg fuel / kg honey) | Extraction (kWh / kg honey) | Consumption of disposable materials (kg / kg honey) |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---|
| Small | 1.5E+00 | 1.9E-02 | 5.1E-02 | 4.2E-03 | 1.1E-02 |
| Medium | 6.0E-01 | 7.1E-03 | 1.6E-01 | 3.8E-03 | 6.0E-03 |
| Large | 5.0E-01 | 4.5E-03 | 1.8E-01 | 6.8E-03 | 1.9E-03 |

RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the environmental impact results of the beekeepers analyzed. Table 2 shows the average environmental impacts depending on the scale operation for the three midpoint categories analyzed. According to this table, the average result for CC is 0.52 kg CO_{2-eq}, for LU 6.95 kg soil organic carbon, and for FET 4,614 CTUh.m3.yr. Regarding the environmental impacts depending on the operation scale, small beekeepers present the highest results in all categories. While medium beekeepers exhibit lower impacts than the large beekeepers in the categories of CC and FET, but higher impacts in the LU category.

Table 2. Average environmental impacts per scale operation of beekeepers.

| Scale operation of beekeepers | Climate Change (kg CO _{2-eq}) | land use (kg soil organic carbon) | freshwater ecotoxicity (CTUh.m3.yr) |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Small | 0.79 | 10.61 | 7,323 |
| Medium | 0.36 | 5.43 | 2,887 |
| Large | 0.40 | 4.81 | 3,632 |

Regarding the main contributor to the environmental categories, it varies depending on the category and operation scale. In the CC category, the main contributor for small beekeepers is feeding followed by medication, whereas for medium and large beekeepers, is feeding followed by transport. In a similar way in the LU category, the main contributor for small beekeepers is feeding followed by medication, whereas for medium and large beekeepers, the main contributor is feeding followed by transport. In the FET category, feeding is the main contributor for all scale beekeepers.

The different environmental performance among the scale beekeepers could be associated to the management practices. Small beekeepers use 165% more feeding and 231% more medication than the medium and large beekeepers. However, medium and large beekeepers use 30% more transport than the small beekeepers.

Comparing the results obtained in this study with those founded in the literature, some differences could be highlighted. As mentioned in the Introduction section, Sillman et al.(2021), Arzoumanidis et al. (2019), Mujica et al. (2016), and Kendall et al. (2013) have evaluated environmental impacts associated to honey production. However, it is important to notice that, even when Sillman et al.(2021) and Arzoumanidis et al. (2019) evaluated CC, LU and FET, they employed different life cycle assessment methodologies, and the results for LU and FET are expressed in different units. Consequently, in this study we compare only the CC category with the previous literature. In the case of Sillman et al.(2021), the results obtained for CC (0.65 kgCO_{2-eq}) is higher than our results for the medium and large scale beekeepers, but lower than the small beekeepers, even though their study considered the packaging stage. In the studies of Arzoumanidis et al. (2019) and Mujica et al. (2016) the results for CC are higher than those founded in this study for all scale beekeepers. However, their result considers additional stages, such as packaging supers, storage, transport to the seaport, among others, which are not considered by our case study. Finally, Kendall et al. (2013) obtained 0.43 kgCO_{2-eq} (for small-scale), 1.03 kgCO_{2-eq} (for medium-scale) and 0.70 kgCO_{2-eq} (for large-scale). However, their results include the processing stage, which could explain the higher values in medium-, and large-beekeepers. In the case of small-beekeepers, those evaluated by Kendall et al. (2013) have lower CC results mainly due to their near-zero transportation needs and low energy use.

CONCLUSION

This study compares the environmental impacts of large-, medium-, and, small-scale beekeepers. Five Chilean beekeepers for each operation scale are evaluated, i.e. a total of 15 beekeepers. To evaluate the environmental impacts, the Life Cycle Assessment methodology following a cradle to gate approach is employed. The activities evaluated are feeding, medication, transport, extraction, and consumption of disposable materials. While the categories of climate change, land use and freshwater ecotoxicity are assessed through ILCD methodology using the OpenLCA software.

Results shows that small beekeepers exhibit highest environmental impacts for the three categories, compared with medium and large. There is not observed wide difference between medium and large beekeepers. Furthermore, in all categories the main contributor is feeding for all scale beekeepers. However, the second main contributor could be medication or transport, depending on the environmental category and scale beekeeper. These differences could be associated to the different amount of inputs employed by beekeepers. In fact, it is observed that the two main inputs for small beekeepers employ are feeding and medicaments, while for medium and large beekeepers are feeding and transport.

ACKNOWLEDGEMENTS

Leonardo Vásquez-Ibarra is funded by CONICYT PFCHA/DOCTORADO BECAS CHILE/2018-21180701. Ricardo Rebolledo-Leiva gives thanks to CONICYT-PFCHA/MagísterNacional/2019-22190179 for financial support. Lidia Angulo-Meza thanks the CNPq project 409590/2018-5 for financial support.

REFERENCES

1. Affognon, H.D., Kingori, W.S., Omondi, A.I., Diiro, M.G., Muriithi, B.W., Makau, S., Raina, S.K., 2015. Adoption of modern beekeeping and its impact on honey production in the former Mwingi District of Kenya: assessment using theory-based impact evaluation approach. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 35, 96–102. <https://doi.org/10.1017/S1742758415000156>
2. Arzoumanidis, I., Raggi, A., Petti, L., 2019. Life Cycle Assessment of Honey: Considering the Pollination Service. *Adm. Sci.* 9, 1–13. <https://doi.org/10.3390/admsci9010027>
3. Ceyhan, V., Canan, S., Yıldırım, Ç., Türkten, H., 2017. Economic Structure and Services Efficiency of Turkish Beekeepers' Association. *Eur. J. Sustain. Dev.* 6, 53–64. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n4p53>
4. ISO, 2006. ISO 14040 - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.
5. Kendall, A., Yuan, J., Brodt, S.B., 2013. Carbon footprint and air emissions inventories for US honey production: case studies. *Int. J. Life Cycle Assess.* 18, 392–400. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0487-7>
6. Lerdon, J., Navarro, E., 2017. Análisis económico de una unidad productiva de miel, localizada en el sector Antilhue Economic analysis of a honey production unit, located in the Antilhue. *Agro Sur* 45, 1–9. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n1-01>
7. Moreira, M.T., Cortés, A., Lijó, L., Noya, I., Piñeiro, O., Omil, B., Barral, M.T., 2019. Environmental implications of honey production in the natural parks of northwestern Spain, in: 2nd International Conference Adapt to Climate. Heraklion.
8. Mujica, M., Blanco, G., Santalla, E., 2016. Carbon footprint of honey produced in Argentina. *J. Clean. Prod.* 116, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.086>
9. Sillman, J., Uusitalo, V., Tapanen, T., Salonen, A., Soukka, R., Kahiluoto, H., 2021. Contribution of honeybees towards the net environmental benefits of food. *Sci. Total Environ.* 756, 143880. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143880>



LCA-based Ecodesign

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PARA EL ECODISEÑO DE UNA COLECCIÓN DE PRENDAS DE BEBÉ DE ALGODÓN EN CHILE

Felipe Pequeño¹, Pia Wiche*¹

¹ EcoEd, Libertad 269, Of. 904, Viña del Mar, Chile. felipe@ecoed.cl, pia@ecoed.cl

RESUMEN

Se realizó el ecodiseño de una línea de ropas expansible de bebé (pijama, pantalón, body y jardinera) cuya medida puede ser ajustada a un bebé durante su primer año. De esta forma, se reemplazan tres prendas de tallas 0-3, 3-6 y 6-12 meses por una sola de talla 0-12 meses.

La unidad funcional del análisis es “vestir a un bebé con ropa de algodón durante un año” con y un alcance de cuna a la puerta. El conjunto considera tanto la prenda foco (i.e. pijama) como sus accesorios de uso habitual (i.e. calcetines). Un ACV comparativo fue realizado entre conjuntos tradicionales (tres tallas anuales) y ecodiseñados (una talla anual).

Para la modelación, se utilizó el *software* OpenLCA 1.10 con base de datos Ecoinvent 2.2 y Agribalyse 3.0 (cut-offs de Ecoinvent) y método de impacto ReCiPe 2016 (Jerárquico) a nivel de punto final.

El punto crítico para el ecodiseño fue el algodón (83.7% de los impactos), seguido de los broches metálicos (7.3%) y el transporte de avión (7.2%). Por ello, el ecodiseño se enfoca en la reducción del uso de algodón.

La reducción promedio de impactos entre las prendas tradicionales es del 67%. Sin embargo, esto se reduce a una media de 28% si se consideran las colecciones completas (prendas y accesorios). Esto muestra la importancia de una correcta definición de la unidad funcional para la comunicación de resultados a partes interesadas sobre el real beneficio de proyectos de ecodiseño.

Palabras clave: ropa de bebé de algodón, ecodiseño, cuna a la puerta

ABSTRACT

An expansible collection of baby clothing is ecodesigned. The new line comprises a one-piece pajama, a bodysuit, a pair of pants, and a romper whose size can be adjusted to fit a baby from 0 to 12 months. These are expected to replace their traditional models of sizes 0-3, 3-6 and 6-12 months.

The functional unit of analysis is “dress a baby in cotton clothing for one year” and the scope of study is from cradle to gate. The collection considers the focus garments (i.e. pajamas) and their regular wear accessories (i.e. socks). A comparative LCA was performed between traditional (three sizes per year) and ecodesigned (one size per year) collections.

OpenLCA 1.10 is used for modelling with Ecoinvent 2.2 and Agribalyse 3.0 (Ecoinvent cut-offs) using ReCiPe 2016 (Hierarchical) impact method at endpoint level.

The critical factor for ecodesign is the cotton (83.7% of impacts), followed by metal snaps (7.3%) and airplane transport (7.2%). Therefore, the ecodesign focuses on reducing the use of cotton.

The reduction of impacts between traditional and ecodesigned garments was on average 67%. However, this is lowered to 28% when the collections (garments and accessories) are considered. This shows the importance of a correct definition of the functional unit for the communication of results to stakeholders about the real benefits of ecodesign projects.

Keywords: cotton baby clothing, ecodesign, cradle to gate

RESUMO

Se realiza a concepção ecológica de uma linha de roupas expansíveis de bebê (pijama, calças, body e jardineira) cujas medidas podem ser ajustadas a um bebê durante seu primeiro ano. Dessa forma, se substituem três peças de tamanho 0-3, 3-6 y 6-12 meses por uma só peça de 0-12 meses.

A unidade funcional de análise é “vestir um bebê em roupas de algodão durante um ano” e o alcance é desde o berço até à porta. O conjunto considera tanto o vestuário foco (ex.: pijamas) como os seus acessórios de uso regular (ex.: meias). É realizado um ACV comparativo entre os trajes tradicionais (três tamanhos por ano) e os trajes de concepção ecológica (um tamanho por ano).

Para a modelação, se usa o software OpenLCA 1.10 com base de dados Ecoinvent 2.2 e Agribalyse 3.0 (Ecoinvent cut-offs) e método de impacto ReCiPe 2016 (Hierárquico) ao nível do ponto final.

O ponto crítico para a concepção ecológica é o algodão (83.7% dos impactos), seguido dos botões metálicos (7.3%) e do transporte aéreo (7.2%). Por conseguinte, a concepção ecológica centra-se na redução do uso de algodão.

A redução média do impacto entre peças de vestuário tradicionais e de concepção ecológica foi de 67%. Entretanto, esta diferença cai para 28% quando se consideram as colecções completas (peças de vestuário e acessórios). Isto mostra a importância de uma definição correta da unidade funcional para a comunicação dos resultados às partes interessadas sobre o benefício real dos projetos de concepção ecológica.

Palavras-chave: roupas de bebê de algodão, ecodesign, berço ao portão

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una preocupación creciente por los daños generados al medioambiente, en especial, al cambio climático y escasez de agua dulce. La huella de carbono de una polera de algodón de 250 g es de 8.77 kgCO₂ eq (Wang, y otros, 2015), el equivalente al consumo de 3.7 L de gasolina; fabricar 1 kg de ropa de algodón requiere 10 850 L de agua (Chapagain & Hoekstra, 2005), 1/9 de lo que bebe una persona durante toda su vida. En la producción de algodón convencional se emplean químicos para el teñido, pretratamiento y lavados, que pueden dañar la salud humana y al medio ambiente (Islam & Khan, 2014).

Los bebés requieren ropa hipoalergénica, donde normalmente se prefiere el algodón. Sin embargo, dado el rápido crecimiento de los niños, una prenda tiene una vida útil de aproximadamente 3 meses y una tasa de desecho del 85% (Revista de periodismo de la Universidad de Chile, 2019).

En consecuencia, este proyecto busca crear una línea de ropa de bebé ecodiseñada que extienda su vida útil y reduzca sus impactos ambientales.

METODOLOGÍA

Tabla 1. Características del ACV de ecodiseño para prendas ecodiseñadas de bebé.

| Ítem | Descripción |
|----------------------|--|
| Unidad funcional: | Vestir a un bebé con ropa de algodón durante un año. |
| Flujo de referencia: | Conjunto de prendas para un año, que considera tanto la prenda foco (i.e. pijama) como sus accesorios de uso habitual (i.e. calcetines). |
| Alcance: | De la cuna a la puerta. Datos primarios de Chile y Perú (foco geográfico), datos secundarios de bases de datos globales. Alcance temporal de un año. |
| Exclusiones: | Distribución a clientes, uso y fin de vida. |

Se analizaron 4 prendas de uso común: body manga larga, pantalón con pie y sin pie, pijama con pie y sin pie y jardinera. Cada una de ellas tiene dos variantes: Básicas (tallas 0-3, 3-6 y 6-12 meses) y Ecodiseñadas (talla ajustable de 0 a 12 meses).

Primero se realizó el ACV de las prendas básicas, con la consiguiente identificación de puntos críticos, para orientar el ecodiseño. Luego, se realizó el ACV de las prendas ecodiseñadas para asegurar que presentan ventajas ambientales con respecto a sus pares básicos. La correspondencia entre las prendas se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Conjunto de prendas básicas para comparación de impactos anuales con prendas ecodiseñadas. Los números entre paréntesis indican la talla de la prenda (meses). Las prendas ecodiseñadas son de talla ajustable (0-12 meses).

| Prendas básicas | Prendas unitarias (talla) | Prendas ecodiseñadas |
|------------------|--|------------------------------|
| Pijama Básico | Pijama con pie (0-3; 3-6) Pijama sin pie (6-12) | Pijama sin pie ecodiseñado |
| Pantalón básico | Pantalón con pie (0-3; 3-6) Pantalón sin pie (6-12) | Pantalón sin pie ecodiseñado |
| Body básico | Body Manga Larga (0-3; 3-6; 6-12) | Body sin mangas ecodiseñado |
| Jardinera básica | Jardinera (0-3; 3-6; 6-12) | Jardinera ecodiseñada |

Finalmente, se formaron colecciones de ropa. Una colección incluye las prendas (básicas o ecodiseñadas) y accesorios (calcetines, polerones, poleras, entre otros). Esto porque la unidad funcional es “vestir a un bebé con ropa de algodón durante un año” y las prendas básicas no son directamente comparables con las prendas ecodiseñadas. Por ejemplo, el pantalón *sin pie* ecodiseñado necesita un calcetín para cumplir la misma función que un pantalón *con pie* básico. Para igualar la unidad funcional de las prendas básicas con las ecodiseñadas se consideran prendas adicionales llamadas “accesorios” en este estudio.

Es importante considerar que un bebé nacido en invierno requiere ropa, accesorios y tallas diferentes de uno nacido en verano. Por ejemplo, un bebé nacido en invierno necesita un polerón talla 0-3, mientras uno nacido en verano necesita un polerón talla 6-12 (su edad cuando es invierno).

Por ende, para comprender los reales beneficios del ecodiseño en el escenario real de uso, se formaron cuatro colecciones de acuerdo con la estación de nacimiento del bebé (invierno, primavera, verano u otoño) incluyendo las cuatro prendas estudiadas más todos los accesorios para un año. Un ejemplo de composición para un bebé nacido en invierno se muestra en la Tabla 3.

Con este último análisis se estimó el real impacto del ecodiseño sobre la unidad funcional. Así, se separó los escenarios en dos:

- Escenario actual: Formado por prendas básicas y accesorias.
- Escenario ideal: Formado por prendas ecodiseñadas y accesorias.

Para la modelación, se usó el software OpenLCA 1.10 con base de datos Ecoinvent 2.2, Agribalyse 3.0 y método de impacto ReCiPe (Jerárquico) a nivel de punto final. Se hace uso de *ecopoints* para estimar la diferencia de impactos de los conjuntos.

Tabla 3. Composición de prendas y accesorios de las colecciones básica y ecodiseñada para un bebé nacido en invierno. Los números entre paréntesis indican las tallas en rango de meses.

| Colección básica | Colección ecodiseñada |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Pantalón con pie (0-3; 3-6; 6-12) | Pijama sin pie ecodiseñado |
| Pijama con pie (0-3; 3-6; 6-12) | Pantalón sin pie ecodiseñado |
| Body manga larga (0-3; 3-6; 6-12) | Body sin mangas ecodiseñado |
| Jardinera (3-6; 6-12) | Jardinera ecodiseñada |
| Accesorios | Accesorios |
| Polera (3-6; 6-12) | Polera (3-6; 6-12) |
| Panty (3-6; 6-12) | Panty (3-6; 6-12) |
| Chaqueta buzo (3-6; 6-12) | Chaqueta Buzo (0-3; 3-6; 6-12) |
| Calcetín (6-12) | Calcetín (0-3; 3-6; 6-12) |
| | Body Manga Larga (0-3; 3-6; 6-12) |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ACV de línea base: prendas básicas

Para obtener resultados comparables, las prendas básicas fueron agrupadas por tallas hasta cumplir el año de crecimiento (ver Tabla 2).

La Figura 1 muestra los impactos de cada elemento para cada prenda básica. El algodón aporta más impactos a las prendas (83.7%), seguido por los broches de acero (7.3%) y la importación desde Perú a Chile en avión (7.2%).

Por lo tanto, los puntos guía del ecodiseño fueron: 1) disminuir la cantidad de algodón por prenda, 2) evaluar la reducción del número de broches o usar sujetadores de otro material no metálico.

ACV de prendas ecodiseñadas y su comparación con prendas básicas

La comparación se hizo de acuerdo con la Tabla 2, obteniendo los impactos por prenda que se muestran en la Figura 1.

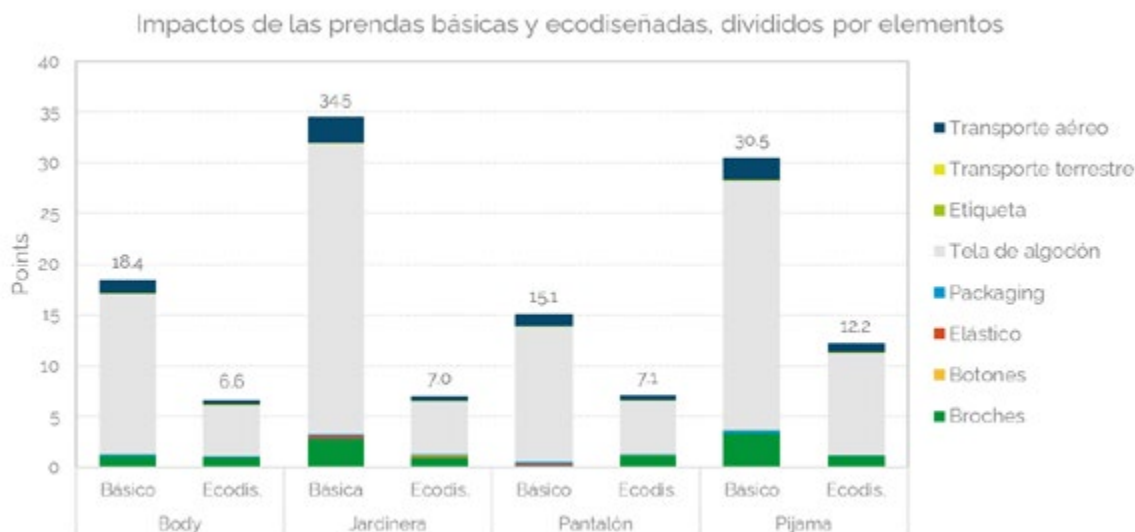


Figura 1. Comparación de los impactos entre las prendas básicas y ecodiseñadas (en *points*), divididos por elementos (en colores). Los números sobre las barras representan el total para cada prenda.

Los modelos ecodiseñados tienen entre un 53% y un 80% menos impacto que sus similares básicos y una reducción de 67% considerando las cuatro prendas en conjunto (98,4 *points* versus 32,9 *points* de los ecodiseños). Esta diferencia se debe a la reducción de material para confeccionar una prenda versus tres. La reducción total de impactos fue 68,9% en algodón, 44,0% en broches, y 68,0% en transporte aéreo.

¿Broches o botones?

Los broches metálicos tienen 3 veces más impacto ambiental que botones de resina. Sin embargo, cambiar la mayoría de los broches (donde es técnicamente posible) por botones, solo entrega una ventaja ambiental de 5% respecto al total de impactos de la prenda. Los broches tienen mayor durabilidad y prestan un servicio más eficiente en la ropa de bebé, por lo tanto, se mantuvo el uso de ellos donde fuera necesario.

Colecciones por temporada de nacimiento

Para estimar el impacto real del ecodiseño sobre la unidad funcional, se comparan los impactos de las colecciones básicas y ecodiseñadas por temporada de nacimiento, mostrados en la Figura 2.

Impactos de las colecciones básicas y ecodiseñadas según temporada de nacimiento.

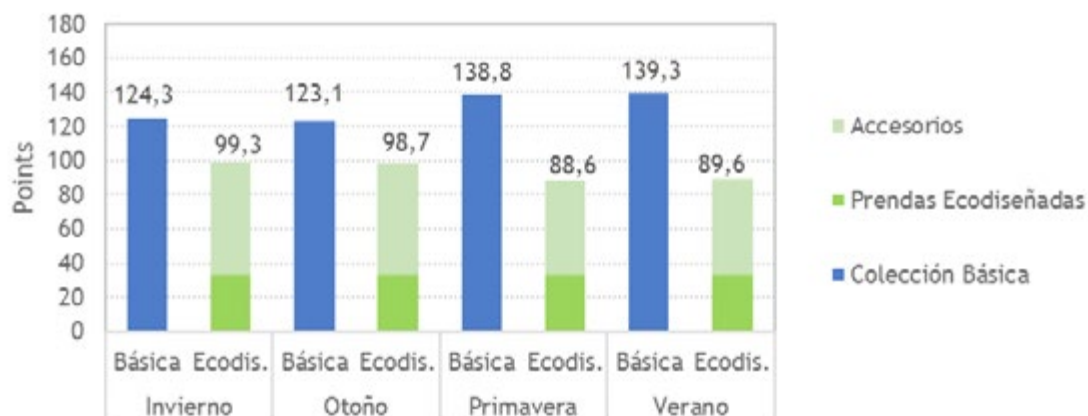


Figura 2. Comparación de impactos entre las colecciones básicas (azul) y ecodiseñadas (verde) según su temporada de nacimiento. La ecodiseñada es dividida por las prendas ecodiseñadas y los accesorios. Los números sobre las barras representan el total de *points* de cada colección.

Se observa que el conjunto ecodiseñado efectivamente tiene menores impactos que el básico para todas las temporadas de nacimiento del bebé, incluso considerando las prendas accesorias necesarias durante todo un año. Sin embargo, la reducción no es 67% como en el caso de las comparaciones por prenda, sino que es entre 20% y 36%, dependiendo de la temporada.

Las prendas ecodiseñadas aportan en media un 35% de la colección con ecodiseños. El 65% restante es aporte de los accesorios que las mamás usarán para vestir al bebé de forma similar a lo que harían con las prendas básicas.

Los mensajes comunicacionales al mandante y otras partes interesadas varían considerablemente si se comparan solo las prendas o si se compara la colección. Por eso, este estudio realza la importancia del uso apropiado de la unidad funcional, especialmente en el diseño de productos. No se debe comparar el producto, sino el producto en su contexto de uso, incluyendo todos los demás elementos necesarios para lograr la unidad funcional.

CONCLUSIÓN

El ecodiseño y la visión de puntos críticos apoyan el proceso de innovación para la sustentabilidad, logrando reducciones notables en los impactos ambientales de prendas de bebé.

Dentro de este proceso, es importante realizar un uso apropiado de la unidad funcional y los flujos de referencia, de forma de que los resultados, las conclusiones y los mensajes que se generan a partir de un ACV reflejen los reales beneficios ambientales de la innovación, evitando caer en situaciones cercanas al greenwashing. Este uso apropiado implica la inclusión del producto que se analiza, así como todos los otros elementos necesarios para el cumplimiento de su función.

REFERENCIAS

1. Chapagain, A., & Hoekstra, A. (2005). *the water footprint of cotton consumption*. Reporte. Retrieved from <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report18.pdf>
2. Islam, M., & Khan, M. (2014). *Environmental Sustainability Evaluation of Apparel Product: A Case Study on Knitted T-Shirt*. Bangladesh, India.
3. Revista de periodismo de la Universidad de Chile. (2019). *Del maniquí a la basura: el alto impacto ambiental de la moda desechable*. Retrieved from Doble Espacio: <http://www.doble-espacio.uchile.cl/2019/10/02/del-maniqui-a-la-basura-el-alto-impacto-ambiental-de-la-moda-desechable/>
4. Wang, C., Wang, L., Liu, X., Du, C., Ding, D., Jia, J., . . . Wu, G. (2015). *Carbon footprint of textile throughout its life cycle: a case study of Chinese cotton shirts*. Beijing, China.

ECODESIGN DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS VERTICAIS DE VEDAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE PAINEL DE MADEIRA DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

Lívia Berti Sanjuan Farias ^{1*}, José adolfo de Almeida Neto ²

¹ Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Estadual de Santa Cruz, Cruz, Rod. Jorge Amado, km 16, 45662-000 Ilhéus - BA, Brasil. liviaberti@yahoo.com.br

² Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Rod. Jorge Amado, km 16, 45662-000 Ilhéus - BA, Brasil. jalmeida@uesc.br

RESUMO

Esta pesquisa busca desenvolver, através do Ecodesign, quatro tipos de painel de madeira (OSB, MDP, Compensado e Cimento-madeira) a partir da *Erythrina* spp. proveniente do manejo das áreas de cultivo de *Theobroma cacao* do sul da Bahia, com melhor desempenho ambiental que os painéis disponíveis atualmente no mercado para a construção civil. Desenvolvidos os painéis, estes terão suas propriedades físicas e mecânicas avaliadas por meio de testes laboratoriais para verificação quanto ao atendimento das normas técnicas. Os impactos ambientais dos painéis produzidos serão avaliados através da realização de uma ACV.

Palavras-chave: Ecodesign, painéis de madeira, sustentabilidade ambiental de edificações.

RESUMEN

Esta investigación busca desarrollar, a través del Ecodiseño, cuatro tipos de panel de madera (OSB, MDP, Contrachapado y Cemento-madera) de *Erythrina* spp. del manejo de las áreas de cultivo de *Theobroma cacao* en el sur de Bahía, con mejor desempeño ambiental que los paneles actualmente disponibles en el mercado para la construcción civil. Una vez desarrollados los paneles, se evaluarán sus propiedades físicas y mecánicas mediante pruebas de laboratorio para verificar el cumplimiento de las normas técnicas. Los impactos ambientales de los paneles producidos se evaluarán mediante la realización de un ACV.

Palabras clave: Ecodiseño, paneles de madera, sostenibilidad ambiental de edificios.

ABSTRACT

This research seeks to develop, through Ecodesign, four types of wood panel (OSB, MDP, Plywood and Cement-wood) from *Erythrina* spp. from the management of the cultivation areas of *Theobroma cacao* in the south of Bahia, with better environmental performance than the panels currently available on the market for civil construction. Once the panels have been developed, they will have their physical and mechanical properties evaluated through laboratory tests to verify compliance with technical standards. The environmental impacts of the panels produced will be assessed by carrying out a LCA.

Keywords: Ecodesign, wood panels, Environmental sustainability of buildings.

INTRODUÇÃO

A construção civil tem papel relevante na economia mundial, bem como na geração de impactos ambientais. A fabricação do cimento responde por cerca de 7% das emissões de CO₂ na atmosfera (MEHTA e MONTEIRO, 2006).

O sul da Bahia situa-se em área de Mata Atlântica com cultivo de *Theobroma cacao* no sub-bosque da floresta. Porém, parte destas áreas teve a vegetação nativa suprimida e árvores exóticas plantadas, como *Erythrina* spp., para o sombreamento parcial da cultura. O Decreto 15.180 regulamentou a gestão das florestas. Com o manejo da cabruca do cacau, autoriza-se a retirada parcial destas árvores exóticas, aumentando a oferta madeireira na região, com potencial de substituir materiais utilizados na construção civil.

O objetivo geral é desenvolver elemento de vedação de melhor desempenho ambiental que os disponíveis no mercado, a partir de *Erythrina* spp. proveniente do manejo dos sistemas de plantio de *Theobroma cacao* do sul baiano e, como objetivos específicos: a) desenvolver diferentes tipos de painéis de vedação a partir de *Erythrina*

spp. (OSB, MDP, compensado e cimento-madeira); b) testar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis em atendimento às normas específicas; c) avaliar os painéis confeccionados, comparando seu desempenho ambiental com o dos painéis disponíveis atualmente.

METODOLOGIA

As *Erythrina spp.* abatidas serão convertidas em toras, transportadas ao laboratório para preparo conforme tipo de painel a produzir e suas características químicas, físicas, anatômicas mensuradas para correlação com propriedades físico-mecânicas dos painéis.

Os painéis serão desenvolvidos considerando sete estratégias tradicionais do *EcoDesign* (Brezet e Van Hemel, 1997): material de baixo impacto; redução do uso de material; otimização de técnicas produtivas; otimização do sistema de distribuição; redução do impacto durante uso; otimização da vida útil do produto; otimização de sistemas de fim de vida.

Medium Density Particleboard – MDP

Gerar-se-ão partículas “sliver” em moinho martelo. Classificadas em peneiras, serão excluídas as grandes e pó.

O adesivo será aplicado sobre as partículas dentro da encoladeira. As partículas da face receberão o adesivo (11%) separadamente das do miolo (8%).

Após adesivo, as partículas serão alocadas em molde de 48x48 cm. Sendo colocada a primeira face (partículas mais finas 20%), o miolo (partículas grandes 60%) e última face (partículas mais finas 20%).

O colchão será pré-prensado, prensado, colocado em temperatura ambiente, posteriormente climatizado.

Ensaio físicos: densidade aparente, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão, taxa de não retorno em espessura avaliados conforme ASTM D1037 (2006).

Propriedades mecânicas avaliadas: ensaio de flexão estática, módulo de elasticidade e módulo de ruptura, conforme ASTM D1037 (2006). Ligação interna avaliada conforme NBR 14810-3 (ABNT, 2006); arrancamento de parafuso conforme NBR 14810-3 (ABNT, 2006).

Oriented Strand Board – OSB

Gerar-se-ão partículas “strand” no moinho de disco. Os painéis serão produzidos e 8% de adesivo aplicado às partículas na encoladeira.

Após adesivo, as partículas serão alocadas em molde de 48x48 cm. Sendo colocada a primeira camada (20%), segunda (60%) e terceira (20%). O colchão será pré-prensado, prensado, colocado em temperatura ambiente, posteriormente climatizado.

O teste de flexão estática, densidade, razão de compactação e umidade conforme ASTM D1037 (2006). Ensaio de tração perpendicular conforme CSA 0437-0 (1993).

Compensados

Gerar-se-ão lâminas no torno laminador. Aos painéis será aplicado adesivo manualmente com espátula. Também serão produzidos painéis utilizando adesivo poliuretano composto de 5 lâminas de 50x50 cm.

Após adesivo, as lâminas serão pré-prensadas, prensadas à quente, colocadas em temperatura ambiente, posteriormente climatizadas. Painéis com poliuretano prensados a frio.

A massa específica aparente e teor de umidade conforme NBR 9485 (ABNT, 1986a) e NBR 9484 (ABNT, 1986b). Teste de absorção de água após 24 horas de imersão conforme NBR 9486 (ABNT, 1986c), de inchamento em espessura após 24 horas de imersão conforme NBR 9535 (ABNT, 1986d).

Serão avaliados: módulo de elasticidade, módulo de ruptura na flexão estática conforme EN 310 (1993). Testes de cisalhamento a seco e após imersão em água conforme EN 314-1 (1993).

Cimento-madeira

Gerar-se-ão partículas “sliver” no moinho martelo. Classificadas por peneiras, serão excluídas as grandes e o pó. Serão misturadas ao cimento (+aditivos) e alocadas em moldes para prensagem a frio. Após prensagem, os painéis permanecerão 24 horas grampeados, posteriormente climatizados.

Serão avaliados: absorção de água, inchamento em espessura, taxa de não retorno em espessura, ligação interna, flexão estática.

Dados físico-mecânicos serão analisados conforme delineamento inteiramente casualizado. Será realizada a ANOVA e quando significativa realizado teste de média Scott-Knott.

Avaliação do Ciclo de Vida

Para avaliar o impacto ambiental dos painéis será realizada ACV, *cradle-to-gate*, buscando identificar os principais impactos ambientais da produção e propor melhorias. Serão analisadas as categorias: acidificação, aquecimento global, depleção da camada de ozônio e de recursos abióticos, formação fotoquímica de ozônio troposférico, ecotoxicidade, eutrofização e toxicidade humana.

RESULTADOS PRELIMINARES

A literatura demonstrou relevante intervir nos seguintes pontos críticos, identificados na ACV, para melhoria processual: consumo de energia, resina uréia-formaldeído, redução do consumo de madeira, redução das distâncias de transporte.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1037. Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philladelphia. Annual book of ASTM Standard. v. 04.09, 2006.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Chapas de madeira aglomerada - métodos de ensaio. ABNT NBR 14810-3. São Paulo: 2006.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR- 9485: Painéis de madeira compensada: determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT; 1986a.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR-9484: Painéis de madeira compensada: determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro: ABNT; 1986b.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR- 9486: Painéis de madeira compensada: determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT; 1986c.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR- 9535: Painéis de madeira compensada: determinação da recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura. Rio de Janeiro: ABNT; 1986d.
7. BAHIA. Decreto nº 15.180. Regulamenta a gestão das florestas e das demais formas de vegetação do Estado da Bahia, a conservação da vegetação nativa, o Cadastro Estadual Florestal de Imóveis Rurais - CEFIR, e dispõe acerca do Programa de Regularização Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado da Bahia e dá outras providências. Salvador, BA: Casa Civil, 2014.
8. BREZET, J. C.; VAN HEMEL, C. Eco-design - A promising approach to sustainable production and consumption. UNEP, United Nations Publications, 1997.
9. CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. OSB and waferboard: CSA 0437-0. Ontario,1993.
10. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Standard - EN. EN 314-2: Plywood – bonding quality: part 2 - requirements. CEN members; 1993.
11. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Standard EN 310. Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussels: CEN; 1993.
12. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete**: microstructure, properties, and materials. New York: McGraw-Hill, 659 p. 2006.
13. VIDAURRE, G. B. et al. Produção de chapas de partículas de madeira de duas espécies nativas da Mata Atlântica e suas combinações. *Ciência Florestal*, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 235-242, 2005.



Tools for decision making and policy design

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO MIX DE ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL NA NOTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICO AMBIENTAL DO BIODIESEL NO ÂMBITO DA POLÍTICA NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS - RENOVABIO

Anna Leticia M. T. Pighinelli ^{1*}, Nilza Patrícia Ramos ¹, Marcelo A. B. Morandi, Marília Ieda da Silveira Folegatti ¹

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, Brasil. anna.pighinelli@embrapa.br, nilza.ramos@embrapa.br, marcelo.morandi@embrapa.br, marilia.folegatti@embrapa.br

RESUMO

O RenovaBio é a política brasileira dos biocombustíveis que prevê um tratamento diferenciado para os biocombustíveis com baixa emissão de GEE em seu ciclo de vida. O cálculo dos créditos de descarbonização (CBIOS) é feito de acordo com a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida, usando a RenovaCalc que contabiliza as emissões de GEE do ciclo de vida completa do biocombustível, contemplando as fases agrícola e industrial de produção, gerando o índice de intensidade de carbono (em g CO₂eq / MJ). O objetivo do trabalho foi estudar diferentes misturas de triacilglicerídeos de forma a avaliar o impacto na NEEA para o biodiesel. A versão 6.1 da RenovaCalc foi utilizada para os cálculos. Os resultados indicam que a maior NEEA foi obtida para o biodiesel produzido com gordura animal (77.6 g CO₂eq/MJ) e a mais baixa, com a soja perfil padrão (47.8 gCO₂eq/MJ). A substituição de 50% da soja perfil padrão por soja perfil primário, aumentou a NEEA em 15%, e o uso de soja 100% perfil primário, levou a aumento na NEEA de 30%. Em termos de receita com a comercialização dos CBIOS, a troca do perfil padrão pelo primário de produção aumentou em R\$ 19.000.00 a receita para cada 1 milhão de litros de biodiesel produzidos. A usina que inicialmente usava somente soja perfil primário e passou a usar 100% de gordura animal, teve um aumento em sua receita de R\$ 20.400.00 para cada 1 milhão de litros de biodiesel produzidos.

Palavras-chave: avaliação de ciclo de vida; GEE; RenovaCalc; gordura animal; óleo de palma; óleo de soja; óleo de algodão.

ABSTRACT

RenovaBio is the Brazilian national biofuels policy that provides a differentiated treatment for biofuels with lower GHG emissions in their life cycle. The calculation of decarbonization credits (CBIOS) is done according to the Life Cycle Assessment methodology, using RenovaCalc, which counts the GHG emissions from the entire biofuel's life cycle, including data from agricultural and industrial phases, generating the index of carbon intensity (in g CO₂eq / MJ). The objective of this work was to study different mixtures of triacylglycerides in order to verify the impact in the NEEA for the biodiesel. RenovaCalc version 6.1 was used for the calculations. The results indicated that the highest NEEA was obtained for the biodiesel produced with tallow (77.6 g CO₂eq/MJ) and the lowest with soybean default data (47.8 gCO₂eq/MJ). By replacing 50% of soybeans default with primary profile, NEEA had an increase of 15%, when using 100% primary profile an increase of 30% was observed. In terms of revenue due to CBIOS trading, replacing default by primary production data had an increase of R\$ 19,000.00 for each 1 million liters of biodiesel produced. The plant that initially used only primary soybean oil and started to use 100% tallow had an increase of R\$ 20,400.00 in its revenue for each 1 million liters of biodiesel produced.

Keywords: life cycle assessment; GHG; RenovaCalc; tallow; palm oil; soybean oil, cottonseed oil.

RESUMEN

RenovaBio es la política brasileña de biocombustibles que brinda un tratamiento diferenciado a los biocombustibles con bajas emisiones de GEI en su ciclo de vida. El cálculo de los créditos de descarbonización (CBIOS) se realiza según la metodología Análisis del Ciclo de Vida, utilizando RenovaCalc, que contabiliza las emisiones de GEI del ciclo de vida completo del biocombustible, cubriendo las fases de producción agrícola e industrial, generando el índice de intensidad de carbono (en g CO₂eq / MJ). El objetivo del trabajo fue estudiar diferentes mezclas de triacilglicéridos con el fin de evaluar el impacto en NEEA del biodiesel. Para los cálculos se utilizó la versión 6.1 de RenovaCalc. Los resultados indican que el NEEA más alto se obtuvo para el biodiesel producido con grasa animal (77,6 g CO₂eq / MJ) y el más bajo, con el perfil estándar de soja (47,8 gCO₂eq / MJ). El re-

emplazo del 50% de la soja de perfil estándar por soja de perfil primario aumentó NEEA en un 15%, y el uso de soja de perfil primario 100% condujo a un aumento de NEEA del 30%. En términos de ingresos por la comercialización de CBIOs, el canje del perfil estándar por la producción primaria incrementó en 19.000,00 los ingresos por cada 1 millón de litros de biodiesel producido. La planta que inicialmente utilizó sólo soja de perfil primario y pasó a utilizar 100% grasa animal, tuvo un incremento en sus ingresos de R \$ 20.400,00 por cada millón de litros de biodiesel producido.

Palabras clave: análisis del ciclo de vida; gases de efecto invernadero; RenovaCalc; grasa; aceite de palma; aceite de soja; aceite de algodón.

INTRODUÇÃO

O RenovaBio é a nova Política Nacional de Biocombustíveis, aprovada pela lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017. O principal pilar do programa é fomentar o aumento da produção de biocombustíveis em padrões mais sustentáveis, prevendo um tratamento de mercado diferenciado para os biocombustíveis com menor emissão de gases de efeito estufa (GEE) em seu ciclo de vida. O RenovaBio conta com um padrão metodológico e uma ferramenta exclusiva para contabilizar a intensidade de carbono dos biocombustíveis, comparando com os combustíveis fósseis (MATSUURA et al., 2018a).

A ferramenta exclusiva do RenovaBio é a RenovaCalc, que visa contabilizar a intensidade de carbono de um biocombustível (em g CO₂ eq./MJ), comparando-a com o seu combustível fóssil equivalente. A RenovaCalc corresponde a um conjunto de planilhas na plataforma Excel®, contendo um banco de dados e uma estrutura de cálculo específica para cada tipo de biocombustível. A calculadora exige o preenchimento de dados relacionados à fase agrícola de produção da matéria-prima utilizada para sintetizar o biocombustível, bem como os dados da fase industrial (MATSUURA et al., 2018a).

Para a fase agrícola, o preenchimento se dá com todos os insumos utilizados para produzir uma tonelada da matéria-prima (cana, milho e soja, por exemplo). Já para a fase industrial, os rendimentos obtidos na indústria, bem como insumos necessários para a produção do biocombustível são inseridos (MATSUURA et al., 2018b).

O RenovaBio conta atualmente com 4 tipos de combustíveis, etanol, biodiesel, biocombustível de aviação e biometano, subdivididos em 9 rotas de produção, tais como etanol de milho, etanol de cana, etanol celulósico, entre outras.

O objetivo desse estudo foi avaliar como as matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel podem impactar na intensidade de carbono do biocombustível e por consequência, na quantidade de créditos de descarbonização (CBIOs) que a usina poderá comercializar. Foram avaliados um cenário de produção que considera o atual mix de óleos e gorduras utilizados pela maioria das usinas no Brasil, além de outros 7 cenários, considerando soja, palma e gordura animal como matérias-primas.

METODOLOGIA

O cenário intitulado “mix Brasil” foi considerado como base para as comparações. Esse cenário compreende o atual mix de óleos e gorduras utilizados como matéria-prima para a produção do biodiesel comercializado no Brasil. Corresponde a 67,20% de óleo de soja, 12,20% de gordura bovina, 10,90% de outros óleos residuais, 6,60% de outros. Dentro das categorias de outros óleos, a predominância é do óleo de algodão (38,74%), gordura de porco (32,78%), óleo residual de fritura (17,88%), gordura de porco (32,78%), gordura de frango (8,94%), óleo de canola (0,87%) e óleo de milho (0,80%) (ANP, 2021a). Os demais cenários estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Mistura de óleos consideradas nos cenários de produção de biodiesel.

| Cenários | Misturas de óleos |
|----------|--|
| 1 | Mix Brasil - biodiesel ¹ |
| 2 | 100% gordura animal |
| 3 | 100% palma |
| 4 | 100% soja primário |
| 5 | 100% soja padrão |
| 6 | 50% soja primário / 50% soja padrão |
| 7 | 50% soja ² / 50% palma |
| 8 | 50% soja ² / 50% gordura animal |

¹ Mix Brasil de biodiesel é constituído com as porcentagens atualmente reportadas para o Brasil. ² Soja perfil primário de produção agrícola.

No RenovaBio calcula-se a intensidade de carbono ao longo do ciclo de vida dos biocombustíveis, ou seja, as emissões durante a fase agrícola de produção das matérias-primas oleaginosas e emissões da fase industrial são contabilizadas. Aproximadamente 80% da intensidade de carbono de um biocombustível vem da fase agrícola de produção, isso porque as emissões relacionadas a produção dos insumos e emissões dos insumos em campo são contabilizadas.

A versão v6.1 da RenovaCalc foi utilizada para as simulações. O preenchimento dos dados da fase agrícola de produção pode ser feito utilizando dados primários, que são os dados reais de insumos utilizados pela usina, ou com dados padrão. O chamado perfil padrão são dados pré-estabelecidos de insumos agrícolas, assumindo o pior cenário de produção, ou seja, a usina que optar por preencher a RenovaCalc com dados padrão da fase agrícola terá uma intensidade de carbono maior do que aquela que optar por usar dados primários. Os valores assumidos pelo RenovaBio para o perfil padrão da fase agrícola de soja, milho e cana-de-açúcar pode ser obtido na Resolução 758 disponível no site da ANP (2021b). No presente estudo, o perfil primário de produção agrícola da soja considerou as quantidades dos insumos para um perfil típico de produção, conforme a Tabela 5 da Resolução 758.

Para a fase industrial de produção de biodiesel assumiu-se a rota metílica, com rendimento em biodiesel de 1250 L/t óleo, sendo o mesmo rendimento e quantidade dos insumos considerados para todos os cenários apresentados na Tabela 1. A RenovaCalc calcula a intensidade de carbono relacionada a produção do biodiesel e também a Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA), que compreende o valor da intensidade de carbono do diesel (86,5 g CO₂eq/MJ) subtraído da intensidade de carbono do biocombustível. Dessa forma, quanto maior o valor da NEEA, melhor é o desempenho ambiental do biocombustível, uma vez que a sua intensidade de carbono terá sido menor.

A partir da NEEA, avaliou-se a emissão dos CBIOS para essa usina de biodiesel, avaliando o impacto que o mix das matérias-primas teve na quantidade de créditos disponíveis para comercialização. A quantidade de CBIOS foi calculada utilizando-se o Formulário D disponível no site da ANP (2021b), assumindo-se que 1 milhão de litros de biodiesel foi comercializado pela usina. Em linhas gerais, quanto maior a NEEA de uma usina, mais CBIOS serão gerados, e mais receita essa usina terá com a comercialização desses créditos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No RenovaBio temos atualmente 23 usinas de biodiesel certificadas, de um total de 50 usinas autorizadas a produzirem esse biocombustível no Brasil. Em 2020, o Brasil produziu 6 bilhões de litros de biodiesel. A NEEA média das 23 usinas foi de 69,03 g CO₂eq/MJ, indicando que a maioria das usinas utilizaram gordura animal em seu mix de produção (ANP, 2021c).

Na Figura 1 estão apresentados as NEEAs para os 8 cenários avaliados nesse estudo, estando em destaque o cenário referente ao "mix Brasil". A maior NEEA foi observada para quando a usina utiliza 100% de gordura animal, isso porque no RenovaBio a gordura animal é considerada um resíduo, com carga ambiental zero. A menor NEEA foi a obtida quando a usina utiliza como matéria-prima a soja padrão, sendo esse o pior cenário de produção da soja. Ao substituir 50% da soja de perfil padrão por perfil primário, a NEEA teve um aumento de 15%, podendo chegar a um aumento de 30% quando utilizar 100% de soja de perfil primário de produção.

O óleo de palma na RenovaCalc utiliza uma intensidade de carbono padrão obtida da base de dadosecoinvent v.3, logo a usina não poderá entrar com os dados da fase agrícola e industrial de produção desse óleo. A NEEA da usina que optar por utilizar o óleo de palma é 3,7% superior a um perfil de produção de soja considerado típico no Brasil (soja primário).

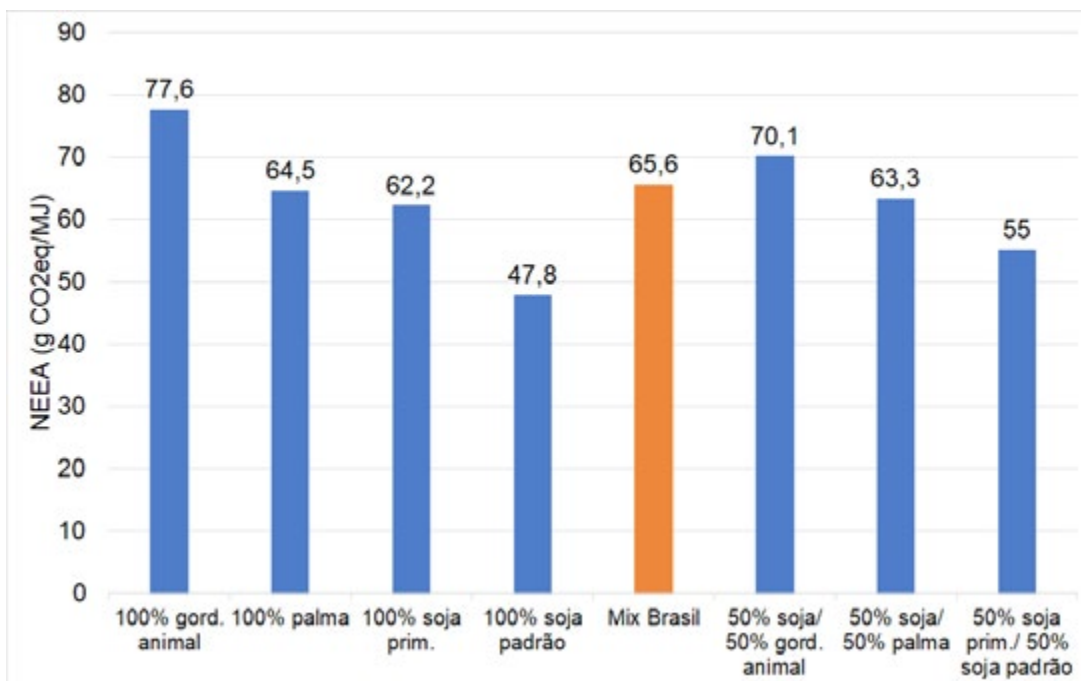


Figura 1. Nota de eficiência energético-ambiental para os diversos mix de óleos utilizados para produção de biodiesel.

Na Tabela 2 estão apresentados para cada um dos cenários a quantidade de CBIOs comercializadas e a receita adquirida pela usina de biodiesel para cada um dos cenários. O valor do CBIO considerado foi de R\$40,00 (US\$7,00).

Tabela 2. Comercialização de CBIOs para cada um dos cenários de produção de biodiesel.

| Cenários | CBIOs (num. créditos) | Vol combustível para 1 CBIO | Receita (R\$) |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| Mix Brasil - biodiesel | 2175 | 459,73 | 87.007,64 |
| 100% gordura animal | 2573 | 388,64 | 102.923,67 |
| 100% palma | 2139 | 467,57 | 85.548,67 |
| 100% soja primário | 2062 | 484,86 | 82.498,10 |
| 100% soja padrão | 1585 | 630,93 | 63.398,86 |
| 50% soja primário/50% soja padrão | 1824 | 548,33 | 72.948,48 |
| 50% soja/50% palma | 2099 | 476,43 | 83.957,07 |
| 50% soja/50% gordura animal | 2324 | 430,22 | 92.976,15 |

Com base nos resultados da Tabela 2 pode-se observar que uma usina que optar por usar preenchimento com dados primários ao invés de dados padrão poderá ter um incremento em sua receita de R\$19.000,00 para cada 1 milhão de litros de biodiesel produzidos. Os resultados também indicam que o aumento na mistura de resíduos ao mix de matérias primas também tem um efeito significativo na receita com a venda dos CBIOs, como por exemplo a usina que inicialmente utilizava somente óleo de soja primário e passou a misturar 50% de gordura animal, ou mesmo utilizar 100% de gordura animal. Nesse último caso, a usina passará a ganhar R\$20.400,00 para cada 1 milhão de litros de biodiesel produzidos.

CONCLUSÃO

RenovaBio é a política nacional de biocombustíveis do Brasil, e em seu primeiro ano de funcionamento, foi possível observar uma grande adesão das usinas de biocombustíveis, quase 60% das usinas que são autorizadas a produzirem biocombustível no Brasil aderiram ao RenovaBio.

A escolha das matérias-primas para produção de biodiesel leva em consideração aspectos de mercado, tais como o preço e a disponibilidade das matérias-primas. Com a solidificação do RenovaBio no Brasil, espera-se que as usinas passem a considerar um terceiro critério na escolha das matérias-primas, que será o critério ambiental.

Os resultados desse trabalho indicam que o uso de matérias-primas consideradas resíduos no âmbito do RenovaBio irão trazer um maior volume de CBIOs e uma maior receita com a comercialização dos créditos. Outro ponto importante é a escolha por utilizar um perfil primário da produção agrícola da soja, que trouxe aumentos próximos a 30% no volume de CBIOs.

REFERÊNCIAS

1. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Painel dinâmico do biodiesel. 2021a. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/painel-dinamico-de-produtores-de-biodiesel>>.
2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). RenovaBio. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/renovabio>>.
3. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Painel dinâmico do RenovaBio. 2021c. Disponível em: < <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-de-certificacoes-de-biocombustiveis-renovabio>>.
4. Matsuura, M.I.S.F., Scachetti, M.T., Chagas, M.F., Seabra, J.E.A., Moreira, M.M.R., Bonomi, A., Bayma, G., Picoli, J.F., Morandi, M.A.B., Ramos, N.P., Cavalett, O., Novaes, R.M.L. 2018a. RenovaCalcMD: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n10/CP10-2018_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf>.
5. Matsuura, M.I.S.F., Seabra, J.E.A., Chagas, M.F., Scachetti, M.T., Morandi, M.A.B., Moreira, M.M.R., Novaes, R.M.L., Ramos, N.P., Cavalett, O., Bonomi, A. 2018b. RenovaCalc: a calculadora do programa RenovaBio. In: VI Congresso brasileiro sobre gestão do ciclo de vida , 6., Brasília-DF. Anais...Brasília: Ibict, 6 p.

EVALUACIÓN DE LA PRIORIDAD DE EMPRESAS LATINOAMERICANAS EN GESTIÓN DE CICLO DE VIDA

Pia Wiche ^{*1}, Danilo Granato ¹

¹ EcoEd, Libertad 269, Of. 904, Viña del Mar, Chile. pia@ecoed.cl, danilo@ecoed.cl

RESUMEN

Este estudio evalúa el estado de avance de la gestión en el ciclo de vida de 773 empresas latinoamericanas de diversos tamaños y sectores industriales. El objetivo es identificar como las empresas están enfocando sus esfuerzos de gestión del ciclo de vida.

Los datos fueron colectados a través de una encuesta basada en un modelo de madurez de capacidades para la gestión en el ciclo de vida que evalúa la gestión de sustentabilidad de la empresa en cuatro dimensiones: política de gestión, gestión por indicadores, gestión de proveedores y gestión de uso y fin de vida.

Los resultados muestran que 90% das empresas tiene algún grado de gestión de la sostenibilidad, aunque la mayoría esté en niveles iniciales de gestión en el ciclo de vida.

Las empresas priorizan la gestión de uso y fin de vida con énfasis en residuos. Sin embargo, se argumenta que otras áreas de acción podrían traer mayores retornos económicos y ambientales para las empresas, como la eficiencia energética que reduce costos y la trazabilidad que es un diferencial para mercados de exportación.

Se concluye que las empresas deben incorporar más el pensamiento de ciclo de vida y el uso de indicadores para orientar decisiones de gestión que tengan un impacto positivo significativo para el medio ambiente y para su negocio.

Palabras clave: gestión del ciclo de vida, empresas, América Latina

ABSTRACT

This study evaluates de progress of life cycle management in 773 companies in Latin America of multiple sizes and industrial sectors. The objective is to identify how the companies are focusing their life cycle management efforts.

The data are collected from a survey based on a capability maturity model for life cycle management. This model evaluates de company management in four dimensions: management policies, indicator-based management, supply chain management, and management of use and end of life.

The results show that 90% of companies have some degree of sustainable management, however still at initial stages of life cycle management.

Companies prioritize the management of use and end of life with focus on waste reduction. However, there's argument that other action areas could generate better economic and environmental returns. Examples are energy efficiency that reduces costs and traceability that is a differential for exporting.

The conclusion is that companies should incorporate more life cycle thinking and the use of indicators to guide business decisions that would have a more positive impact in the environment to their business.

Keywords: life cycle management, businesses, Latin America

RESUMO

O presente estudo avalia o estado de avance em gestão do ciclo de vida em 773 empresas latino-americanas de diversos tamanho e setores industriais. O objetivo é identificar como as empresas estão priorizando seus esforços em gestão do ciclo de vida.

Os dados foram coletados através de uma enquete baseada num modelo de maturidade de capacidades para a gestão do ciclo de vida que avalia a gestão de sustentabilidade da empresa em quatro dimensões: política de gestão, gestão por indicadores, gestão de provedores e gestão de uso e fim de vida.

Os resultados mostram que 90% das empresas tem algum grau de gestão da sustentabilidade, ainda que a maioria esteja em níveis iniciais de gestão do ciclo de vida.

As empresas priorizam a gestão de uso e fim de vida com ênfase nos resíduos. Entretanto, se argumenta que outras áreas de ação poderiam trazer maiores retornos econômicos e ambientais. Um exemplo é a eficiência energética que reduz o custo operacional e a rastreabilidade que é um diferencial para mercados de exportação.

Se conclui que as empresas devem incorporar mais o pensamento de ciclo de vida e o uso de indicadores para orientar decisões de gestão que tenham um impacto positivo significativa para o meio ambiente e para seu negócio.

Palavras-chave: gestão de ciclo de vida, empresas, América Latina

INTRODUCCIÓN

La gestión en el ciclo de vida consiste en procesos y comportamientos que llevan en cuenta los impactos ambientales y sociales *más allá de las puertas de una empresa*, incluyendo los proveedores, la cadena logística, el uso de sus productos y cómo estos son desechados (ver Figura 1.2).

Esta mirada en el ciclo de vida es importante porque permite **gestionar los impactos sociales y ambientales de la actividad empresarial en toda su cadena de valor** (UNEP/SETAC, 2009). Como resultado de esta gestión las empresas mejoran su desempeño, aumentan su credibilidad e incrementan el valor para los accionistas y dueños (Clark, Feiner, & Viehs, 2015). Además, este es el tipo de gestión que cada vez más es **requerida por compradores, reguladores, y entidades certificadoras como son** la Huella Ambiental de Producto, Pacto Verde Europeo, Huella de Carbono de Producto, ISO 14001, entre otros.

Este estudio evalúa el estado de avance de la gestión en el ciclo de vida de 773 empresas latinoamericanas de diversos tamaños y sectores industriales. El objetivo es identificar la prioridad de estas empresas sobre los elementos de la gestión de ciclo de vida.

METODOLOGÍA

Los datos fueron obtenidos usando una encuesta basada en un modelo de madurez de capacidades para la gestión en el ciclo de vida (UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2014) que evalúa la gestión de la empresa en cuatro dimensiones:

- **Política de Gestión:** enfocado en las características de la política de sostenibilidad de la empresa como marco ordenador de las acciones en sostenibilidad;
- **Gestión por indicadores:** evalúa la cantidad y alcance de los indicadores utilizados por la empresa para medir los avances en sostenibilidad;
- **Gestión de proveedores:** recaba antecedentes sobre el tipo de acciones que se realizan para manejar los impactos que trae la cadena de suministro a la empresa;
- **Gestión de Uso y Fin de Vida:** explora las estrategias utilizadas por la empresa para minimizar los impactos de sus productos o servicios luego de que son despachados.

Cada una de estas dimensiones se evalúa con un puntaje de 0 (sin gestión) a 3 (gestión en el ciclo de vida). La suma resulta en una escala de puntaje de 0 a 12 para cada empresa, con puntajes más altos indicando una gestión en el ciclo de vida más avanzada.

Para aquellas empresas que declararon tener algún grado de gestión, se consultó cuál eran los temas abarcados por aquella dimensión. Por ejemplo, si la empresa declaró tener política, se consultó ¿Cuáles de los siguientes temas están explícitamente incluidos en la política de sostenibilidad de su empresa?

La encuesta fue aplicada de forma online y las respuestas son declaraciones directas de las empresas. Para maximizar la consistencia de las respuestas, las preguntas tenían una explicación asociada y fueron formuladas usando criterios objetivos ("Mi empresa tiene..." en lugar de "Mi empresa quiere..."). Los resultados no estuvieron conectados con ningún tipo de incentivo.

La población invitada fue de empresas asociadas a las agencias de promoción de exportación de Chile, Colombia, México y Perú, por lo que son exportadoras o tienen potencial exportador. El desglose del número de empresas por sector, tamaño y país es mostrado en la Tabla 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que 90% de las empresas tiene algún tipo de gestión de la sostenibilidad (Tabla 2). Esto indica que las empresas están preocupadas por la sostenibilidad. Por otro lado, hay un largo camino para una gestión de ciclo de vida completo, con 51% de las empresas en el nivel de gestión inicial y apenas 7% con gestión avanzada sobre el ciclo de vida. Solo dos empresas sacaron puntaje máximo.

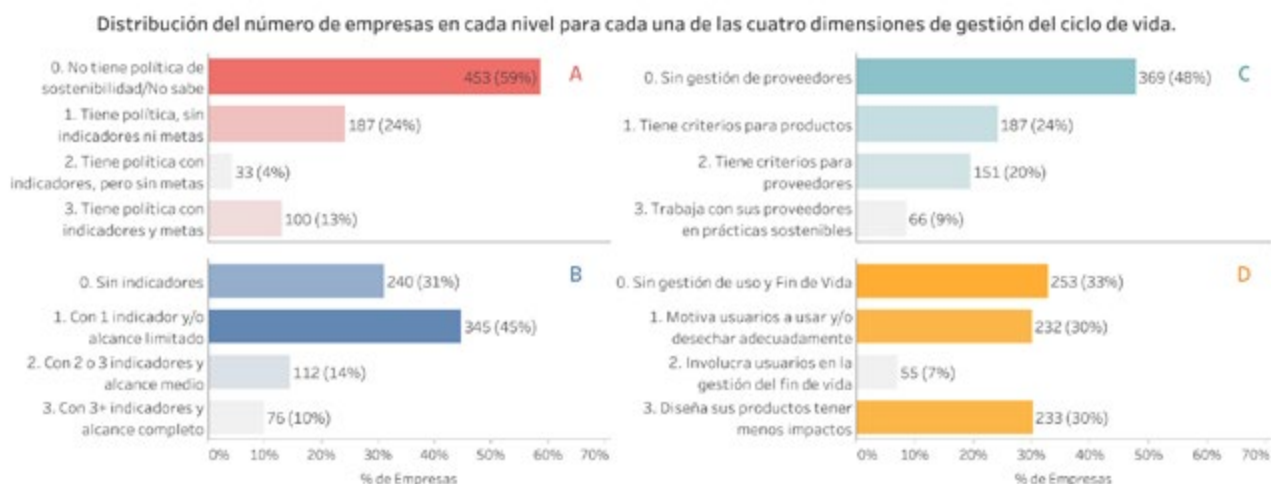
Tabla 1. Número de empresas encuestadas por sector, tamaño y país. Solo empresas de Chile cuentan con información para determinar su tamaño.

| | Chile | | | | | | Colombia | México | Perú | Total |
|--------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | Micro | Pequeña | Mediana | Grande | Sin Datos | Total Chile | | | | |
| Agro y alimentos | 72 | 64 | 27 | 32 | 82 | 277 | 12 | 19 | 15 | 323 |
| Economía creativa | 64 | 14 | 3 | | 45 | 126 | | | | 126 |
| Servicios, manufactura y otros | 101 | 92 | 33 | 17 | 67 | 310 | 7 | 4 | 3 | 324 |
| Total | 237 | 170 | 63 | 49 | 194 | 713 | 19 | 23 | 18 | 773 |

Tabla 2. Distribución del nivel de gestión de ciclo de vida en las empresas analizadas.

| Nivel de Gestión | Sin gestión | Gestión Inicial | Gestión Intermediaria | Gestión Avanzada | Total |
|------------------|-------------|-----------------|-----------------------|------------------|------------|
| Puntaje | 0 | 1 - 4 | 5 - 8 | 9 - 12 | |
| Empresas (%) | 79 (10%) | 398 (51%) | 243 (31%) | 53 (7%) | 773 (100%) |

Los resultados por dimensión, (Figura 1) muestran el foco de las empresas está en el fin de vida. Este es el aspecto por el que las empresas empiezan su gestión del ciclo de vida y es la dimensión con más empresas en el nivel más avanzado: 30% de empresas realizan gestión avanzada del fin de vida, versus alrededor del 10% para las otras tres dimensiones evaluadas.

**Figura 1.** Distribución del número de empresas en cada nivel para cada una de las cuatro dimensiones de la gestión del ciclo de vida: A) Política de Gestión, B) Gestión por indicadores, C) Gestión de proveedores, D) Gestión de Uso y Fin de Vida.

El problema es que esta gestión es raramente hecha con una perspectiva de ciclo de vida. De los encuestados, 30% de las empresas declaran estar diseñando sus productos para tener menos impactos (Gestión de Uso y Fin de Vida nivel 3), pero de estas, apenas 13% cuentan con indicadores que abarcan todo el ciclo de vida (Gestión por indicadores nivel 3).

Decisiones de diseño tomadas sin pensamiento de ciclo de vida pueden incluso llevar a un peor desempeño económico y ambiental, como el caso del cambio de las bolsas plásticas a bolsas de papel (UNEP, 2020).

La falta de pensamiento de ciclo de vida e indicadores puede llevar a inversiones de tiempo, esfuerzos y recursos que no mejoran significativamente el desempeño ambiental y/o económico de la empresa.

Desde la perspectiva ambiental, se estima que hasta el 90% de los impactos ambientales de una empresa se deben a los de sus proveedores (McKinsey and Company, 2016). Sin embargo, la gestión de proveedores es la dimensión con menor proporción de empresas en el nivel avanzado (9%).

Respecto a lo económico, la Figura 2 muestra que el 75% de las políticas de sostenibilidad de las empresas encuestadas se enfocan en residuos y reciclaje. Esto es alto si se compara con los otros temas incorporados en las políticas de sostenibilidad que tienen un mayor impacto directo a los negocios:

- 53% en eficiencia energética que reduce costos, mientras que la gestión de residuos y el reciclaje tienden a aumentarlos.
- 47% en trazabilidad que es una exigencia creciente para exportadores, a diferencia de la gestión de residuos.
- 50% en comercio justo (Fair Trade) y 34% en Cambio Climático que son de interés de los consumidores finales internacionales, la gestión de residuos local no.
- 36% en la escasez de agua, que es un limitante de producción más importante que la gestión de residuos.

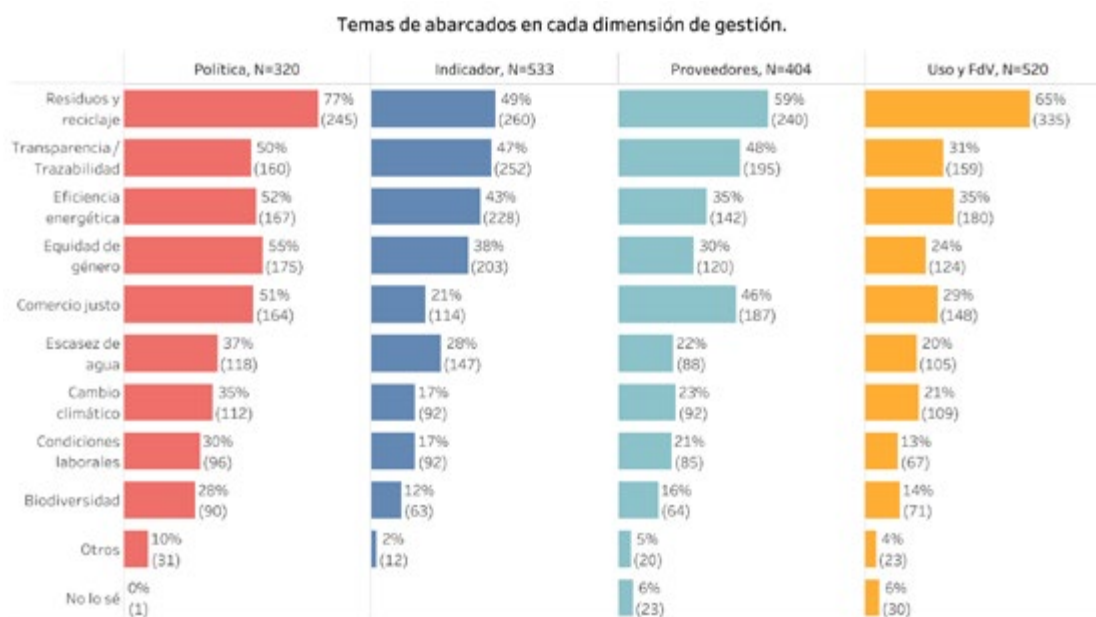


Figura 2. Temas de abarcados en cada dimensión de gestión. El porcentaje está hecho con base a las empresas que declararon algún tipo de gestión en la dimensión, indicado por el N.

CONCLUSIÓN

Se observa que las empresas están interesadas en gestionar la sostenibilidad, pero la mayoría se encuentra en niveles iniciales de gestión en el ciclo de vida.

Las empresas priorizan su gestión de la sostenibilidad en la gestión de uso y fin de vida, probablemente impulsadas por el enfoque en residuos de las políticas nacionales y la conciencia del mercado.

Esto es hecho sin una estrategia clara ni una perspectiva de ciclo de vida, lo que se refleja en que muy pocas empresas tienen políticas de sostenibilidad o indicadores para guiar sus iniciativas de gestión de residuos. Esto implica que las empresas están invirtiendo tiempo y recursos en acciones que no tienen un retorno económico o ambiental óptimo.

Si se considera que hasta el 90% de los impactos ambientales de una empresa se deben a los de sus proveedores, resulta claro que lo estratégico es gestionar primero la cadena de suministro, sin embargo, pocas empresas lo hacen.

Por otro lado, el foco de las políticas de sostenibilidad de las empresas está en la gestión de residuos, en detrimento de otras iniciativas que pueden traer mayor retorno económico como son la eficiencia energética o la trazabilidad de la cadena de suministro.

Se concluye que las empresas deben incorporar más el pensamiento de ciclo de vida y el uso de indicadores para orientar decisiones de gestión que tengan un impacto positivo significativo para el medio ambiente y para su negocio.

REFERENCIAS

1. Clark, G. L., Feiner, A., & Viehs, M. (2015). *From the Stockholder to the Stakeholder: How Sustainability Can Drive Financial Outperformance*. Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=2508281>
2. McKinsey and Company. (2016). *Starting at the source: Sustainability in supply chains*. Obtenido de <https://cutt.ly/JfJwiyX>
3. UNEP. (2020). *Single-use plastic bags and their alternatives: Recommendations from Life Cycle Assessments*. Obtenido de <https://cutt.ly/ZINIEhB>
4. UNEP/SETAC. (2009). *Life Cycle Management: How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable*. Obtenido de <https://cutt.ly/UfSV7uH>
5. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. (2014). *Life Cycle Thinking in Latin America: 12 case studies of LCA and LCM approaches of companies in the region*. Obtenido de <https://cutt.ly/7fSLlf0>



Abstracts



Industrial symbiosis and circular economy

LCA AND EPD AS COMPLEMENTARY TOOLS TO ASSESS THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES

Claudia A. Peña

ADDERE Research and Technology, HUB EPD LATAM. cpena@addere.cl; claudia@epd-americalatina.com

ABSTRACT

The development of the Circular Economy (CE) has created a whole new way of thinking about service-oriented products and offers a wide range of opportunities for the retention of value and the preservation of materials in the economy. However, the CE emphasis continues to be focused above all on the economic impacts that circular strategies can generate. The LCA community has more than 20 years of development and application of environmental life cycle impact assessment models, whose application has been effective to recognize hotspots and advance in the continuous improvement of product systems. Consequently the LCA methodology has been widely adopted and applied by industry. In this context, companies around the world have begun to use the LCA as a complementary tool for their CE programs. LCA allow them to environmentally evaluate the different circular strategies for a certain circular vision objective. It also allows them to promote the active and safe involvement of their supply chains in said strategies, facilitating the comparative analysis of their life cycle impacts, through product category rules (PCR) and Type III Environmental Declarations (EPD). This study analyzes the progress in the application of LCA and related methodologies, as a complementary tools to measure and assess circularity. Key industry examples are reviewed in the framework of the discussion carried out by international organisms such as the LC Initiative, the PACE Platform of the World Economic Forum and also the agreements reached within the ISO TC323, in order to identify common views, consensus and opportunities for the Latin American Region.

Keywords: circular economy, LCA, EPD

ACV COMO HERRAMIENTA PARA LOGRAR UNA INDUSTRIA CIRCULAR

LCA AS TOOL TO ACHIEVE A CIRCULAR INDUSTRY

ACV COMO UMA FERRAMENTA PARA ATINGIR UMA INDÚSTRIA CIRCULAR

Clarisa Alejandrino ^{1*}, Irma Mercante ¹

¹Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS), Instituto de Medio Ambiente (IMA), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo Centro Universitario C.P.: M5502JMA, Ciudad de Mendoza, Provincia de Mendoza, Argentina. clarisa.alejandrino@ingenieria.uncuyo.edu.ar, irma.mercante@ingenieria.uncuyo.edu.ar

RESUMEN

Durante los últimos años se ha afianzado la idea de que el camino hacia el desarrollo sostenible requiere modificar la economía actual, lineal, por una economía circular (EC). La Unión Europea lanzó en marzo de 2020 el nuevo plan de acción de EC con el objeto de acelerar este cambio, contribuir al Pacto Verde Europeo para una economía climáticamente neutra y desvincular el crecimiento económico del uso de recursos. Este plan de acción propone una política de productos sostenibles basada en tres aspectos: el diseño de productos sostenibles, el empoderamiento de consumidores y compradores públicos y la circularidad en procesos de producción. El presente trabajo se centra en el último aspecto y plantea como hipótesis que el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta idónea para la comparación y selección de las estrategias de EC en la industria.

El objetivo principal del trabajo es evaluar los impactos y/o beneficios ambientales de la aplicación de estrategias de EC en un caso de estudio de una industria a través del ACV. La industria corresponde a una fábrica de elementos constructivos de hormigón y mortero premoldeados. Se consideró un alcance de la cuna a la puerta y se tomó como unidad funcional 1 m³ de producto final. Se generaron escenarios alternativos a partir de tres estrategias de circularidad, uso de materiales reciclados, reciclaje de residuos y recirculación interna de materiales. Los escenarios alternativos se compararon con el escenario base. Se utilizaron indicadores de inventario y del método de evaluación de impactos ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 / World (2010) H. Para el modelado de los impactos se empleó el software Simapro 9.0.

Los valores de los indicadores de inventario presentaron importantes mejoras de los escenarios alternativos respecto al escenario base. El escenario de uso de materiales reciclados logró reducciones menores al 5% del consumo de agua, árido fino y cemento y redujo en un 20% el consumo de árido grueso virgen. El escenario de reciclaje de residuos produjo la reducción del 100% de residuos enviados a vertedero. El escenario de recirculación interna de materiales redujo el 20% del consumo de árido grueso y representó casi un 50% menos de residuos en vertedero. Respecto a la evaluación de impactos, se identificaron reducciones solo en cuatro categorías para el escenario de uso de materiales reciclados y aumentos en todas las demás. En el escenario de reciclaje de residuos el impacto fue mayor para todas las categorías analizadas. Finalmente, el escenario de recirculación interna de materiales presentó reducciones en quince de las categorías de impacto analizadas.

Si bien todos los escenarios alternativos resultaron beneficiosos desde el punto de vista de la EC, el análisis de impactos ambientales mostró diferencias entre los tres escenarios alternativos. Es posible concluir que la recirculación de materiales en planta representa la mejor alternativa de las tres estrategias analizadas desde el punto de vista ambiental.

El análisis en detalle de las contribuciones a los perfiles de impacto, permitió identificar que en todos los escenarios la mayor parte de las contribuciones se debe al cemento. Se plantea como futura investigación el reemplazo parcial del cemento por otros agentes ligantes, siempre que no se afecten las prestaciones del producto. Otras estrategias relativas a la circularidad en los procesos de producción son eficiencia energética, utilización de energía renovable y recirculación de efluentes. Todas podrían ser analizadas mediante ACV para complementar el presente estudio.

Finalmente, se concluye que la utilización de ACV resulta de gran utilidad para comparar estrategias de economía circular en la industria. No todas las estrategias de EC generaron menores impactos sobre el ambiente cuando el ciclo de vida completo de productos y servicios fue considerado. Se recomienda un análisis integral

de los resultados de indicadores de impacto con los de indicadores de inventario para lograr la visión sistémica necesaria para la toma de decisiones en el marco de la economía circular y el desarrollo sostenible.

Palabras clave: economía circular, comparación de estrategias, procesos de producción.

ABSTRACT

In recent years, modification of the current linear economy for a circular economy (CE) as a requirement for sustainable development path has become a consolidated idea. The European Union launched the new EC action plan in March 2020 with the aim of accelerating this change, contributing to European Green Deal for a climate neutral economy and decoupling economic growth from the use of resources. This action plan proposes a sustainable product policy based on three aspects: the design of sustainable products, the empowerment of consumers and public buyers, and the circularity in production processes. Present research focuses on the last aspect and propose the hypothesis that Life Cycle Assessment (LCA) is an ideal tool for the comparison and selection of CE strategies for industry.

Main objective was to evaluate the environmental impacts and / or benefits of the application of CE strategies for a case study. The industry selected is a factory of precast concrete and mortar construction elements. A scope from cradle to gate was considered and 1 m³ of final product was settled as functional unit. Alternative scenarios were generated from three strategies of circularity: use of recycled materials, recycling of waste and internal recycling of materials. They were compared with the baseline scenario. Inventory indicators and ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 / World (2010) H impact evaluation method were used. For impact modelling, Simapro 9.0 software was used.

Inventory indicators presented significant improvements for alternative scenarios compared to the base scenario. The scenario of use of recycled materials achieved reductions of less than 5% in the consumption of water, while fine aggregate and cement reduced the consumption of virgin coarse aggregate by 20%. The waste recycling scenario produced a 100% reduction of waste sent to landfill. The scenario of internal recirculation of materials reduced the consumption of coarse aggregate by 20% and represented almost 50% less waste in landfill. Regarding impact assessment, the scenario of use of recycled materials showed reductions for only four categories and increases for the rest. In the waste recycling scenario, the impact results were greater for all the categories analysed. Finally, the scenario of internal recirculation of materials presented reductions for fifteen categories.

Although all the alternative scenarios were beneficial from the CE point of view, the analysis of environmental impacts showed differences between the three alternative scenarios. It is possible to conclude that recycling of materials in the plant is the best alternative, of the three strategies analysed, from the environmental point of view.

The detailed analysis of the contributions of each process and material to the impact profiles allowed to identify that for all scenarios higher contributions were due to cement consumed. A new scenario that partially replaces cement by other binding agents is proposed as future research, as long as product performance will not be affected. Other strategies related to circularity in production processes are energy efficiency, use of renewable energy and effluent recirculation. All could also be analysed with LCA to complement this study.

Finally, it is concluded that the use of LCA is very useful for comparing circular economy strategies in industry. Not all CE strategies showed minor impacts on the environment when the entire life cycle of products and services were considered. A comprehensive analysis of the results of impact indicators with inventory indicators is recommended to achieve the systemic vision necessary for decision making within circular economy and sustainable development.

Key words: circular economy, comparison of strategies, manufacturing processes.

RESUMO

Nos últimos anos, consolidou-se a ideia de que o caminho para o desenvolvimento sustentável passa pela modificação da atual economia linear para uma economia circular (EC). A União Europeia lançou em março de 2020 um novo plano de ação da EC com o objetivo de acelerar esta mudança, contribuindo para o Pacto Verde Europeu para uma economia neutra para o clima e dissociando o crescimento econômico da utilização de recursos. Este plano de ação propõe três aspectos para enquadrar uma política de produtos sustentáveis: o desenho de produtos sustentáveis, a capacitação de consumidores e compradores públicos e a circularidade nos processos de produção. O presente trabalho centra-se no último aspecto e levanta a hipótese de que a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta ideal para a comparação e seleção de estratégias alinhadas com a EC que uma indústria poderia aplicar.

O principal objetivo do trabalho é avaliar os impactos ambientais e / ou benefícios da aplicação de estratégias de EC em um estudo de caso de uma indústria por meio da Análise do Ciclo de Vida (ACV). A indústria corresponde a uma fábrica de elementos pré-fabricados de concreto e argamassa. Um vão do berço à porta foi considerado e 1 m³ de produto final foi considerado como a unidade funcional. Cenários alternativos foram gerados a partir de três estratégias de circularidade, uso de materiais reciclados, reciclagem de resíduos e reciclagem interna de materiais; que foram comparados com o cenário de linha de base. Foram utilizados indicadores de inventário e método de avaliação de impacto ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 / World (2010) H. Para a modelagem de impacto, foi utilizado o software Simapro 9.0.

Os valores dos indicadores de inventário apresentaram melhorias significativas nos cenários alternativos em relação ao cenário base. O cenário de utilização de materiais reciclados alcançou reduções de menos de 5% no consumo de água, agregado fino e cimento e reduziu em 20% o consumo de agregado graúdo virgem. O cenário de reciclagem de resíduos envolveu uma redução de 100% no envio de resíduos para aterro. O cenário de recirculação interna de materiais reduziu o consumo de agregado graúdo em 20% e representou quase 50% a menos de resíduos em aterro. Os resultados da avaliação de impacto permitiram identificar reduções em apenas quatro categorias de impacto ambiental para o cenário de uso de materiais reciclados e aumentos em todas as demais. No cenário de reciclagem de resíduos, o impacto avaliado para todas as categorias analisadas foi maior. Finalmente, o cenário de recirculação interna de materiais apresentou reduções em quinze das categorias de impacto analisadas.

Embora todos os cenários alternativos analisados sejam apresentados como benéficos do ponto de vista da EC, a análise dos impactos ambientais obtida a partir da ACV indica diferenças entre os três cenários alternativos. É possível concluir que a reciclagem de materiais na planta representa a melhor alternativa das três estratégias analisadas do ponto de vista ambiental.

A análise detalhada das contribuições de cada processo e material para os perfis de impacto permitiu identificar que em todos os cenários a maior parte das contribuições se deve ao cimento. Em resposta, a análise de um novo cenário que inclui a substituição parcial do cimento por outros ligantes é proposta como pesquisa futura, desde que o desempenho do produto não seja afetado. Outras estratégias relacionadas à circularidade nos processos produtivos para possível incorporação são a eficiência energética, o uso de energia renovável e a recirculação de efluentes, que também poderão ser analisadas utilizando ACV para complementar este estudo.

Por fim, conclui-se que o uso da ACV é muito útil para comparar estratégias de economia circular na indústria, uma vez que nem todas as estratégias de EC representam impactos menores ao meio ambiente quando considerado todo o ciclo de vida de produtos e serviços. Recomenda-se sempre uma análise abrangente dos resultados dos indicadores de impacto com os indicadores de inventário, como o consumo de materiais, energia e água, bem como a quantidade de resíduos gerados, para atingir a visão sistêmica necessária à tomada de decisão no âmbito da economia circular e desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: economia circular, comparação de estratégias, processos produtivos.

PROMOVIENDO LA ECONOMIA CIRCULAR REGIONAL. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTORES DE LA CUENCA DE ABASTECIMIENTO DE GRANOS DE UNA COOPERATIVA

PROMOVING THE REGIONAL CIRCULAR ECONOMY. CHARACTERIZATION OF FARMERS IN THE GRAIN SUPPLY BASIN OF COOPERATIVE

PROMOVENDO A ECONOMIA CIRCULAR REGIONAL. CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTORES NA ZONA DE ABASTECIMENTO DE GRÃOS DE UMA COOPERATIVA

Aranza A. Rodriguez ^{1,2}, Luciana Magnano ¹, María Noel Barrinat ³, Marcelo Milo Vaccaro ¹, Gloria C. Rótolo ^{1*}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria Oliveros (INTA - EEA Oliveros), Desempeño y Sostenibilidad Ambiental de Sistemas Agroindustriales, Ruta 11 km 353, 2206 Oliveros, Argentina. * rotolo.gloria@inta.gob.ar, rodriguez.aranza@inta.gob.ar, magnano.luciana@inta.gob.ar, milovaccaro.marcelo@inta.gob.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – 27 de febrero 210, 2000 Rosario, Argentina.

³ Cooperativa Agrícola Ganadera de Monje, Ruta 11 km 376, 2212 Monje, Argentina. mnoelbarrinat@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Vivimos en un mundo donde los sistemas naturales tienen un comportamiento circular, mientras que la sociedad funciona dentro de un enfoque lineal. Este enfoque lineal de producción se basa en los conceptos de “tomar-hacer, consumir y desperdiciar”, y se rige por las preferencias del mercado y las políticas establecidas. La inequidad y el desequilibrio en la provisión de los recursos naturales y sus servicios ecosistémicos asociados, se vieron agudizados provocando alteraciones severas del medio terrestre y el desperdicio de un tercio de la producción mundial de alimentos. Por lo tanto, seguir con las actividades como de costumbre ya no es posible y nuevas formas de producción deben ser analizadas. La economía circular es una alternativa para restaurar el medio ambiente, reutilizar/ reparar o reciclar nuestros desechos y cambiar nuestros conceptos de consumo y producción. La agricultura, primer eslabón de la producción de alimentos, tiene una oportunidad y rol fundamental para el ciclado de recursos. Entre los principios que la rigen se encuentran las rotaciones (de cultivos y agrícola-ganadera), la protección del suelo con cultivos y el uso de los recursos naturales como factores de producción. Algunos de estos principios ya se están utilizando. Sin embargo, en la zona no se ha encontrado información sobre cuántos de ellos y en qué medida se utilizan. Por ello, el objetivo específico del presente trabajo fue identificar y caracterizar el uso y los flujos de los recursos y la energía asociados a la cuenca de provisión de granos de la Cooperativa agrícola de Monje. Este trabajo es parte de otro denominado “Estudio de esquemas circulares en sistemas agroindustriales de la provincia de Santa Fe-Área de Monje como caso de estudio”.

Sistema de estudio: Es la cuenca de abastecimiento de grano de la Cooperativa Agrícola de Monje (32°22'02" lat. S y 60°56'08" long. O), provincia de Santa Fe. En 2018, la provincia contribuyó con el 22,1% de las exportaciones totales en USD y exporta alrededor del 80% del total nacional de granos, aceites vegetales y subproductos a través de importantes empresas ubicadas en la zona. La Cooperativa agrupa alrededor de 400 productores, recibe y acopia granos. Parte de ellos son exportados y otra parte los cicla internamente a través de diferentes procesos.

Método: Se establecieron criterios para clasificar las rotaciones y el manejo de residuos de producción primaria. Se definió, junto a profesionales de la Cooperativa de Monje, un mapa de distribución de las unidades productivas (UP). Se elaboraron encuestas semiestructuradas para relevar manejo de los recursos, uso de la tierra, rotaciones agrícolas-ganaderas, inclusión de CC, manejo de residuos de cultivos, productos y comercialización. Se decidió censar a todos aquellos productores que entregaran el 100% de su producción de granos a la cooperativa. La modalidad fue por medio de encuentro personal y a distancia (debido al aislamiento social preventivo y obligatorio causado por el COVID-19) utilizando herramientas de comunicación virtuales o inalámbricas.

Resultado: Se relevaron, hasta el momento, 46 de las 61 UP identificadas, de las cuales 30 fueron con modalidad a distancia. La información analizada de las 46 UP, muestra que el 23% de la tierra es cultivada por sus dueños, mientras que el 77% es alquilada. Dieciséis productores manifestaron practicar ganadería, y el 56% de estos últimos rota agricultura con ganadería. El 76% de la tierra trabajada se destina a agricultura y el 24% a ganadería. El 96% de los productores realiza algún tipo de rotación de cultivos. El 38% del total de UP ganaderas, practica ganadería intensiva. El 70% no trata los envases plásticos provenientes de agroquímicos, mientras que el resto lo entrega a terceros.

Discusión y Conclusiones: Entre otros factores las rotaciones y la integración agrícola-ganadera, contribuyen al ciclado de recursos dentro de los mismos establecimientos y de la región analizada. Esto ayudaría a bajar costos y disminuir impactos ambientales. El análisis realizado hasta el momento muestra que hay un gran porcentaje de productores que realizan algún tipo de rotación pero es bajo el porcentaje integración entre agricultura y ganadería. El porcentaje de productores que rentan terrenos podría también influir en el grado de integración de cultivos con ganadería y en el tipo de rotaciones. La información recopilada será utilizada para un estudio económico-ambiental del uso de recursos y de las prácticas de manejo realizadas en la zona de referencia. Esto contribuirá a la identificación de puntos críticos para validar acciones e identificar oportunidades en la cuenca de abastecimiento de la cooperativa, aportando a la mejora del desempeño económico-ambiental regional. La presente caracterización, así como el estudio final podría estimular el análisis de otras zonas de abastecimiento ligadas a cooperativas para contribuir a la disminución de costos y aumento de competitividad.

Palabras Claves: agricultura circular, cooperativa agrícola, rotaciones.

ABSTRACT

Introduction: We live in a world where the natural systems have a circular behavior, but the society function within a lineal approach. This lineal approach is based in the concepts: "take/make, consume and waste", and is guided by the market preferences and established policies. The inequity and imbalance in natural resources provision and its ecosystems services associated, have been accentuated provoking severe alterations on terrestrial environment and the waste of one third of the world food production. Therefore, it is not possible to continue with activities as usual, then new forms of production should be analyzed. The Circular Economy is an alternative for restoring the environment, re-using/repairing or recycling our waste and changing our consumption and production concepts. The agriculture, which is the first stage in food production, has an opportunity and fundamental roll for resources cycling. Rotations (among crops and crops-livestock), soil protection with crops and the use of natural resources as production factors are among the principles that govern it. Some of these principles have been already used. However, no information has been found in the area about how many of them and to what extent they are used. Thus, the specific aim of this research was to identify and characterize the use and flow of resources and energy associated to the grain supply basin of Monje Agricultural Cooperative. This work is part of another, called "Study of circular schemes in agro - industrial systems in Santa Fe province-Monje area, as a case study.

Study system: This is the grain supply basin of the Agriculture Cooperative of Monje (32°22'02" lat S y 60°56'08" long O), in Santa Fe province. In 2018, the province contributed with 22.1 % of total exports (in USD) and exports around 80 % of national total in grains, vegetal oils and sub products, through important companies located in the area. The cooperative groups around 400 farmers, receives and stores grains. Part of them is exported and another part cycles internally through different processes.

Method: Criteria were established to classify rotations and the waste management of primary production. A distribution map of the productive units (PU) was defined in collaboration with Monje Cooperative's professionals. Semi-structured surveys were used to assess resource management, land use, crop-livestock rotations, inclusion of cover crops (CC), management of crop residues, products and commercialization. A census of all those farmers who delivered 100% of their grain production to the cooperative was conducted. This was performed through personal and distance meeting (due to preventive and mandatory social isolation caused by COVID-19) using virtual or wireless communication tools -.

Results: So far, the survey was completed by 46 out of 61 PUs identified and 22 of them were done by remote mode. The information analyzed shows that 23% of the land is cultivated by its owners, while 77% is rented. Sixteen producers have livestock, and 56% of them rotate crops with livestock. While crop production occupies 86% of the land, 24% is allocated for livestock. Some type of crop rotation is carried out by 96% of the PU. Among the livestock PU, 38% of them are intensive. Moreover, 70% of the PU do not treat plastic containers from agrochemicals, while the rest deliver it to third parties.

Discussion and conclusion: Among other factors, rotations and integration within agricultural-livestock contribute to the cycling of resources within the same establishments and the analyzed region. This would help to reduce costs and environmental impacts. The analysis performed shows that there is a large percentage of producers who carry out some type of rotation but there is low integration between agriculture and livestock. The percentage of producers who rent land could also influence on the degree of integration of crops with livestock and the type of rotations. In addition, the information collected will be used for an economic-environmental study of the use of resources and the management practices carried out in the reference area. This will contribute to the identification of Hotspots to validate actions and identify opportunities in the supply basin of the cooperative, contributing to the improvement of regional economic-environmental performance. The present characterization, as well as the final study could stimulate the analysis of other supply areas linked to cooperatives to contribute to the reduction of costs and increase of competitiveness.

Keywords: agricultural cooperative, circular agriculture, rotations.

RESUMO

Introdução: Nosso modo de vida não é funcional, vivemos em um mundo onde os sistemas naturais possuem um comportamento circular, enquanto a sociedade trabalha dentro de uma abordagem linear. A abordagem linear da produção é baseada nos conceitos de “pegar, consumir e desperdiçar”, e é regida pelas preferências do mercado e políticas estabelecidas. A desigualdade e o desequilíbrio na provisão de recursos naturais e seus serviços ambientais associados foram exacerbados, causando graves alterações no meio ambiente terrestre e o desperdício de um terço da produção mundial de alimentos. Portanto, a continuidade das atividades normalmente não é mais possível e nova forma de produção devem ser analisadas. A economia circular é uma alternativa ao paradigma da economia linear, para restaurar o ambiente, reaproveitar / reparar ou reciclar os nossos resíduos e mudar as nossas visões e conceitos de consumo e produção. A agricultura, primeiro elo na produção de alimentos, tem uma oportunidade e um papel fundamental para a ciclagem dos recursos. Entre os princípios que o regem estão às rotações (lavoura e agropecuária), a proteção da terra com lavouras e o uso dos recursos naturais como fatores de produção. Alguns desses princípios já estão em uso. No entanto, nenhuma informação foi encontrada na área sobre quantos deles e em que medida são usados. Portanto, o objetivo específico deste estudo foi identificar e caracterizar o uso e os fluxos de recursos e energia associados à zona de abastecimento de grãos da Cooperativa Agrícola de Monje. Este trabalho faz parte de outro denominado “Estudo de diagramas circulares em sistemas agroindustriais da província de Santa Fé-Monje Área como estudo de caso”.

Sistema de estudo: É a zona de abastecimento de grãos da Cooperativa Agrícola de Monje (32°22'02 " lat. S e 60°56'08 " long. W), província de Santa Fé. Em 2018, a província contribuiu com 9,4% da produção nacional PIB e 22,1% do total das exportações em USD e exporta cerca de 80% do total nacional de grãos, óleos vegetais e derivados por meio de importantes empresas localizadas na região. A Cooperativa, que reúne cerca de 400 produtores, recebe e coleta grãos. Parte deles é exportada e outra parte os executa internamente por meio de diferentes processos.

Método: foram estabelecidos critérios para classificar as rotações e o gerenciamento de resíduos da produção primária. Foi definido um mapa de distribuição das unidades produtivas (UP), em conjunto com os profissionais da Cooperativa de Monje, e elaborados levantamentos semiestruturados para avaliar a gestão de recursos, uso do solo, rotação agropecuária, inclusão de CC, gestão de resíduos culturais, resíduos de o sistema em geral, produtos e comercialização. Em reuniões conjuntas, decidiu-se censo a todos os produtores que entregaram 100% de sua produção de grãos à cooperativa. A modalidade se deu por meio de encontro presencial e remoto (devido ao isolamento social preventivo e obrigatório causado pelo COVID-19) utilizando ferramentas de comunicação virtual ou wireless - telefonia, Skype, Zoom e Whatsapp.

Resultado: Até o momento, foram levantadas 46 das 61 UPs identificadas, das quais 30 eram remotas. As informações analisadas nas 46 UP mostram que 23% das terras são cultivadas pelos proprietários, enquanto 77% são alugadas. Dezesesseis produtores afirmaram que praticam a pecuária, e 56% destes fazem rotação da agricultura com a pecuária. 76% da terra trabalhada é usada para agricultura e 24% para pecuária. 96% dos produtores realizam algum tipo de rotação de culturas. 38% da pecuária UP total praticam pecuária intensiva. 70% não tratam embalagens plásticas de agroquímicos, enquanto os demais entregam a terceiros.

Discussão e Conclusões: Entre outros fatores, as rotações e a integração agro-pecuária contribuem para a ciclagem de recursos dentro dos mesmos estabelecimentos e da região analisada. Isso ajudaria a reduzir custos e reduzir os impactos ambientais. A análise realizada até o momento mostra que existe um grande percentual de produtores que realizam algum tipo de rotação, mas o percentual de integração entre agricultura e pecuária é baixo. A porcentagem de produtores que alugam terras também pode influenciar o grau de integração das

lavouras com a pecuária e o tipo de rotação. A informação recolhida será utilizada para um estudo económico-ambiental da utilização dos recursos e das práticas de gestão efetuadas na zona de referência. Isso contribuirá para a identificação de pontos críticos para validação de ações e identificação de oportunidades na zona de abastecimento da cooperativa, contribuindo para a melhoria do desempenho económico-ambiental regional. Esta caracterização, assim como o estudo final, poderá estimular à análise de outras áreas de abastecimento vinculado as cooperativas para ajudar a reduzir custos e aumentar a competitividade.

Palavras-chave: agricultura circular, cooperativa agrícola, rotações.

ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE DIETAS ALIMENTICIAS SEGÚN UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y NIVEL SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE ECONOMÍA CIRCULAR

Francisca Riveros ^{1,*}, Camila López Eccher ¹ Edmundo Muñoz ³

¹ Escuela de Ciencias Ambientales y Sustentabilidad, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. f.riverosacevedo@gmail.com, ca.lopezeccher@gmail.com

² Centro de Investigaciones para la Sustentabilidad, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. edmundo.munoz@unab.cl

RESUMEN

Los alimentos son un recurso indispensable para el ser humano, ya que entregan la energía y nutrientes que el organismo necesita para vivir. Y debido al crecimiento de la población en los últimos años, se estima que la demanda de alimentos crecerá en un 50% al 2050, lo que conduce a una mayor demanda de recursos naturales asociados a la cadena de suministro de alimentos. La cadena de suministro de alimentos requiere de insumos como energía eléctrica, combustibles, fertilizantes y pesticidas, agua, etc., y también genera residuos como gases de efecto invernadero, residuos orgánicos, residuos sólidos, agua residual, entre otros, por lo que se generan impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida. Cabe destacar que, hoy en día la producción de alimentos utiliza el 40% del uso de la tierra, genera el 30% de los gases de efecto invernadero y consume un 70% del consumo de agua potable, por lo que es un desafío pasar de una economía lineal a una economía circular en esta industria.

En este trabajo se analizaron los impactos ambientales asociado a dietas alimenticias según variables geográficas y socioeconómicas con la herramienta análisis de ciclo de vida (ACV) para identificar oportunidades de economía circular. La unidad funcional utilizada fue la alimentación de una persona al día y las categorías de impacto evaluadas fueron cambio climático, demanda acumulada de energía, ecotoxicidad terrestre y uso de agua.

Como resultado, el proceso de producción de alimentos fue el mayor contribuyente al impacto ambiental en todas las categorías, siendo las carnes y los productos de origen animal los alimentos que presentaron los impactos más altos. Otro punto que destacar por su participación al impacto ambiental es la pérdida y el desperdicio de alimentos, correspondientes a las etapas de producción y uso respectivamente, en conjunto con la etapa final de disposición de residuos.

Para la etapa de producción se observó que existen muchas oportunidades en los avances tecnológicos que facilitan la adopción de soluciones más circulares, se observó que los rendimientos de producción, la ubicación geográfica y la tecnología utilizada en los procesos son determinantes a la hora de evaluar un impacto ambiental. Con respecto a la pérdida y desperdicio de alimentos, existen variadas opciones de negocio para la generación de residuos, opciones para inhibirla o para valorizarla como un recurso, y así lograr una industria agroalimentaria más circular.

Con respecto al nivel socioeconómico, se observaron variables que podrían ser potenciales opciones para llegar a una economía circular. Las personas de menor nivel socioeconómico presentan un menor impacto ambiental, esto debido a que tienen un uso más provechoso de los alimentos, de modo que, generan un menor desperdicio de alimentos y menor consumo energético en la etapa de uso para almacenamiento y cocción. También tienen un menor consumo productos cárnicos lo que conlleva a un menor impacto ambiental, ya que dietas basadas en una menor ingesta de alimentos de origen animal producen un impacto ambiental inferior.

Finalmente se concluye que los avances tecnológicos en la agroindustria facilitarían el camino a una economía circular, también hay diversas formas de prevenir la generación de residuos alimenticios y darles uso como materias primas que ya no serían un desecho. Existen oportunidades para llegar a una economía circular, que implementen el aspecto económico, ambiental y social, que se pueden implementar en distintas etapas del ciclo de vida de los alimentos.

Palabras claves: Análisis de ciclo de vida, impacto ambiental, producción de alimentos, economía circular, residuos alimenticios.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE AGRO-SERVICES SYMBIOSIS IN FRONTIER TERRITORIES. CASE STUDY MENDOZA (ARGENTINA)

Natalia Bonilla-Gómez ¹, Susana Toboso-Chavero ^{1,2}, Felipe Parada ¹, Bárbara Civit ³, Joan Rieradevall ^{1,2}

¹ Sostenipra Research Group (SGR 1683), Institute of Environmental Sciences and Technology (ICTA), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Spain.

² Department of Chemical, Biological Environmental Engineering, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Spain

³ Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable (UTN FRM), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

ABSTRACT

In the next 10 years, cities will house 60% of the world's population, where in agro-urban frontier territories problems associated with land use and water distribution arise due to demand, the latter mainly in semi-arid regions. Due to the increase in urbanization and loss of agricultural areas, a model of agro-urban growth that contemplates the lowest use of resources must be proposed. Therefore, the aim of this study is to determine the environmental impact of the use of resources in frontier territories of semi-arid regions with conventional linear urban growth and the one that integrates agro-urban planning with circular and symbiosis vision in water cycle. The study is focused on Luján de Cuyo in Mendoza, Argentina. Through a life cycle assessment, environmental performance was evaluated. In addition, an ecoefficiency analysis was performed in relation to climate change and water consumption and the cost of the surface uses, as well as an assessment according to the multifunctionality of surface use. The outcomes illustrate that the scenario that integrates agriculture to the gardens and roofs (2 green plus) has the least environmental impacts, due to the circular vision that uses grey water and collected rainwater from the city into integrated agriculture. Compared to the linear scenario, both circular scenarios show a substantial reduction in water consumption (38-42%) and marine eutrophication (27-34%) and curtail freshwater eutrophication impacts. Furthermore, household's energy is the most critical flow in most impact categories. Scenario 2 (integrates agriculture in gardens) reaches maximum eco-efficiency for water consumption, while for climate change, none of the proposed scenarios for urban growth reaches eco-efficiency. Additionally, scenario 2 green plus has the lowest climate change impact in terms of the multifunctionality of surface use (1.82E+05 kg CO₂eq/ha). This study shows that it is possible to achieve a more sustainable frontier in terms of water and food, through a vision of circularity and symbiosis, with maintenance and integration of agriculture with urban growth.

Keywords: life cycle assessment (LCA)₁, circular green cities₂, water footprint₃, frontier territories₄, agro-urban planning₅, vineyard₆, urban metabolism₇, and urban transition₈

RESUMEN

En los próximos 10 años las ciudades albergarán al 60% de la población mundial, donde en los territorios frontera agro-urbanos surgen problemas relacionados con el uso de la tierra y la distribución del agua debido a la demanda, esta última principalmente en las regiones semiáridas. Debido al aumento de la urbanización y a la pérdida de zonas agrícolas, es necesario proponer un modelo de crecimiento agro-urbano que contemple el menor uso de los recursos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar el impacto ambiental del uso de los recursos en los territorios frontera de las regiones semiáridas con crecimiento urbano lineal convencional y el que integra la planificación agro-urbana con la visión circular y de simbiosis en el ciclo del agua. El estudio se enfoca en Luján de Cuyo, en Mendoza, Argentina. Mediante un análisis de ciclo de vida se evaluó el desempeño ambiental. Además, se realizó un análisis de ecoeficiencia considerando el cambio climático y el consumo de agua, y el precio del uso de la superficie, y una evaluación según la multifuncionalidad del uso de la superficie. Los resultados muestran que el escenario que integra la agricultura a los jardines y las cubiertas (2 green plus) tiene los menores impactos ambientales, debido a la visión circular que utiliza las aguas grises y el agua de lluvia recolectada de la ciudad en la agricultura integrada. Los escenarios circulares comparados con los lineales tienen

una reducción sustancial en el consumo de agua (38-42%) y en la eutrofización marina (27-34%), y evitan los impactos en la eutrofización de agua dulce. Además, la energía doméstica es el flujo más crítico en la mayoría de las categorías de impacto. El escenario 2 (que integra la agricultura en los jardines) alcanza la máxima ecoeficiencia para el consumo de agua, mientras que para el cambio climático, ninguno de los escenarios propuestos para el crecimiento urbano alcanza la ecoeficiencia. Además, el escenario 2 green plus tiene el menor impacto en cambio climático en cuanto a la multifuncionalidad del uso de la superficie ($1,82E+05$ kg CO₂eq/ha). Este estudio muestra que es posible lograr una frontera más sostenible en términos de agua y alimentos, a través de una visión de circularidad y simbiosis, con el mantenimiento e integración de la agricultura con el crecimiento urbano.

RESUMO

Nos próximos 10 años, as cidades acolherão 60% da população mundial, onde os problemas relacionados com o uso do solo e a distribuição de água surgem nos territórios agro-urbanos fronteiros devido à procura, estes últimos principalmente nas regiões semi-áridas. Devido ao aumento da urbanização e à perda de áreas agrícolas, é necessário propor um modelo de crescimento agro-urbano que contemple a menor utilização de recursos. Portanto, o objectivo deste estudo é determinar o impacto ambiental da utilização de recursos nos territórios fronteiros de regiões semi-áridas com crescimento urbano linear convencional e o que integra o planeamento agro-urbano com a visão circular e de simbiose no ciclo da água. O estudo se concentra em Luján de Cuyo, em Mendoza, Argentina. Através de uma análise do ciclo de vida, o desempenho ambiental foi avaliado. Além disso, foi realizada uma análise de eco-eficiência considerando as alterações climáticas e o consumo de água, e o preço da utilização de superfície, e uma avaliação de acordo com a multifuncionalidade da utilização de superfície. Os resultados mostram que o cenário que integra a agricultura aos jardins e telhados (2 green plus) tem o menor impacto ambiental, devido à visão circular que utiliza a água cinzenta e a água da chuva recolhida da cidade na agricultura integrada. Os cenários circular versus linear têm uma redução substancial no consumo de água (38-42%) e eutrofização marinha (27-34%), e evitam impactos na eutrofização de água doce. Além disso, a energia doméstica é o fluxo mais crítico na maioria das categorias de impacto. O Cenário 2 (que integra a agricultura em jardins) atinge a eco-eficiência máxima para o consumo de água, enquanto que para as alterações climáticas, nenhum dos cenários propostos para o crescimento urbano atinge a eco-eficiência. Além disso, o cenário 2 green plus tem o menor impacto nas alterações climáticas em termos de multifuncionalidade da utilização da superfície ($1,82E+05$ kg CO₂eq/ha). Este estudo mostra que é possível alcançar uma fronteira mais sustentável em termos de água e alimentos, através de uma visão de circularidade e simbiose, com a manutenção e integração da agricultura com o crescimento urbano.

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE COLÁGENO EXTRAÍDO DA PELE DE TILÁPIA-DO-NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS)

ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE PRODUCTION OF COLLAGEN EXTRACTED FROM THE SKIN OF TILAPIA-DO-NILE (OREOCHROMIS NILOTICUS)

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE COLÁGENO EXTRAÍDO DE LA PIEL DE LA TILAPIA (OREOCHROMIS NILOTICUS)

Maria Nayane Mateus Angelo ^{1*}, Johnny David Gomes de Queiroz ², Maria Cléa Brito de Figueiredo ³

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil. nayaneifce@gmail.com

² Universidade Estadual do Ceará, Programa de pós-graduação em Ciências Naturais, Fortaleza, Brasil. johnnydavid_queiroz@yahoo.com.br

³ Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Brasil. clea.figueiredo@embrapa.br

RESUMO

A grande valorização de subprodutos é uma das principais razões para efetuar extração de diferentes materiais a partir de resíduos agroindustriais. A pele da tilápia é uma alternativa atraente para a extração de colágeno, podendo reduzir a poluição ambiental e colaborar com a economia circular. Este trabalho compara os impactos de dois cenários de processamento da pele de tilápia para extração de colágeno, com os processos modelados em escala de produção piloto. No cenário 1, emprega-se energia elétrica nas etapas (extração de proteínas não colagenosas, de lipídeos e colágeno, filtração, diluição, precipitação, centrifugação, purificação do colágeno e moagem) enquanto no cenário 2, utiliza-se nas etapas de extração de proteínas não colagenosas, de lipídeos e colágeno, filtração, diluição, precipitação, centrifugação, purificação do colágeno e moagem (cenário 1) e uso de agentes de resfriamento (etileno glicol e cloreto de sódio). A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) foi realizada em relação a produção de um quilo de colágeno extraído. O escopo do estudo considerou os processos de produção de tilápia e filetagem, insumos e de extração do colágeno. Os dados primários, referentes a quantidade de insumos e rendimentos da rota ácido solúvel foram coletados em laboratório, no período de julho de 2019 a agosto de 2020, e empregados como base para o escalonamento do processo efetuado no software SuperPro Desinger® v11. Os dados secundários referentes as etapas de produção de reagentes e energia, foram originados dos inventários da base de dados *ecoinvent* v3.6. Foram consideradas as categorias de impactos: escassez hídrica (método AWARE), mudanças climáticas, ecotoxicidade de água doce, eutrofização marinha e de água doce, acidificação, toxicidade humana cancerígena e não cancerígena (ILCD Midpoint V1.05). Realizou-se análise de incerteza empregando a Matriz Pedegree e o método de Monte Carlo, considerando intervalo de confiança de 95%. No processo de extração de colágeno, foi obtido um rendimento de produção do colágeno de 19,05 % (kg/kg), sendo produzidos 609,7 kg de colágeno por batelada a partir de 3.200 kg de pele de tilápia inicial, cada batelada com duração de 136,65 horas, totalizando 55 bateladas por ano. A comparação dos impactos dos cenários e a análise de incerteza mostraram que o Cenário 2 foi mais impactante em todas as categorias avaliadas, principalmente devido à grande quantidade utilizada de etileno glicol nas etapas de resfriamento. A análise de contribuição dos cenários possibilitou a identificação de pontos críticos, necessária para a o desenvolvimento de melhorias futuras. Em ambos os cenários o impacto na escassez hídrica e eutrofização foi mais afetado pelo alto consumo de água necessário para limpeza da tilápia. A obtenção do filé também foi um fator impactante devido à disposição e descarte de resíduos (vísceras, escamas e cartilagem) gerados no processo, que contribui para o aumento da atividade aeróbia e consumo de oxigênio na degradação dessa matéria orgânica. A geração de resíduos sólidos na extração do colágeno, nos dois cenários, impactou as categorias analisadas devido a geração de lixiviado que possui potencia poluidor, devido a altos valores de carga orgânica que apresenta, prejudicando a fauna, flora e afetar a qualidade de água e solo. Outro insumo que apresentou impactos consideráveis, principalmente na categoria de acidificação, nos dois cenários foi o ácido acético, decorrente da sua produção

que gera altas emissões dos gases de dióxido de carbono e metano durante sua síntese. Somente no cenário 2 o processo mais impactante em todas as categorias estudadas foi o do resfriamento utilizando etileno glicol. Ao analisar a cadeia de produção do etilenoglicol, observa-se que a obtenção do óxido de etileno (OE), insumo usado na produção do etileno glicol, é a etapa mais impactante do processo, já que esse gás (OE) é extremamente tóxico e obtido através do craqueamento a vapor de hidrocarbonetos de origem petroquímica. Conclui-se que a produção de colágeno no cenário 1 gera menores impactos, podendo ainda ser modificada para redução desses impactos. Melhorias podem ser realizadas nesse cenário de produção com a destinação/aproveitamento dos resíduos sólidos, escolha de agentes de resfriamento de menor impacto e melhores condições na etapa de produção e filetagem da tilápia.

Palavras-chave: Avaliação do ciclo de vida, tilápia, colágeno, escalonamento.

ABSTRACT

The great valorization of by-products is one of the main reasons for extracting different materials from agro-industrial waste. Tilapia skin is an attractive alternative for collagen extraction, and can reduce environmental pollution and collaborate with the circular economy. This work compares the impacts of two processing scenarios of tilapia skin for collagen extraction, with the processes modeled in pilot production scale. In scenario 1, electric energy is used in the stages (extraction of non collagen proteins, lipids and collagen, filtration, dilution, precipitation, centrifugation, purification of collagen and grinding) while in scenario 2, it is used in the stages of extraction of non collagen proteins, lipids and collagen, filtration, dilution, precipitation, centrifugation, purification of collagen and grinding (scenario 1) and use of cooling agents (ethylene glycol and sodium chloride). The Life Cycle Assessment (LCA) was performed in relation to the production of one kilo of extracted collagen. The scope of the study considered the production processes of tilapia and filleting, inputs and collagen extraction. The primary data regarding the amount of inputs and yields of the soluble acid route were collected in the laboratory from July 2019 to August 2020 and used as the basis for the scheduling of the process performed in SuperPro Desinger® v11 software. The secondary data regarding the production stages of reagents and energy were originated from the inventories of the ecoinvent v3.6 database. The impact categories were considered: water scarcity (AWARE method), climate change, freshwater ecotoxicity, marine and freshwater eutrophication, acidification, human carcinogenic and non-carcinogenic toxicity (ILCD Midpoint V1.05). Uncertainty analysis using the Pedegree Matrix and the Monte Carlo method was performed, considering a 95% confidence interval. In the collagen extraction process, a collagen production yield of 19.05 % (kg/kg) was obtained, being produced 609.7 kg of collagen per batch from 3,200 kg of initial tilapia skin, each batch lasting 136.65 hours, totaling 55 batches per year. The comparison of the impacts of the scenarios and the uncertainty analysis showed that Scenario 2 was more impacting in all categories evaluated, mainly due to the large amount of ethylene glycol used in the cooling stages. The contribution analysis of the scenarios allowed the identification of critical points, necessary for the development of future improvements. In both scenarios the impact on water scarcity and eutrophication was more affected by the high consumption of water needed for cleaning tilapia. Obtaining the filet was also an impacting factor due to the disposal and disposal of residues (viscera, scales and cartilage) generated in the process, which contributes to the increase of aerobic activity and oxygen consumption in the degradation of this organic matter. The generation of solid residues in the extraction of collagen, in both scenarios, impacted the analyzed categories due to the generation of leachate that has a polluting power, due to the high values of organic load that it presents, damaging the fauna, flora and affecting the quality of water and soil. Another input that presented considerable impacts, mainly in the acidification category, in both scenarios was acetic acid, resulting from its production that generates high emissions of carbon dioxide and methane gases during its synthesis. Only in scenario 2 was the most impacting process in all the studied categories the cooling using ethylene glycol. When analyzing the ethylene glycol production chain, it is observed that obtaining the ethylene oxide (EO), an input used in the production of ethylene glycol, is the most impacting step of the process, since this gas (EO) is extremely toxic and obtained through steam cracking of hydrocarbons of petrochemical origin. It is concluded that the production of collagen in scenario 1 generates lower impacts, and can also be modified to reduce these impacts. Improvements can be made in this production scenario with the destination/use of solid waste, choice of cooling agents with lower impact and better conditions in the production and filleting stage of tilapia.

Keywords: Life cycle assessment, tilapia, collagen, scheduling.

RESUMEN

La gran valorización de los subproductos es una de las principales razones de la extracción de diferentes materiales de los desechos agroindustriales. La piel de tilapia es una alternativa atractiva para la extracción de colágeno y puede reducir la contaminación ambiental y colaborar con la economía circular. Este trabajo compara los impactos de dos escenarios de procesamiento de la piel de tilapia para la extracción de colágeno con los procesos modelados a escala de producción piloto. En el escenario 1, la energía eléctrica se utiliza en las etapas (extracción de proteínas no colágenas, lípidos y colágeno, filtración, dilución, precipitación, centrifugación, purificación del colágeno y molienda) mientras que en el escenario 2, se utiliza en las etapas de extracción de proteínas no colágenas, lípidos y colágeno, filtración, dilución, precipitación, centrifugación, purificación del colágeno y molienda (escenario 1) y el uso de agentes refrigerantes (etilenglicol y cloruro de sodio). La evaluación del ciclo de vida (ECV) se realizó en relación con la producción de un kilo de colágeno extraído. El alcance del estudio consideró los procesos de producción de tilapia y fileteado, los insumos y la extracción de colágeno. Los datos primarios relativos a la cantidad de insumos y rendimientos de la ruta del ácido soluble se recogieron en el laboratorio entre julio de 2019 y agosto de 2020, y se utilizaron como base para programar el proceso realizado en el software SuperPro Desinger® v11. Los datos secundarios relativos a las etapas de producción de reactivos y energía se originaron a partir de los inventarios de la base de datos ecoinvent v3.6. Se consideraron las categorías de impactos: escasez de agua (método AWARE), cambio climático, ecotoxicidad en agua dulce, eutrofización marina y en agua dulce, acidificación, toxicidad carcinógena y no carcinógena para el ser humano (ILCD Midpoint V1.05). Se realizó un análisis de incertidumbre utilizando la Matriz de Pedegree y el método de Monte Carlo, considerando un intervalo de confianza del 95%. En el proceso de extracción de colágeno se obtuvo un rendimiento de producción del 19,05 % (kg/kg) de colágeno, produciéndose 609,7 kg de colágeno por lote a partir de 3.200 kg de piel de tilapia inicial, con una duración de 136,65 horas cada lote, totalizando 55 lotes por año. La comparación de los impactos de los escenarios y el análisis de la incertidumbre mostró que el Escenario 2 tuvo más impacto en todas las categorías evaluadas, principalmente debido a la gran cantidad de etilenglicol utilizado en las etapas de enfriamiento. El análisis de la contribución de los escenarios permitió identificar los puntos críticos, necesarios para el desarrollo de futuras mejoras. En ambos escenarios el impacto en la escasez de agua y la eutrofización se vio más afectado por el alto consumo de agua necesaria para la limpieza de la tilapia. La obtención del filete fue también un factor de impacto debido a la eliminación y desecho de los residuos (vísceras, escamas y cartílagos) generados en el proceso, lo que contribuye al aumento de la actividad aeróbica y el consumo de oxígeno en la degradación de esta materia orgánica. La generación de residuos sólidos en la extracción de colágeno, en ambos escenarios, impactó en las categorías analizadas debido a la generación de lixiviados con poder contaminante, por los altos valores de carga orgánica que presenta, dañando la fauna, la flora y afectando la calidad del agua y el suelo. Otro insumo que presentó considerables impactos, principalmente en la categoría de la acidificación, en ambos escenarios fue el ácido acético, resultante de su producción que genera altas emisiones de dióxido de carbono y gases de metano durante su síntesis. Sólo en el escenario 2 fue el proceso más impactante de todas las categorías estudiadas el enfriamiento con etilenglicol. Al analizar la cadena de producción del etilenglicol, se observa que la obtención de óxido de etileno (OE), un insumo utilizado en la producción de etilenglicol, es el paso más impactante del proceso, ya que este gas (OE) es extremadamente tóxico y se obtiene a través del craqueo a vapor de hidrocarburos de origen petroquímico. Se concluye que la producción de colágeno en el escenario 1 genera impactos menores y también puede ser modificada para reducir estos impactos. Se pueden hacer mejoras en este escenario de producción con el destino/uso de los desechos sólidos, la elección de agentes refrigerantes de menor impacto y mejores condiciones en la etapa de producción y fileteado de la tilapia.

Palabras clave: Evaluación del ciclo de vida, tilapia, colágeno, programación.

RETHINKING THE WASTEWATER SYSTEM IN LIMA, PERU: TOWARDS CIRCULARITY AND RESILIENCE

REPENSANDO EL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN LIMA, PERÚ: HACIA LA CIRCULARIDAD Y LA RESILIENCIA

A Torre, I Vázquez-Rowe *, R Kahhat, E Parodi

Peruvian LCA and Industrial Ecology Network (PELCAN), Department of Engineering, Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima 15088, Peru. * ian.vazquez@pucp.pe

ABSTRACT

Lima, the capital city of Peru, has struggled for decades due to limited water supply and insignificant rainfall (10 mm/year). The situation is becoming increasingly delicate considering that the current deficit coexists with a vulnerable water supply system, an increasing import of water from neighbouring watersheds and a deficient wastewater management system. In parallel, water demand is expanding rapidly linked to urban sprawl and economic growth. When zooming in to the wastewater treatment, the highly centralized sanitation system appears to be extremely vulnerable to natural disasters, such as earthquakes or floods¹. Furthermore, the current predominant technology (i.e., primary pre-treatment) is deficient in nutrient removal, making it ineffective for the reduction of eutrophication potential. Finally, the current wastewater treatment system is unfit for resource recovery, including drinking water.

In this context, we consider that it is imperative to develop holistic support tools to aid decision-making to foster improved solutions for the wastewater management system in Lima². Therefore, the objective of this study is to generate a decision-making framework³ to identify a set of recovery treatment alternatives as part of a broader wastewater management system for Lima to move steadily towards a circularity approach. This perspective would potentially allow reducing environmental impacts through resource recovery, while making the system more resilient to disasters and future water shortages. The scope of the study was limited to the southern sector of the city, representing ca. 30% of the population and a 6 m³/s wastewater flow. This flow currently undergoes a basic primary treatment at a centralized plant, and, thereafter, is sent to the ocean through a marine outfall.

In order to allow the transition to a resilient wastewater management system, a set of treatment and resource recovery scenarios were designed⁴. All include the construction of a set of profitable wastewater treatment plants, with a capacity of 150,000 PE, which would progressively replace the existing plant. The proposed alternatives include: i) a network of wastewater treatment plants focused on providing a safe discharge to the ocean; ii) an alternative network of plants designed to indirectly recover drinking water through aquifer injection; and, iii) a mixed scenario, combining the previous ones. For each scenario, a set of secondary and/or tertiary treatment technologies were included in order to identify the best-performing option based on economic, environmental and social criteria. In the first place, for safe discharge, nutrient removal was implemented in such a way that the discharges meet strict international regulations, without neglecting the recovery of resources. The second scenario aims to cover the current and future water deficit through the treatment of wastewater for aquifer recharge. The final scenario takes advantage of previous results to conceive a contextualized solution for current water deficit and unsafe discharges, simultaneously, considering the location of each district within the city and their demand for resources. The methodological tools used to assess these scenarios were Life Cycle Assessment (LCA) for environmental criteria; Life Cycle Costing (LCC) for the economic perspective; and Multiple-Criteria Decision Analysis (MCDA) as a final mechanism to integrate all the different criteria to obtain an integrated and objective final decision.

The final results, which are currently under computation, intend to provide: a) a holistic tool for decision-making that comprises environmental, economic and social criteria⁵; b) a solution to the water management problems for a mega city in a developing country; with multiple technological, political, and economic barriers; c) a public design software of diverse treatment trains for each scenario, which encompasses a combination of traditional and novel technologies; and, d) a set of strategies to allow the transition from a linear to a circular economy in the urban water cycle of Lima.

Keywords: circularity economy; Peru; resilience.

RESUMEN

Lima, la capital de Perú, ha sufrido durante décadas un suministro limitado de agua en un contexto de baja pluviosidad (10 mm/año). La situación se vuelve cada vez más delicada considerando que el déficit actual coexiste con un sistema de abastecimiento de agua vulnerable, una creciente importación de agua de las cuencas hidrográficas vecinas y un sistema de gestión de aguas residuales deficiente. Paralelamente, la demanda de agua se está expandiendo rápidamente vinculada a la expansión urbana y al crecimiento económico. Al centrarse en el tratamiento de aguas residuales, el sistema de saneamiento altamente centralizado parece ser extremadamente vulnerable a desastres naturales, como terremotos o inundacionesⁱ. Además, la tecnología predominante en la actualidad (es decir, el pretratamiento primario) es deficiente en la eliminación de nutrientes, lo que la hace ineficaz para la reducción del potencial de eutrofización. Por último, el sistema de tratamiento de aguas residuales actual no es apto para la recuperación de recursos, incluida el agua potable.

En este contexto, consideramos imperativo desarrollar herramientas integrales de apoyo que ayuden a la toma de decisiones para impulsar mejores soluciones para el sistema de gestión de aguas residuales en Limaⁱⁱ. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es generar un marco de toma de decisionesⁱⁱⁱ para identificar un conjunto de alternativas de tratamiento de recuperación como parte de un sistema de gestión de aguas residuales más amplio para que Lima avance de manera constante hacia un enfoque de circularidad. Esta perspectiva permitiría potencialmente reducir los impactos ambientales a través de la recuperación de recursos, al tiempo que haría que el sistema fuera más resistente a los desastres y la escasez de agua en el futuro. El alcance del estudio se limitó al sector sur de la ciudad, representando ca. 30% de la población y un caudal de aguas residuales de 6 m³/s. Este flujo se somete actualmente a un tratamiento primario básico en una planta centralizada y, posteriormente, se envía al océano a través de un emisario marino.

Para permitir la transición a un sistema de gestión de aguas residuales resiliente, se diseñaron un conjunto de escenarios de tratamiento y recuperación de recursos^{iv}. Todos incluyen la construcción de un conjunto de plantas de tratamiento de aguas residuales rentables, con una capacidad de 150.000 personas equivalente, que reemplazarían progresivamente a la planta existente. Las alternativas propuestas incluyen: i) una red de plantas de tratamiento de aguas residuales enfocadas en proporcionar una descarga segura al océano; ii) una red alternativa de plantas diseñadas para recuperar indirectamente el agua potable a través de la inyección de acuíferos; y, iii) un escenario mixto, combinando los anteriores. Para cada escenario, se incluyó un conjunto de tecnologías de tratamiento secundario y/o terciario con el fin de identificar la opción de mejor desempeño en función de criterios económicos, ambientales y sociales. En primer lugar, para un vertido seguro, se implementó la remoción de nutrientes de tal manera que los vertidos cumplan con estrictas normativas internacionales, sin descuidar la recuperación de recursos. El segundo escenario apunta a cubrir el déficit hídrico actual y futuro mediante el tratamiento de aguas residuales para la recarga del acuífero. El escenario final aprovecha los resultados anteriores para concebir una solución contextualizada al actual déficit hídrico y vertidos inseguros, simultáneamente, considerando la ubicación de cada distrito dentro de la ciudad y su demanda de recursos. Las herramientas metodológicas utilizadas para evaluar estos escenarios fueron el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para los criterios ambientales; análisis del coste de ciclo de vida (LCC, según sus siglas en inglés) para la perspectiva económica; y, el Análisis de Decisión de Criterios Múltiples (MCDA, según sus siglas en inglés) como mecanismo final para integrar todos los diferentes criterios para obtener una decisión final integrada y objetiva.

Los resultados finales, que actualmente se encuentran en proceso de cálculo, pretenden proporcionar: a) una herramienta holística para la toma de decisiones que comprenda criterios ambientales, económicos y sociales^v; b) una solución a los problemas de gestión del agua para una megaciudad en un país en desarrollo con múltiples barreras tecnológicas, políticas y económicas; c) un software de diseño público de diversos trenes de tratamiento para cada escenario, que engloba una combinación de tecnologías tradicionales y novedosas; y, d) un conjunto de estrategias que permitan la transición de una economía lineal a una circular en el ciclo urbano del agua de Lima.

Palabras clave: economía circular, Perú, resiliencia.

1 Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., & Lorenzo-Toja, Y., 2017. Natural disasters and climate change call for the urgent decentralization of urban water systems. *Sci. Total Environ.* **605**, 246-250.

2 Garrido-Baserba, M., Vinardell, S., Molinos-Senante, M., Rosso, D., & Poch, M., 2018. The economics of wastewater treatment decentralization: a techno-economic evaluation. *Environ. Sci. Tech.* **52**(15), 8965-8976.

3 Zheng, J., Egger, C., & Lienert, J., 2016. A scenario-based MCDA framework for wastewater infrastructure planning under uncertainty. *J. Environ. Manage.* **183**, 895-908.

4 Corominas, L., Garrido-Baserba, M., Villez, K., Olsson, G., Cortés, U., & Poch, M., 2018. Transforming data into knowledge for improved wastewater treatment operation: A critical review of techniques. *Environ. Model. Soft.* **106**, 89-103.

5 Castillo, A., Porro, J., Garrido-Baserba, M., Rosso, D., Renzi, D., Fatone, F., ... & Poch, M., 2016. Validation of a decision support tool for wastewater treatment selection. *J. Environ. Manage.* **184**, 409-418.



Waste and recycling management

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS SERVIDAS MEDIANTE UNA TECNOLOGÍA DE LODOS ACTIVADOS

Francisca Riveros^{1,*}, Elizabeth Garido², Edmundo Muñoz²

¹ Escuela de Ciencias Ambientales y Sustentabilidad, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. f.riverosacevedo@gmail.com

² Centro de Investigaciones para la Sustentabilidad, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. edmundo.munoz@unab.cl

RESUMEN

Se estima que el consumo de agua potable de una persona en Chile es alrededor de 170 litros al día, del cual un 80% se transforma en agua residual y llega a una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) para ser tratada, en donde el principal objetivo es la remoción de materia orgánica y así cumplir con la normativa vigente para su posterior disposición final a un cuerpo de agua superficial. A pesar de la importante función de una PTAS, existen distintos aspectos ambientales relacionados al proceso de tratamiento del agua, como consumo de energía eléctrica, disposición del agua, disposición del lodo residual, consumo de productos químicos, entre otros, que a su vez producen impactos ambientales. Debido a este motivo, se debe tener un enfoque más amplio que no se limite solo a los beneficios del tratamiento del agua, se requiere la consideración de la perspectiva de ciclo de vida, lo que se puede lograr utilizando la herramienta de gestión ambiental Análisis de ciclo de vida (ACV), ya que permite cuantificar aspectos e impactos ambientales desde la extracción de materias primas, hasta su disposición final.

El objetivo de este estudio fue analizar los impactos ambientales del ciclo de vida de la remoción de materia orgánica de aguas servidas mediante una tecnología de lodos activados. Se utilizó como unidad funcional 1 kg de DBO5 removida y se identificaron los puntos críticos del proceso para las categorías de impacto estudiadas que fueron; cambio climático, eutrofización del agua, toxicidad humana y ecotoxicidad terrestre.

Los resultados reflejaron que los principales aspectos ambientales contribuyentes a la categoría de impacto cambio climático son la disposición de lodo a relleno sanitario y el consumo de energía eléctrica con un 57% y 27% respectivamente, también se obtuvieron impactos ambientales positivos debido a la utilización de lodo residual para la producción de biogás, lo que significó en la reducción de un 8% del impacto en la categoría. En el caso de la categoría eutrofización del agua fue la disposición de lodos a predio agrícola y la disposición del efluente a un cuerpo de agua superficial los principales contribuyentes al impacto con un 67% y 32% respectivamente. Y para las categorías toxicidad humana y ecotoxicidad terrestre, el impacto resultó ser nuevamente producto de la disposición de lodos a predio agrícola debido al alto contenido de metales pesados en él, representando un 95% y 97% respectivamente para cada categoría.

Finalmente, se concluyó que la disposición del lodo es el punto crítico para las cuatro categorías de impacto ambiental, específicamente su disposición a relleno sanitario es punto crítico para la categoría de impacto cambio climático y, la disposición de lodos a predio agrícola para las categorías de impacto eutrofización del agua, toxicidad humana y ecotoxicidad terrestre. Cabe destacar que, el contenido de metales pesados presentes en el lodo dispuesto a predio agrícola fue un factor decisivo al evaluar las categorías de impacto toxicidad humana y ecotoxicidad terrestre.

Palabras claves: Análisis de ciclo de vida, aguas residuales, disposición de lodo, metales pesados, impacto ambiental.

DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MANTA, ECUADOR

DIAGNOSIS OF THE SOLID WASTE MANAGEMENT IN MANTA, ECUADOR

DIAGNÓSTICO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MANTA, EQUADOR

María B. Muñoz Menéndez ^{1*}, Ronaldo F. Santos Herrero ², Teresa M. Cárdenas Ferrer ³, Ana M. Contreras Moya ², Elena R. Rosa Domínguez ²

¹ Dirección de Educación Continua. Vicerrectorado Académico. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Vía San Mateo, Manta, Manabí, Ecuador. belet-1983@hotmail.com

² Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. ronaldo@uclv.edu.cu, anama@uclv.edu.cu, erosa@uclv.edu.cu

³ Secretaría General. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. tcardenas@uclv.edu.cu

RESUMEN

La sobrepoblación y el consumismo son factores que han acrecentado la cantidad de residuos sólidos urbanos, cuyo manejo inadecuado afecta a todas las actividades y espacios. Una gestión que aborde el ciclo completo de los residuos sólidos, desde la recolección y transporte hasta la disposición final, el tratamiento y su eventual reutilización y aprovechamiento, aporta beneficios desde el punto de vista social, económico y ambiental. Se han implementado diferentes métodos para resolver la problemática; pero en la mayoría de los casos, los residuos son tratados de forma aislada. Resulta necesario el manejo integral de desechos sólidos, ya que este es compatible con las preocupaciones ambientales y está enmarcado en la tendencia del desarrollo sostenible. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se considera la mejor herramienta para evaluar el desempeño medioambiental de sistemas de gestión de residuos. En los últimos años, en la provincia de Manabí, Ecuador se ha incrementado la producción de desechos domésticos, pese a que el país presta atención a esta problemática, siendo necesario elaborar un sistema de gestión integral para los residuos sólidos urbanos (RSU), que garantice una mejor calidad de vida para la población. Este trabajo tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el cantón de Manta, Ecuador, para a partir de los resultados de caracterización y clasificación, establecer el nivel de contaminación ocasionado por los mismos, mediante el ACV. Se caracterizaron los residuos generados, clasificándolos según su origen, composición y se evaluó el impacto ambiental mediante Análisis de Ciclo de Vida, según la norma ISO 14040:2006, utilizando el *software SimaPro 9.0.0.35* y método *Recipe Midpoint*. La unidad funcional utilizada fue la generación diaria de RSU. Los límites del sistema incluyeron el transporte de RSU, reciclaje de papel y disposición final de los residuos sólidos en el vertedero. Los datos sobre la generación, transporte y disposición de RSU se obtuvieron de fuentes de información primarias. La composición de los gases contaminantes generados en el sitio de disposición se estimó en base al modelo *LandGEM US-EPA v3.02*. Se usó el modelo de reciclaje de papel global de *Ecoinvent* y se adaptaron a las condiciones de la matriz energética de Ecuador. Los resultados muestran que la generación per cápita es 0,94 kg/hab/día y la mayor cantidad de residuos es de tipo orgánico y plásticos. Los principales impactos están dados por la disposición final de residuos, que afecta todas las categorías de impacto, fundamentalmente al Calentamiento Global, eutrofización marina y de agua dulce, eco toxicidad marina y del agua dulce, toxicidad humana cancerígena y no cancerígena, debido a las emisiones de gases. El reciclado de papel genera impactos beneficiosos en la mayoría de las categorías de impacto, demostrándose la necesidad de fomentar el reciclaje de RSU.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida; gestión; residuos sólidos urbanos.

ABSTRACT

Overpopulation and consumerism are factors that have increased the amount of solid urban waste, the improper handling of which affects all activities and spaces. Management that addresses the complete cycle of solid waste, from collection and transport to final disposal, treatment and its eventual reuse and use, provides benefits from a social, economic and environmental point of view. Different methods have been implemented to solve the problem; but in most cases, the waste is treated in separated form. The integral management of solid

waste is necessary, since it is compatible with environmental concerns and is framed in the trend of sustainable development. Life Cycle Analysis (LCA) is considered the best tool for evaluating the environmental performance of waste management systems. In recent years, in the province of Manabí, Ecuador, the production of domestic waste has increased, despite the fact that the country pays attention to this problem, and it is necessary to develop a comprehensive management system for urban solid waste (MSW), which guarantees a better quality of life for the population. This work aims to carry out a diagnosis of the management of urban solid wastes in the canton of Manta, Ecuador, in order from the results of characterization and classification, to establish the level of contamination caused by them, through LCA. The waste generated was characterized, classifying it according to its origin, composition and the environmental impact was evaluated by Life Cycle Analysis, according to the ISO 14040: 2006 standard, using the SimaPro 9.0.0.35 software and the Recipe Midpoint method. The functional unit used was the daily generation of MSW. The limits of the system included the transport of MSW, recycling of paper and final disposal of solid waste in the landfill. Data on the generation, transport and disposal of MSW were obtained from primary information sources. The composition of the polluting gases generated at the disposal site was estimated based on the LandGEM US-EPA v3.02 model. The Ecoinvent global paper recycling model was used and adapted to the conditions of the Ecuadorian energy matrix. The results show that the per capita generation is 0.94 kg / inhab / day and the highest amount of waste is organic and plastic. The main impacts are given by the final disposal of waste, which affects all categories of impact, fundamentally Global Warming, marine and freshwater eutrophication, marine and freshwater eco-toxicity, carcinogenic and non-carcinogenic human toxicity, due to gas emission. The recycling of paper generates beneficial impacts in most of the impact categories, demonstrating the need to promote the recycling of MSW.

Keywords: Life Cycle Analysis; management; municipal solid waste.

RESUMO

A superpopulação e o consumismo são fatores que aumentam a quantidade de resíduos sólidos urbanos, cujo manejo inadequado atinge todas as atividades e espaços. A gestão que contempla o ciclo completo dos resíduos sólidos, desde a coleta e transporte até a disposição final, tratamento e sua eventual reutilização e aproveitamento, traz benefícios do ponto de vista social, econômico e ambiental. Diferentes métodos foram implementados para resolver o problema; mas na maioria dos casos, os resíduos são tratados de forma isolada. A gestão integral dos resíduos sólidos é necessária, uma vez que é compatível com as preocupações ambientais e se enquadra na tendência do desenvolvimento sustentável. A Análise do Ciclo de Vida (LCA) é considerada a melhor ferramenta para avaliar o desempenho ambiental dos sistemas de gerenciamento de resíduos. Nos últimos anos, na província de Manabí, Equador, a produção de resíduos domésticos aumentou, apesar de o país estar atento a este problema, sendo necessário desenvolver um sistema integral de gestão dos resíduos sólidos urbanos, que garanta um melhor qualidade de vida para a população. Este trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico da gestão dos RSU no cantão de Manta, Equador, a fim de, a partir dos resultados da caracterização e classificação, estabelecer o nível de contaminação por eles causado, através da LCA. Os resíduos gerados foram caracterizados, classificando-os de acordo com sua origem, composição e o impacto ambiental foi avaliado por Análise de Ciclo de Vida, de acordo com a norma ISO 14040: 2006, utilizando o software SimaPro 9.0.0.35 e o método Recipe Midpoint. A unidade funcional utilizada foi a geração diária de RSU. Os limites do sistema incluíram o transporte de RSU, reciclagem de papel e disposição final de resíduos sólidos em aterro sanitário. Os dados sobre a geração, transporte e descarte de RSU foram obtidos de fontes primárias de informação. A composição dos gases poluentes gerados no local de disposição foi estimada com base no modelo LandGEM US-EPA v3.02. O modelo global de reciclagem de papel Ecoinvent foi utilizado e adaptado às condições da matriz energética equatoriana. Os resultados mostram que a geração per capita é de 0,94 kg / hab / dia e a maior quantidade de resíduos são orgânicos e plásticos. Os principais impactos são dados pela destinação final de resíduos, que atinge todas as categorias de impacto, fundamentalmente aquecimento global, eutrofização marinha e de água doce, ecotoxicidade marinha e de água doce, toxicidade humana cancerígena e não cancerígena, devido à emissão de gases. A reciclagem de papel gera impactos benéficos na maioria das categorias de impacto, demonstrando a necessidade de se promover a reciclagem de RSU.

Palavras-chave: Análise do Ciclo de Vida; gestão; Resíduos sólidos municipais.

BARK VALORIZATION: THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF CONVERTING BIRCH BARK TO BIOFUELS

VALORIZAÇÃO DA CASCA: O DESEMPENHO AMBIENTAL DA CONVERSÃO DA CASCA DE BÉTULA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

VALORIZACIÓN DE CORTEZA: EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA CONVERSIÓN DE CORTEZA DE ABEDUL EN BIOCOMBUSTIBLES

Natalia Crespo-Mendes ^{1,*}, Kranti Navare ^{1,2}, Ivan Kumaniaev ³, Vincent Placet ⁴, Joseph S. M. Samec ³ and Karel Van Acker ^{1,5}

¹ Department of Materials Engineering, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 44 box 2450, BE-3001 Leuven, Belgium. natalia.crespo@kuleuven.be, kranti.navare@kuleuven.be, karel.vanacker@kuleuven.be

² Unit Sustainable Materials, VITO, Boeretang 200, 2400 Mol, Belgium. kranti.navare@kuleuven.be

³ Department of Organic Chemistry, Stockholm University, Svante Arrhenius väg 16C, Stockholm, Sweden. ivan.kumaniaev@su.se, joseph.samec@su.se

⁴ FEMTO-ST Institute, Applied Mechanics Department, UMR CNRS 6174, University of Franche-Comté, 24 Chemin de l'Épitaphe, F-25000 Besançon, France. vincent.placet@univ-fcomte.fr

⁵ Center for Economics and Corporate Sustainability (CEDON), KU Leuven, Warmoesberg 26, BE-1000 Brussels, Belgium. karel.vanacker@kuleuven.be

ABSTRACT

Mostly burnt or left in the forests, bark is an outer layer of woody plants currently considered as a waste product with low value. The conversion of birch bark to biofuels is an example of new technology that has been developed towards enhancing resource use efficiency in a circular bio-based economy. In this study, which is an outcome of the SSUCHY project (ssuchy.eu), environmental benefits, caveats and process improvements of a two-stage process for birch bark conversion into biofuel are evaluated by Life Cycle Assessment (LCA). Additionally, the environmental performance of the biofuel production (from biomass - birch bark) is compared with that of fossil-based diesel production (from crude oil). The four-phases LCA framework, standardized by ISO 14040, is followed and the system modelling is carried out using the software GaBi (8.7.0.18). For the impact assessment, ReCiPe 2016 is the chosen methodology and all of its impact categories are addressed in the study. The first stage of the process is characterized by the use of a recyclable, salt- and metal-free solvent system for hydrolysis of ester bonds in the bark tissues, while the second stage involves hydrotreating suberin and lignin, which affords a mixture of hydrocarbons suitable for use in both road and aviation fuels. The capacity to produce 46.5 MJ of energy is the functional unit for this cradle to gate LCA. The reference flows are defined based on the average heating values (MJ/kg) of each fuel, being: the production of 1 kg of biofuel and 1.04 kg of fossil-based diesel, which are the quantities required to reach the functional unit. Results show the potential environmental impact of implementing the technology through different scenarios with respect to localization of a facility as well as energy source. The baseline scenario (Scenario 1), represents the reaction in a continuous process at an industrial scale with natural gas as the fuel for providing heat energy, in Europe. The production of biofuel in Scenario 1 performs better than fossil-based diesel production for fine particulate matter formation, fossil depletion, freshwater consumption, ionizing radiation, marine eutrophication, photochemical ozone formation, stratospheric ozone depletion, and terrestrial acidification. For climate change, freshwater eutrophication, land use, human toxicity, metal depletion, and ecotoxicity the performance in Scenario 1 is worse than that of fossil-based diesel production. In this case, catalyst production, bark chips production, flue gas emissions (containing mainly carbon dioxide), and heat energy production are the main hotspots in the biofuel production life cycle. The biofuel production in Scenario 2 uses the European electricity mix as input for heat energy, while Scenario 3 represents the use of Swedish electricity mix. Scenario 2, which is heavily dependent on fossil fuel for electricity generation, has higher environmental impacts than Scenarios 1 and 3 for all impact categories except ionizing radiation and land use. For these last two categories, Scenario 3, mostly based on nuclear and renewable electricity, has the highest impacts. Scenario 4, which uses heat energy and methanol

as waste streams from the pulp and paper industry in Sweden, has the best performance for all environmental impact categories among all the biofuel production scenarios. When compared to fossil-based diesel production, Scenario 4 performs better for all categories, except for freshwater eutrophication, human toxicity, and metal depletion. Additionally, the sensitivity analysis shows an overview of the parameters (material and energy inputs) that have significant influence on the results. Hydrogen produced in the hydrodeoxygenation process is the input that affect the results most, followed by heat energy production and bark chips production. It suggests that the quantities of these materials should be accurately known before designing the process. The amount of solvent consumed, however, has less influence on the results. Overall, the outcomes of this LCA case highlight the benefits, caveats and process improvements for the conversion of birch bark into biofuel on an industrial scale. The environmental benefits of this new technology can be enhanced by implementing the process in conjunction with other industries, using for example the infrastructure and by-products of the paper and pulp mill. In addition, supplying energy from renewable sources and developing targeted guard beds to recover precious catalysts in refineries and increase its lifetime are recommended. Implementing this technology at areas where it could compete with people who rely on birch bark for living should, however, be avoided. Further contributions can be achieved extending the scope of this LCA to encompass, for example, the infrastructure in a pulp-mill, aiming at the currently low value bark and other waste streams being used as input to the new technology.

Keywords: Life Cycle Assessment, Biorefinery, Waste valorization, Pulp and paper industry.

RESUMO

Principalmente queimada ou deixada nas florestas, a casca de bétula é uma camada externa das plantas lenhosas, atualmente considerada resíduo de baixo valor. A conversão dessa casca em biocombustíveis é um exemplo de nova tecnologia que foi desenvolvida para aumentar a eficiência do uso de recursos em uma economia circular de base biológica. Neste estudo, que é resultado do projeto SSUCHY (ssuchy.eu), benefícios ambientais, ressalvas e melhorias do processo para a conversão da casca de bétula em biocombustível são avaliados pela Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Adicionalmente, o desempenho ambiental da produção de biocombustíveis (a partir da biomassa - casca de bétula) é comparado ao da produção de diesel fóssil (a partir do petróleo bruto). A ACV foi conduzida baseada na estrutura padronizada pela ISO 14040 e a modelagem do sistema realizada por meio do software GaBi. Na avaliação de impactos, a metodologia escolhida foi ReCiPe 2016 e todas as suas categorias de impacto são abordadas. A primeira etapa do processo é caracterizada pelo uso de um sistema de solvente reciclável, livre de sal e metais para hidrólise de ligações éster nos tecidos da casca, enquanto a segunda etapa envolve o hidrotreamento de suberina e lignina, que proporciona uma mistura de hidrocarbonetos adequada para uso em combustíveis rodoviários e de aviação. A capacidade de produzir 46,5 MJ de energia é a unidade funcional deste caso, com abordagem do berço ao portão. Os fluxos de referência são definidos considerando valores médios de poder calorífico (MJ/kg) de cada combustível, sendo: produção de 1 kg de biocombustível e 1,04 kg de diesel fóssil, que são as quantidades necessárias para atingir a unidade funcional. Os resultados mostram o potencial impacto ambiental da implementação da tecnologia em diferentes cenários com relação à localização da instalação e às fontes de energia. O Cenário 1 (linha de base), representa a reação em um processo contínuo em escala industrial, com o gás natural como combustível para fornecimento de energia térmica, na Europa. A produção de biocombustível nesse cenário tem desempenho melhor do que a produção de diesel fóssil para a formação de material particulado, depleção fóssil, consumo de água doce, radiação ionizante, eutrofização marinha, formação de ozônio fotoquímico, depleção do ozônio estratosférico e acidificação terrestre. Para mudanças climáticas, eutrofização (água doce), uso da terra, toxicidade humana, depleção de metais e ecotoxicidade, o desempenho da produção de biocombustível no Cenário 1 é pior do que o da produção de diesel fóssil. Nesse caso, a produção de catalisadores e lascas de casca, as emissões de gases de combustão (contendo principalmente dióxido de carbono) e a produção de energia térmica são os principais pontos críticos no ciclo de vida da produção de biocombustíveis. A produção de biocombustíveis no Cenário 2 usa a matriz energética europeia como entrada para energia térmica, enquanto o Cenário 3 usa a matriz energética sueca. O Cenário 2, que é fortemente dependente de combustível fóssil para geração de eletricidade, tem impactos ambientais mais elevados do que os Cenários 1 e 3 para todas as categorias de impacto, exceto radiação ionizante e uso da terra. Para essas duas últimas categorias, o Cenário 3, baseado principalmente em eletricidade com fontes nucleares e renováveis, tem os maiores impactos. O Cenário 4, que usa energia térmica e metanol como fluxos de resíduos da indústria de celulose e papel na Suécia, tem o melhor desempenho para todas as categorias de impactos entre todos os cenários de produção de biocombustíveis. Quando comparado à produção de diesel fóssil, o Cenário 4 tem desempenho melhor para todas as categorias, exceto eutrofização (água doce), toxicidade humana e depleção de metais. Adicionalmente, a análise de sensibilidade apresenta uma perspectiva geral dos parâmetros que têm influência significativa nos resultados. O hidrogênio produzido no

processo de hidroxigenação é o que mais afeta os resultados, seguido pela produção de energia térmica e de lascas de casca. Isso sugere que as quantidades desses materiais devem ser conhecidas com precisão antes da concepção do processo. A quantidade de solvente consumida, entretanto, tem menor influência nos resultados. Os benefícios ambientais dessa nova tecnologia podem ser aprimorados com a implementação do processo em conjunto com outras indústrias, usando, por exemplo, infraestrutura e subprodutos da fábrica de papel e celulose. Além disso, são recomendados o fornecimento de energia de fontes renováveis e o desenvolvimento de leitos de proteção direcionados à recuperação de catalisadores preciosos em refinarias, aumentando sua vida útil. A implementação dessa tecnologia em áreas onde ela poderia competir com pessoas que dependem da casca de bétula para viver deve, entretanto, ser evitada. Outras contribuições podem ser alcançadas ampliando o escopo desta ACV para abranger, por exemplo, a infraestrutura de uma fábrica de celulose, visando o uso da casca, atualmente pouco valorizada, e de outros resíduos como entradas para a nova tecnologia.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida, Biorrefinaria, Valorização de resíduos, Indústria de celulose e papel.

RESUMEN

Principalmente quemada o dejada en los bosques, la corteza de abedul es una capa exterior de plantas leñosas, actualmente consideradas residuos de bajo valor. La conversión de la corteza en biocombustibles es un ejemplo de una nueva tecnología que se desarrolló para aumentar la eficiencia de los recursos en una economía circular de base biológica. En este estudio, que es el resultado del proyecto SSUCHY (ssuchy.eu), los beneficios ambientales, las reservas y las mejoras del proceso para convertir la corteza en biocombustible son evaluados por el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Además, el desempeño ambiental de la producción de biocombustibles (a partir de biomasa) se compara con el de la producción de diesel fósil (a partir de petróleo crudo). El ACV se realizó en base a ISO14040 y el sistema se modeló utilizando el software GaBi. La metodología para evaluar los impactos fue ReCiPe 2016 y se abordan todas sus categorías de impacto. El proceso se caracteriza por el uso de un sistema solvente reciclable, libre de sales y metales para la hidrólisis de enlaces éster en los tejidos de la corteza. En la segunda etapa se realiza el hidrotatamiento de suberina y lignina, que proporciona una mezcla de hidrocarburos adecuada para su uso en combustibles de aviación y carreteras. La capacidad de producir 46,5MJ de energía es la unidad funcional. Los flujos de referencia se definen considerando valores medios de poder calorífico (MJ/kg) de cada combustible, siendo: producción de 1kg de biocombustible y 1,04kg de diésel fósil, que son las cantidades necesarias para alcanzar la unidad funcional. Los resultados muestran el potencial impacto ambiental de implementar la tecnología en diferentes escenarios con respecto a la ubicación de la instalación y las fuentes de energía. El Escenario 1 (línea de base) representa la reacción en un proceso continuo a escala industrial, con gas natural como combustible para el suministro de energía térmica, en Europa. El desempeño de la producción de biocombustibles en este escenario es mejor que el del diesel fósil para la formación de material particulado, agotamiento de fósiles, consumo de agua, radiación ionizante, eutrofización marina, formación de ozono fotoquímico, agotamiento del ozono estratosférico y acidificación terrestre. Para el cambio climático, eutrofización (agua dulce), uso de la tierra, toxicidad humana, agotamiento de los metales y ecotoxicidad, el desempeño de la producción de biocombustible en el Escenario 1 es peor que el de la producción de diesel fósil. En este caso, la producción de catalizadores y astillas de corteza, las emisiones de gases de combustión (principalmente con dióxido de carbono) y la producción de energía térmica son los principales puntos críticos en el ciclo de vida de la producción de biocombustibles. El Escenario 2 utiliza la matriz energética europea como insumo de energía térmica, mientras que el Escenario 3 utiliza la matriz energética sueca. El Escenario 2, que depende en gran medida de los combustibles fósiles, tiene mayores impactos ambientales que los Escenarios 1 y 3 para todas las categorías de impacto, excepto la radiación ionizante y el uso de la tierra. Para estas últimas categorías, el Escenario 3, basado principalmente en electricidad de fuentes nucleares y renovables, tiene los mayores impactos. El Escenario 4, con energía térmica y metanol como flujos de residuos de la industria de la pulpa y el papel en Suecia, tiene el mejor desempeño para todas las categorías de impacto en comparación con los otros escenarios de biocombustibles. En comparación con la producción de diésel fósil, el Escenario 4 es mejor para todas las categorías, excepto la eutrofización (agua dulce), toxicidad humana y el agotamiento de metal. Además, el análisis de sensibilidad proporciona una visión general de los parámetros que tienen una influencia significativa en los resultados. El hidrógeno producido en el proceso de hidroxigenación es el que más afecta a los resultados, seguido de la producción de energía térmica y astillas de corteza. Esto sugiere que las cantidades de estos materiales deben ser conocidas con precisión antes de diseñar el proceso. Sin embargo, la cantidad de disolvente consumido tiene menos influencia en los resultados. Los beneficios ambientales de esta nueva tecnología pueden mejorarse implementando el proceso en conjunto con otras industrias, utilizando, por ejemplo, infraestructura y subproductos de la fábrica de celulosa y papel. Además, se recomienda el suministro de energía a partir de fuentes renovables y el desarrollo de lechos protectores destinados a la recuperación de

catalizadores preciosos en refinerías, aumentando su vida útil. Sin embargo, debe evitarse la implementación de esta tecnología en áreas donde podría competir con las personas que dependen de la corteza de abedul para ganarse la vida. Se pueden lograr otras contribuciones ampliando el alcance de este análisis para abarcar, por ejemplo, la infraestructura de una planta de celulosa, con el objetivo de utilizar la corteza, actualmente infravalorada, y otros residuos como insumos de la nueva tecnología.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, Biorrefinería, Valorización de residuos, Industria de celulosa y papel.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E OUTRAS FERRAMENTAS DA GESTÃO AMBIENTAL NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS MADEIREIROS

Matheus Soares Vasconcellos¹, Yovana M. B. Saavedra²

¹ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências da Natureza (CCN), Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 - Aracaçu, Buri - SP, 18290-000. matheusvasconcellos@outlook.com

² ³ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências da Natureza (CCN) e Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção UFSCar-Sorocaba. Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 - Aracaçu, Buri - SP, 18290-000. yovana.saavedra@ufscar.br

RESUMO

A indústria Brasileira de Árvores no Brasil, destacou que em 2019 teve uma geração de aproximadamente 52 milhões de toneladas de resíduos sólidos madeireiros, e dentro dessa geração, 36,9 milhões de toneladas foram geradas na atividade florestal e 15,1 milhões pelas operações industriais. A partir dessas informações se percebe a necessidade da integração de práticas e melhorias para melhorar a gestão desse tipo de resíduos. Neste sentido, o objetivo deste artigo foi realizar uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) para identificar estudos científicos sobre Avaliação do Ciclo de Vida e outras ferramentas da Gestão Ambiental aplicadas na gestão dos resíduos sólidos madeireiros. Para isso, foi elaborado um protocolo da RBS com a questão norteadora: O que se encontra na literatura referente a estudos que apliquem ACV e outras ferramentas da gestão ambiental dentro da gestão de resíduos sólidos madeireiros?. Em seguida, foram adotadas três etapas que permitiram a robustez e alcance dos objetivos outrora citados O estudo foi delimitado pela entrada, processamento e saída. No âmbito da entrada, temos o critério de inclusão e exclusão, o primeiro, foi qualificado por pesquisas que apliquem ACV na gestão de resíduos sólidos madeireiros e aquelas que citem ou apliquem ferramentas da gestão ambiental neste tipo de resíduos; e a exclusão é constituída por pesquisas que não apliquem a ACV nem citem ferramentas de gestão ambiental aplicadas à gestão de resíduos madeireiros. O processamento dos dados foi realizado pela condução das buscas de forma exploratória nas plataformas do Web of Science e Scopus durante um período que abrange os meses de julho a setembro de 2020. Os dados foram analisados por meio da análise de conteúdo, na qual, se aplicou filtros de seleção em uma amostra de 103 artigos. As pesquisas selecionadas foram documentadas e sistematizadas por meio dos softwares Excel e StArt. Por fim, a saída consistiu na etapa de cadastramento e arquivo dos dados obtidos. Consequentemente, foi possível ter uma visibilidade do número de artigos e estudos científicos direcionados ao tema, com 51 artigos utilizando a ACV como mecanismo para gestão de resíduos madeireiros. Sendo possível aferir ainda, que o tema contribui significativamente para construir mecanismos de uma produção mais limpa, haja visto que um grande número de artigos destacou os resíduos como importante substrato para a geração de energia, que evita o uso de tecnologias marginais mais poluentes. Com destaque para os aspectos ambientais, especialmente, ao permitir identificar e avaliar as classes de impacto mais relevantes, como a acidificação, que pode aumentar na ausência de sistemas adequados de limpeza de gases de combustão.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos Madeireiros. Avaliação do Ciclo de Vida. Revisão Bibliográfica Sistemática.



Production of goods and services, and industrial restructuring

HUELLA DE CARBONO DE LA CADENA DE TRIGO DE ARGENTINA

CARBON FOOTPRINT OF ARGENTINA'S WHEAT CHAIN

PEGADA DE CARBONO DA CADEIA DE TRIGO DA ARGENTINA

Rodolfo Bongiovanni ^{1,*}; Leticia Tuninetti ²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, 5988 Manfredi, Córdoba, Argentina. bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI, Av. Velez Sársfield 1561, Córdoba, Argentina. ltuninetti@inti.gob.ar

RESUMEN

Se analiza la Huella de Carbono de la cadena de trigo de Argentina, incluyendo tres productos: grano de trigo, harina y pasta seca, para la campaña 2018-2019. La Huella de Carbono representa la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por un producto (ISO, 2013).

Las unidades funcionales de este estudio son cuatro: 1 t de grano en la puerta del campo; 1 t de grano en el puerto de exportación, 1 kg de harina en el cliente del molino harinero, y 1 kg de pasta seca en el cliente del molino fideero. Se incluyen todas las labores del campo, la producción y transporte de insumos (agroquímicos, fertilizantes, combustibles, semillas, entre otros), la producción de sus envases, las emisiones derivadas de la quema de combustibles, de la aplicación de fertilizantes y las originadas en la descomposición de los residuos de cosecha aéreos y subterráneos. Se incluyó el transporte en cada eslabón correspondiente. En los molinos se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas del uso de energía y combustibles, de la producción y transporte de los insumos y del transporte, desde la industria hasta los clientes.

El método utilizado sigue las normas ISO 14067 (ISO, 2013) y las directrices del IPCC (IPCC, 2019). Para asignar las cargas ambientales entre los distintos productos y subproductos que se obtienen del procesamiento del grano de trigo, se usó el método de asignación económico, que consiste en valorar las cantidades físicas obtenidas de productos y subproductos, con su precio de mercado.

Para la producción primaria se contó con información de 48 regiones geográficas de la Argentina provistas por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, cada una dividida en tres niveles de desarrollo tecnológico: alto, medio y bajo. Las huellas se calcularon para cada región geográfica en primera instancia y luego, de acuerdo al promedio ponderado por su volumen de producción, se calculó la huella del trigo de Argentina. También se obtuvieron las huellas de carbono de cada nivel tecnológico.

La Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina resultó en 145,5 kg CO₂ eq / t de trigo en la puerta del campo. Considerando diferentes niveles tecnológicos en la puerta del campo, la Huella de Carbono resulta en 144,5 kg CO₂ eq / t en el nivel Alto; 143,6 kg CO₂ eq / t en el nivel Medio y 168,3 kg CO₂ eq / t de trigo en el nivel Bajo.

A la huella del trigo en el campo se le suman 37,9 kg CO₂ eq/t por el transporte para llegar al puerto de exportación, lo que resulta en un total de 183,4 kg CO₂ eq/t de trigo en el puerto.

Por otro lado, en la industria, los resultados indican una Huella de Carbono de 0,342 kg CO₂ eq / kg de harina en el cliente del molino harinero.

A su vez, la Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola en el cliente del molino fideero es de 0,540 kg CO₂ eq / kg de pasta.

En la producción primaria de trigo, el principal punto caliente (*hotspot*) desde el punto de vista ambiental son las emisiones por los residuos de cosecha del cultivo (48,7 kg CO₂ eq/t), seguidas por las emisiones por la fertilización (27,8 kg CO₂ eq/t). En tercer lugar, aparece la huella por el uso de combustibles para las labores agrícolas (25,7 kg CO₂ eq/t). En cuarto lugar, la producción de fertilizantes (21,5 kg CO₂ eq/t).

En el caso de la harina de trigo, la etapa de producción primaria del grano de trigo representa el 50% de la huella (172 g CO₂ eq/kg), seguido por el transporte al cliente que representa el 14% (48 g CO₂ eq/kg), el transporte del trigo desde el campo hasta el molino 12% (43 g CO₂ eq/kg), y el uso de aditivos a la harina 12% (41 g CO₂ eq/kg). Los procesos que ocurren dentro el molino junto al packaging y los pallets suman un 11% más de impacto (38 g CO₂ eq/kg)

Los resultados de la Huella de Carbono de la pasta seca muestran que la etapa agrícola es responsable por el 33% del impacto (180 g CO₂ eq/kg) de la cadena productiva, mientras que el transporte del trigo desde el campo explica el 26% de la huella (140 g CO₂ eq/kg). La producción industrial del molino de pasta (acopio, molino e industria) es responsable del 21% (114 g CO₂ eq/kg). Finalmente, el packaging y los pallets aportan un 10% (54 g CO₂ eq/kg) al igual que el transporte a cliente, otro 10% (52 g CO₂ eq/kg)

Se sensibilizaron las variables para analizar el efecto de cambios en el rendimiento, la fertilización y el transporte.

Este trabajo agrega valor ambiental a los principales productos de la cadena agroindustrial del trigo de Argentina.

Palabras clave: Impacto ambiental; Grano de trigo; Harina de trigo; Pasta seca; Declaración Ambiental de Producto.

ABSTRACT

The Carbon Footprint of the Argentine wheat chain is analyzed, including three products: wheat grain, flour and dry pasta, for the crop season 2018-2019. The Carbon Footprint represents the sum of greenhouse gases emitted by a product (ISO, 2013).

The functional units of this study are four: 1 t of grain at the farmgate; 1 t of grain at the export port, 1 kg of flour at the customer of the flour mill, and 1 kg of dry pasta at the customer of the pasta mill. All field work is included, the production and transport of inputs (seeds, agrochemicals, fertilizers, fuels, among others), the production of their containers, the emissions derived from the burning of fuels, the application of fertilizers and those originated in crop residues, above and below ground. Transportation was included in each corresponding link. In the mills, the emissions derived from the use of energy and fuels, from the production and transport of inputs and from transport from the industry to the customers, were taken into account.

The method follows the ISO 14067 standards (ISO, 2013) and the IPCC guidelines (IPCC, 2019). To assign the environmental loads between the different products and by-products obtained from the processing of wheat grain, the economic allocation method was used, which consists of valuing the physical quantities obtained from each one, with its market price.

For primary production, information from 48 geographical regions of Argentina was provided by the Buenos Aires Cereals Board of Trade, each divided into three levels of technological development: high, medium, and low. The footprints were calculated for each geographic region in the first instance and then, according to the weighted average by its production volume, the footprint of the wheat of Argentina was calculated. The carbon footprints of each technological level were also obtained.

The Carbon Footprint of Argentina's primary wheat production resulted in 145.5 kg CO₂ eq / t of wheat at the farm gate. Considering different technological levels at the farm gate, the Carbon Footprint results in 144.5 kg CO₂ eq / t at the High level; 143.6 kg CO₂ eq / t in the Medium level and 168.3 kg CO₂ eq / t of wheat in the Low level.

In addition, transportation increases the wheat footprint in 37.9 kg CO₂ eq / t in order to reach the export port, resulting in a total of 183.4 kg CO₂ eq / t of wheat at the port.

On the other hand, in the industry, the results indicate a Carbon Footprint of 342 g CO₂ eq / kg of flour at the customer of the flour mill.

In turn, the Carbon Footprint of 1 kg of dry semolina pasta at the customer is 540 g CO₂ eq / kg of pasta.

In primary wheat production, the main hotspot are the emissions from crop residues (48.7 kg CO₂ eq / t), followed by emissions from fertilization (27.8 kg CO₂ eq / t). In third place, appears the footprint of fuels used for agricultural operations (25.7 kg CO₂ eq / t). Fourth, the production of fertilizers (21.5 kg CO₂ eq / t).

In the case of wheat flour, the primary production stage of the wheat grain represents 50% of the footprint (172 g CO₂ eq / kg), followed by a 14% contribution of the transportation to the customer (48 g CO₂ eq / kg), 12% of the transportation of wheat from the field to the mill (43 g CO₂ eq / kg), and 12% from the use of additives to flour (41 g CO₂ eq / kg). The processes that take place inside the mill together with the packaging and the pallets add up to an additional 11% of the impact (38 g CO₂ eq / kg)

The results of the Carbon Footprint of dry pasta show that the agricultural stage is responsible for 33% of the impact (180 g CO₂ eq / kg) of the production chain, while transportation from the farm to the mill explains 26% of the footprint (140 g CO₂ eq / kg). The industrial production of the pasta mill (elevator, mill and industry) is responsible for 21% (114 g CO₂ eq / kg). Finally, packaging and pallets contribute with a 10% (54 g CO₂ eq / kg), similar to the transportation from the industry to the customer (52 g CO₂ eq / kg).

The variables were sensitized to analyze the effect of changes in yield, fertilization and transport.

This work adds environmental value to the main products of the agro-industrial wheat chain in Argentina.

Keywords: Environmental impact; Wheat grain; Wheat flour; Dry pasta; Environmental Product Declaration.

RESUMO

A pegada de carbono da cadeia do trigo argentino é analisada, incluindo três produtos: trigo em grão, farinha e massa seca, para a safra 2018-2019. A Pegada de Carbono representa a soma dos gases de efeito estufa emitidos por um produto (ISO, 2013).

As unidades funcionais deste estudo são quatro: 1 t de grãos na porta da fazenda; 1 t de grão no porto de exportação, 1 kg de farinha no cliente da fábrica de farinha e 1 kg de massa seca no cliente da fábrica de massas. Inclui-se todo o trabalho de campo, a produção e transporte de insumos (sementes, agroquímicos, fertilizantes, combustíveis, entre outros), a produção de suas embalagens, as emissões provenientes da queima de combustíveis, da aplicação de fertilizantes e aquelas oriundas de resíduos culturais, acima e abaixo do solo. O transporte foi incluído em cada link correspondente. Nas fábricas, foram consideradas as emissões provenientes do uso de energia e combustíveis, da produção e transporte de insumos e do transporte da indústria até os clientes.

O método segue os padrões ISO 14067 (ISO, 2013) e as diretrizes do IPCC (IPCC, 2019). Para atribuir as cargas ambientais entre os diferentes produtos e subprodutos obtidos no processamento do trigo em grão, foi utilizado o método de alocação econômica, que consiste em valorizar as quantidades físicas obtidas de cada um, com seu preço de mercado.

Para a produção primária, as informações de 48 regiões geográficas da Argentina foram fornecidas pela Junta Comercial de Cereais de Buenos Aires, cada uma dividida em três níveis de desenvolvimento tecnológico: alto, médio e baixo. As pegadas foram calculadas para cada região geográfica em primeiro lugar e a seguir, de acordo com a média ponderada pelo seu volume de produção, foi calculada a pegada do trigo da Argentina. As pegadas de carbono de cada nível tecnológico também foram obtidas.

A pegada de carbono da produção primária de trigo da Argentina resultou em 145,5 kg CO₂ eq / t de trigo no portão da fazenda. Considerando os diferentes níveis tecnológicos na porteira da fazenda, a Pegada de Carbono resulta em 144,5 kg CO₂ eq / t no nível Alto; 143,6 kg CO₂ eq / t no nível Médio e 168,3 kg CO₂ eq / t de trigo no nível Baixo.

Além disso, o transporte aumenta a pegada do trigo em 37,9 kg CO₂ eq / t para chegar ao porto de exportação, resultando em um total de 183,4 kg CO₂ eq / t de trigo no porto.

Por outro lado, na indústria, os resultados indicam uma pegada de carbono de 342 g CO₂ eq / kg de farinha no cliente do moinho de farinha.

Por sua vez, a Pegada de Carbono de 1 kg de massa de sêmola seca no cliente é de 540 g CO₂ eq / kg de massa.

Na produção primária de trigo, o principal hotspot são as emissões dos resíduos da cultura (48,7 kg CO₂ eq / t), seguidas pelas emissões da fertilização (27,8 kg CO₂ eq / t). Em terceiro lugar, aparece a pegada dos combustíveis utilizados nas operações agrícolas (25,7 kg CO₂ eq / t). Quarto, a produção de fertilizantes (21,5 kg CO₂ eq / t).

No caso da farinha de trigo, a etapa de produção primária do grão de trigo representa 50% da pegada (172 g CO₂ eq / kg), seguida de uma contribuição de 14% do transporte ao cliente (48 g CO₂ eq / kg), 12% do transporte do trigo do campo para o moinho (43 g CO₂ eq / kg) e 12% do uso de aditivos para a farinha (41 g CO₂ eq / kg). Os processos que ocorrem dentro da fábrica juntamente com a embalagem e os paletes somam um adicional de 11% do impacto (38 g CO₂ eq / kg)

Os resultados da Pegada de Carbono da massa seca mostram que a etapa agrícola é responsável por 33% do impacto (180 g CO₂ eq / kg) da cadeia produtiva, enquanto o transporte da fazenda até a fábrica explica 26% da pegada (140 g CO₂ eq / kg). A produção industrial da fábrica de massas (elevador, moinho e indústria) é responsável por 21% (114 g CO₂ eq / kg). Por fim, embalagens e paletes contribuem com 10% (54 g CO₂ eq / kg), similar ao transporte da indústria ao cliente (52 g CO₂ eq / kg).

As variáveis foram sensibilizadas para analisar o efeito das mudanças na produtividade, fertilização e transporte.

Este trabalho agrega valor ambiental aos principais produtos da cadeia agroindustrial do trigo na Argentina.

Palavras-chave: Impacto ambiental; Grão de trigo; Farinha de trigo; Massas secas; Declaração Ambiental do Produto.

ESTUDIOS SOBRE BIOREFINERÍAS DE MAÍZ EN LA ARGENTINA

STUDIES ON MAIZE BIOREFINERIES IN ARGENTINA

ESTUDOS DE BIOREFINERIAS DE MILHO NA ARGENTINA

Jorge Antonio Hilbert ^{1*}, Jonatan Andrés Manosalva ¹, Karen Ponienman ¹

¹ Instituto de Ingeniería Rural, CIA, INTA, Av. Pedro Díaz 1798 (CP 1686), Hurlingham, Buenos Aires, Argentina. *hilbert.jorge@inta.gob.ar, manosalva.jonatan@inta.gob.ar, ponienman.karen@inta.gob.ar

RESUMEN

La Argentina presenta de acuerdo con su legislación actual un corte obligatorio con bioetanol en todas las naftas comercializadas en el país de un 12%¹. Tradicionalmente el mercado del bioetanol ha sido el interno, pero en los últimos meses se han realizado los primeros embarques de producto al exterior. Desde sus inicios la industria se ha mostrado muy interesada en evaluar ambientalmente sus productos tanto para mejorar y monitorear sus sistemas como para posicionarse localmente y, últimamente, superar restricciones comerciales que presentan diferentes mercados externos.

A lo largo de los últimos cinco años el Instituto de Ingeniería Rural del INTA ha desarrollado nueve estudios completos sobre tres biorrefinerías de maíz^{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}. Estos estudios se fueron ampliando y perfeccionando, abarcando como indicadores la huella de carbono, hídrica, tasa de retorno energético y últimamente un conjunto de indicadores adicionales contenidos en las Reglas de Categoría de Producto (PCR) de Químicos Orgánicos Básicos y Cultivos Arables (The international EPD system). A través del tiempo, se evidenció una mejora en los procesos industriales, un incremento en el número de coproductos comercializados, así como la integración de tecnologías en alguna de las plantas con la biodigestión de las vinazas livianas. En ambos casos esto trajo aparejado una mejora en los indicadores evaluados.

Para el presente estudio se relevó y consolidó la información obtenida anualmente durante cinco años de tres biorrefinerías ubicadas en la provincia de Córdoba. Se empleó la metodología de análisis contenida en el anexo V de la Directiva de la Unión Europea para la evaluación de biocombustibles¹³. En todos los casos se realizó la apropiación de las emisiones por masa, energía y precio de los productos y coproductos, si bien los resultados presentados obedecen a la alocación energética siguiendo los lineamientos de la directiva mencionada^{xiii}. Los inventarios fueron construidos con información directa de cada una de las empresas, abarcando las etapas de transporte y transformación industrial, con trazabilidad de dicha información a los sistemas de registro informático. Se tomaron como base balances anuales, contemplando de esta manera todas las variaciones que se producen en la operación de este tipo de plantas. El inventario correspondiente a la producción a campo fue realizado a partir de encuestas directas a los productores primarios y, también, sobre la base de los mejores indicadores regionalizados de libre disponibilidad que se cuenta en Argentina^{14,15}. En lo que respecta a ReTAA (Bolsa de Cereales de Buenos Aires), los valores divididos por zonas agroecológicamente homogéneas se superpusieron con las cuencas de abastecimiento de cada una de las empresas ponderando los resultados por su contribución en masa.

Los resultados fueron obtenidos sobre un total de 2,78 millones de toneladas de grano de maíz procesado, 865 mil toneladas de etanol anhidro producido, junto a 331 mil toneladas de destilados secos (DGS) y 1,37 millones toneladas de destilados húmedos (WDGS), 18 mil toneladas de aceite y 97 mil toneladas de dióxido de carbono. En lo que respecta a la parte agrícola, la mayor variabilidad estuvo dada por la climática que impactó de manera significativa en los resultados de algunos años. De acuerdo con los datos históricos se estima que la serie de años 2014 - 2019 considerada abarca en gran medida lo esperable en cuanto a variación climática en las cuencas de abastecimientos de las plantas. Con respecto a las tecnologías industriales, las tres empresas emplearon procesos diferentes tanto continuos como discontinuos, lo cual representa en gran parte lo presente en el mercado nacional respecto a tecnologías comercialmente disponibles y aplicadas.

La tasa de retorno energético obtenida promediando 7 de los estudios realizados, tuvo un valor de 2,61 cuando todos los coproductos producidos fueron contabilizados y 1,64 cuando sólo se tomó la producción de bioetanol. Las mayores variaciones respecto a las emisiones se produjeron en la materia prima, dada la fuerte incidencia de los rendimientos considerados en cada año analizado. Los valores tuvieron un promedio de 185,68 kg CO₂eq/tonelada de grano procesado, variando entre 132,50 y 247,70. Los rendimientos promedio de maíz considerados oscilaron entre 5,8 y 9,1 toneladas/hectárea.

La contribución porcentual promedio del total de emisiones de GEIs a lo largo de la cadena de valor analizada en los 9 estudios se distribuyeron en un 43% para la etapa agrícola, 48% sector industrial, 2% transporte de materia prima a plantas y 7% transporte del producto final a clientes. Las emisiones promedio del bioetanol producido fueron de 24,64 g CO₂eq/MJ de etanol, lo cual generó una reducción de emisiones equivalente al 68,7% respecto a las naftas de Argentina^{16,17} y un 70,9% tomando el valor de referencia actualizado por la Normativa Europea del año 2018.

Palabras claves: bioetanol, maíz, gases de efecto invernadero, ahorro de emisiones.

ABSTRACT

Argentina submits in accordance with its legislation a mandatory bioethanol blend of 12%ⁱ. Traditionally the bioethanol market has been the internal one, but in the last months companies begun to explore and start the first shipments of product abroad. Since its inception the industry has been very interested in evaluating its products environmentally, both to improve and monitor its systems and to position itself and lately overcome restrictions that present different markets.

Over the past five years, the INTA Institute of Rural Engineering has conducted nine comprehensive studies on three maize biorefineries^{ii,iii,iv,v,vi,vii,viii,ix,x,xi,xii}. The studies were expanded and refined, covering the carbon footprint, water, energy return rate and lately a set of additional indicators contained in the Basic organic chemicals and Arable crops - Product Category Rules (EPD System). Over the years, there was an improvement in processes, an increase in the number of co-products marketed as well as the integration of technologies in one of the plants with the biodigestion of light vines. In both cases this led to an improvement in numbers.

The present study gathers and consolidates information obtained during five years from three biorefineries located in the Córdoba province. The analysis were done following the guidelines contained in Annex V of the European Union Directive for the assessment of biofuels^{xiii}. In all cases, appropriation by mass, energy and price were carried out, although the results presented were calculated using energy allocation according to the guidelines of the above-mentioned directive^{xiii}. The inventories were built with direct information from each of the companies, covering the transport and industrial transformation sector, with traceability of such information to computer registration systems. Annual balance sheets were taken as a basis, thus contemplating all the variations that occur in the operation of this type of plants. The inventory corresponding to field production was carried out based on the best regionalized indicators of free availability in Argentina^{xiv,xv}. These values are divided by agro-ecologically homogeneous zones (ReTAA, Bolsa de Cereales) that overlap with the supply basins of each of the companies.

Results were obtained on a total of 2.78 million tons of processed corn grain, 865 thousand tons of ethanol produced together with 331 thousand DGS and 1.37 million WDGS, 18 thousand tons of oil and 97 thousand tons of carbon dioxide. Regarding the agricultural sector, the greatest variability was given by the climate which significantly impacted in the results of some of the years. According to historical data, it is estimated that the series of years 2014-2019 considered, largely covers what is expected in terms of climatic variation in the supply basins of the biorefineries. With regard to industrial technologies, the three companies employ different processes both continuous and discontinuous, which largely represent what is present in the domestic market with respect to commercially available and applied technologies.

The energy return rate, obtained by averaging 7 of the studies carried out, had a value of 2.61 when all the co-products produced were accounted for, and 1.64 when only bioethanol production was considered. The greatest variations in emissions occurred in the raw material, given the strong incidence of yields considered in each year analyzed. Values averaged 185.68 kg CO₂eq/ton of processed grain, ranging from 132.50 to 247.70. The average yields considered ranged from 5.8 and 9.1 tons per hectare.

Total emissions corresponding to the agricultural stage averaged 43%, the industrial one 48% and the associated transportation (raw material to plants and final products to customers) 9%. The emissions of the bioethanol produced were 24.64 g CO₂eq/MJ of ethanol, which resulted in an emission reduction equivalent to 68.7% compared to the Argentinean naphtha's^{xvi,xvii}, and 70.9% taking the reference value updated by the European regulations of 2018.

Keywords: bioethanol, maize, greenhouse gases, emissions reduction.

RESUMO

A Argentina apresenta, de acordo com sua legislação vigente, um corte obrigatório com bioetanol em toda a gasolina comercializada no país de 12%ⁱ. Tradicionalmente, o mercado de bioetanol é nacional, mas nos últimos

meses foram realizados os primeiros embarques do produto para o exterior. Desde o seu início, a indústria tem se mostrado muito interessada em avaliar ambientalmente seus produtos tanto para melhorar e monitorar seus sistemas quanto para se posicionar localmente e, ultimamente, para superar restrições comerciais apresentadas por diferentes mercados externos.

Nos últimos cinco anos, o INTA Rural Engineering Institute desenvolveu nove estudos completos em três biorrefinarias de milho^{ii,iii,iv,v,vi,vii,viii,ix,x,xi,xii}. Esses estudos foram ampliados e aprimorados, incluindo como indicadores a pegada de carbono, pegada hídrica, taxa de retorno de energia e, posteriormente, um conjunto de indicadores adicionais contidos nas Regras de Categoria de Produto (PCR) de Produtos Químicos Orgânicos Básicos e Culturas Aráveis (Sistema Internacional EPD). Ao longo do tempo, houve evidências de melhora nos processos industriais, aumento do número de coprodutos comercializados, bem como integração de tecnologias em algumas das fábricas com a biodigestão da vinhaça leve. Em ambos os casos, isso ocasionou uma melhora nos indicadores avaliados.

Para o presente estudo, foram coletadas e consolidadas as informações obtidas anualmente durante cinco anos em três biorrefinarias localizadas na província de Córdoba. Foi utilizada a metodologia de análise contida no anexo V da Diretiva da União Europeia para a avaliação de biocombustíveis^{xiii}. Em todos os casos, foi realizada a apropriação das emissões por massa, energia e preço dos produtos e coprodutos, embora os resultados apresentados obedeçam à alocação de energia seguindo as orientações da referida diretiva^{xiii}. Os inventários foram construídos com informações diretas de cada uma das empresas, abrangendo as etapas de transporte e transformação industrial, com rastreabilidade dessas informações aos sistemas de registro informatizado. Foram tomados como base os saldos anuais, considerando todas as variações que ocorrem na operação deste tipo de planta. O inventário correspondente à produção do campo foi realizado a partir de levantamentos diretos aos produtores primários e, também, com base nos melhores indicadores regionalizados disponíveis gratuitamente na Argentina^{xiv,xv}. No caso da ReTAA (Bolsa de Cereais de Buenos Aires), os valores divididos por zonas agroecologicamente homogêneas foram sobrepostos às bacias de abastecimento de cada uma das empresas, ponderando os resultados por sua contribuição de massa.

Os resultados foram obtidos em um total de 2,78 milhões de toneladas de milho em grão beneficiado, 865 mil toneladas de etanol anidro produzido, junto com 331 mil toneladas de destilados secos (DGS) e 1,37 milhões de toneladas de destilados úmidos (WDGS), 18 mil toneladas de petróleo e 97 mil toneladas de dióxido de carbono. No que diz respeito à parte agrícola, a maior variabilidade foi dada pelo clima, que teve um impacto significativo nos resultados de alguns anos. De acordo com os dados históricos, estima-se que a série de anos de 2014 a 2019 considerada englobe amplamente o que se espera em termos de variação climática nas bacias de abastecimento das usinas. No que diz respeito às tecnologias industriais, as três empresas utilizaram processos distintos, tanto contínuos como descontínuos, o que representa largamente o que está presente no mercado nacional no que diz respeito às tecnologias comercialmente disponíveis e aplicadas.

A taxa de retorno de energia obtida na média de 7 dos estudos realizados teve o valor de 2,61 quando todos os coprodutos produzidos foram contabilizados e 1,64 quando foi considerada apenas a produção de bioetanol. As maiores variações no que diz respeito às emissões ocorreram nas matérias-primas, dado o forte impacto dos retornos considerados em cada ano analisado. Os valores tiveram média de 185,68 kg CO₂eq / tonelada de grão beneficiado, variando entre 132,50 e 247,70. Os rendimentos médios de milho considerados variaram entre 5,8 e 9,1 toneladas / hectare.

A contribuição percentual média do total de emissões de GEE ao longo da cadeia de valor analisada nos 9 estudos foi distribuída em 43% para a etapa agrícola, 48% para o setor industrial, 2% para o transporte de matérias-primas para as fábricas e 7% para transporte de o produto final para os clientes. As emissões médias de bioetanol produzido foram 24,64 g CO₂eq / MJ de etanol, o que gerou uma redução nas emissões equivalente a 68,7% em relação à gasolina na Argentina^{xvi,xvii} e 70,9% tomando o valor de referência atualizado pelo Regulamento Europeu de o ano de 2018.

Palavras-chave: bioetanol, milho, gases de efeito estufa, redução de emissões.

¹ Resolución 37/2006. Biocombustibles. Bioetanol. Mezclas. Volúmenes. Ministerio de Energía y Minería. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/260152/texact.htm>

² Hilbert, J.A., S. Carballo, J. Manosalva, N. Michard, J.P. Vitale, L. Donato, S. Galbusera, M.J. Galvan y L. Schein. (2016a). "Análisis de Emisiones Producción de Bioetanol y Coprodutos ACA BIO Coop. Limitada". 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.18613.27369.

- 3 Hilbert, J.; S. Carballo; L. Schein; J. Manosalva; N. Michard y S. Galbusera. (2016b). "Modelización de la producción de maíz como insumo de una biorrefinería de la provincia de Córdoba" en "Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en la Argentina". V Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2016). ISBN 978-987- 521- 810-9.
- ⁴ Hilbert, J.A.; S. Carballo; S. Galbusera; L. Schein; A. Dantur; M.J. Galvan, J. Manosalva y N. Michard. (2017). "Influencia de la territorialidad y la temporalidad en el análisis de ciclo de vida de una biorrefinería de maíz". Las huellas ambientales de la generación de valor - VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2017). Págs 52-60.
- ⁵ Hilbert, J.A., S. Carballo, J. Manosalva, N. Michard, J.P. Vitale, L. Donato, S. Galbusera, M.J. Galvan y L. Schein. (2018a). "Informe ACA BIO 2017: Análisis de Emisiones, huella hídrica y balances energéticos de la producción de bioetanol y coproductos – ACA BIO". DOI: 10.13140/RG.2.2.23552.89606.
- ⁶ Hilbert, J.A., S. Carballo, J. Manosalva, N. Michard, J.P. Vitale, L. Donato, S. Galbusera, M.J. Galvan y L. Schein. (2018b). "Huella de carbono, Hídrica y Tasa de retorno energética de la Producción de Bioetanol y co-Productos ACABIO Coop". DOI: 10.13140/RG.2.2.30121.44641.
- ⁷ Hilbert, J.A., S. Carballo, J. Manosalva, N. Michard, S. Galbusera, L. Schein. (2018c). "Análisis de Emisiones Producción de Biogas Bioeléctrica". DOI: 10.13140/RG.2.2.26313.03684.
- ⁸ Hilbert, J.A., S. Carballo, J. Manosalva, N. Michard, J.P. Vitale, S. Galbusera y L. Schein. (2018d). "Informe BIO IV 2017: Análisis de Emisiones Producción de Bioetanol y subproductos". DOI: 10.13140/RG.2.2.34282.21446.
- ⁹ Hilbert, J. A., J. Manosalva y L. Saporiti. 2019. Bioethanol carbon footprint integrated 2019 report. DOI: 10.13140/RG.2.2.33207.27048.
- ¹⁰ Schein, L.; J. Hilbert; S. Carballo; J. Manosalva y N. Michard. (2017). Modelización de la producción de bioetanol de maíz en una biorrefinería de la provincia de Córdoba". Las huellas ambientales de la generación de valor - VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2017). Págs. 15-17.
- ¹¹ Manosalva, J.A.; J. Hilbert, L. Schein y S. Galbusera. (2018). "Análisis de ciclo de vida de la producción de maíz en la provincia de Córdoba". VII Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VI Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2018).
- ¹² Manosalva, J. A., Saporiti, L., & Hilbert, J. A. (2019). Perfil ambiental de la producción de bioetanol a partir de maíz en una biorrefinería de la provincia de Córdoba. VIII Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VII Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica. ENARCIV.
- ¹³ Unión Europea (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida). *Diario Oficial de la Unión Europea*, 328, 82-209.
- ¹⁴ MAGyP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Estimaciones Agrícolas. <http://datosestimaciones.magy.gov.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.
- ¹⁵ Relavamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA) de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. <http://www.bolsadecereales.com/retaa#>.
- ¹⁶ Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). (2015). Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones.
- ¹⁷ Ministerio de Energía y Minería de la Nación. (2016). Balance Energético Nacional 2015. Documento Metodológico. Centro de Información Energética, Subsecretaría de Escenarios y Evaluación de Proyectos, Secretaría de Planeamiento Energético Estratégico.

APROVECHAMIENTO ENERGETICO Y SUSTENTABILIDAD DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA DE TUCUMÁN (ARGENTINA)

ENERGY USE AND SUSTAINABILITY OF SUGAR CANE IN THE PROVINCE OF TUCUMÁN (ARGENTINA)

USO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE DA CANA DE AÇÚCAR NA PROVÍNCIA DE TUCUMÁN (ARGENTINA)

Tonatto M. J. (*)¹, Garolera De Nucci, L. P. ², Feijóo E. A. ³, Romero E. R. ⁴, Ruiz M.⁵

¹ Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Av W. Cross 3150. Las Talitas, Tucumán, Argentina (4101). jtonatto@eeaoc.org.ar

² Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Av W. Cross 3150. Las Talitas, Tucumán, Argentina (4101). pgarolera@eeaoc.org.ar

³ Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Av W. Cross 3150. Las Talitas, Tucumán, Argentina (4101). enriquefeijoo@eeaoc.org.ar

⁴ Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Av W. Cross 3150. Las Talitas, Tucumán, Argentina (4101). erromero@eeaoc.org.ar

⁵ Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Av W. Cross 3150. Las Talitas, Tucumán, Argentina (4101). marceloruiz@eeaoc.org.ar

RESUMEN

El escenario global de atención al medio ambiente y mitigación de los efectos del cambio climático deben compatibilizar con el aumento de la demanda energética. Los Objetivos de Desarrollo Sustentable planteados por la ONU para el año 2030 buscan garantizar el acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna (ODS 7). Además, llama a realizar acciones urgentes para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) responsables del cambio climático (ODS 13). Una alternativa es el aprovechamiento de biomasa de cultivos energéticos, entre los que se destaca la caña de azúcar para ambientes tropicales y subtropicales. Esto se debe a su potencial para producir etanol, fibra y residuos de cosecha que podrían usarse para la generación de energía térmica y/o eléctrica. Antecedentes destacan un impacto ambiental positivo del cultivo al capturar C durante su crecimiento y la influencia de la tecnología usada en la etapa agrícola, destacándose como la de mayor contribución al impacto ambiental. Otros plantean la capacidad de algunos cultivos energéticos de modificar su comportamiento y/o impacto ambiental de acuerdo al manejo agronómico proporcionado, pasando de ser un emisor de GEI a ser un sumidero de CO₂ atmosférico. Uno de los indicadores empleados para evaluar el desarrollo sustentable respecto de la energía es el uso de energía por unidad de producto agrícola. El impacto de estas actividades sobre la emisión de GEI es estudiado con el balance de C de los agrosistemas ya que permite conocer la liberación de CO₂ a la atmósfera y el secuestro de C en la biomasa y el suelo. El objetivo de este estudio fue estimar indicadores de sustentabilidad (uso de energía y flujo de carbono) para analizar el cultivo de caña de azúcar bajo diferentes sistemas tecnológicos de manejo agronómico y posibilidades de aprovechamiento energético de los residuos agrícolas de cosecha (RAC) para la provincia de Tucumán (Argentina). Los sistemas de manejo analizados corresponden a (1) sistema convencional y (2) sistema optimizado. Las etapas involucradas en los sistemas de producción abarcaron las diferentes etapas del cultivo (preparación de suelo, plantación, aplicación de agroquímicos, cosecha) y transporte de caña de azúcar y RAC a un ingenio azucarero, éste último para su posterior quema en calderas. Para ambos casos se consideró el empleo de maquinaria para las labores y la cosecha mecanizada en verde sin quema de biomasa. El transporte de caña de azúcar al ingenio fue realizado por maquinaria pesada (camiones). Además se tuvo en cuenta las dosis empleadas de agroquímicos, consumos de combustible y otros insumos. El sistema convencional registró un rendimiento promedio de 60 t de caña/ha. Las consideraciones tecnológicas más relevantes implicaron la plantación manual de los cañaverales y el uso de urea como fuente sintética de N. El sistema optimizado logró mayor rendimiento cultural con un promedio de 76 t de caña/ha. Se incorporaron nuevas alternativas tecnológicas, como ser la plantación mecanizada y la aplicación de nitrato de amonio calcáreo como fertilizante sintético. Con el propósito de estimar el consumo

de energía involucrado, se utilizó la metodología planteada por la International Energy Agency y empleada por diversos autores locales e internacionales y vigentes en la actualidad. A cada insumo se le asignó un coeficiente que permite expresar la cantidad utilizada del mismo en unidades de energía (MJ) para ser posteriormente contabilizado. Para el cálculo del stock de C orgánico en el sistema edáfico para un suelo representativo del área cañera de la provincia se empleó el modelo de balance de carbono simplificado planteado por Álvarez (2006). El secuestro anual de C fue estimado a partir de la biomasa generada por el cultivo y de la proporción remanente en el suelo después de la cosecha. Se consideraron las emisiones de CO₂ a la atmósfera durante los procesos de humificación y de mineralización y finalmente se obtuvo el flujo anual retenido en el C orgánico del suelo. El uso total de energía correspondiente al sistema convencional fue de 310,7 MJ/t de caña. El principal consumo de energía en este caso se debió al uso de combustible diesel durante la operación de la maquinaria y al uso de fertilizantes, representando el 49% y 36% del uso total de energía respectivamente. Al analizar el sistema de manejo optimizado, se cuantificó el uso total de energía en 203,4 MJ/t de caña producida. Los insumos de mayor influencia sobre el consumo de energía fueron el combustible diésel y el empleo de fertilizantes sintéticos (67% y el 17,8% del total respectivamente). El uso de energía cuantificado para el aprovechamiento energético posterior del RAC fue de 493 MJ/t RAC recolectado. El stock de C del suelo fue estimado en 36 t C/ha y un secuestro de C variable según la proporción de RAC recolectado para su aprovechamiento. Cuando se aprovechó el 70% del RAC, el aporte de C al suelo fue de 0,55 t C/ha.año, al aprovechar el 50% del RAC el aporte fue de 0,79 t C/ha.año y finalmente al dejar el 100% del RAC en la superficie del suelo el aporte de C fue de 1,38 t C/ha.año. La determinación del uso de energía permite proveer información más detallada para estudios sobre la huella ambiental de cultivos energéticos y biocombustibles a nivel local. Se verificó la relevancia del manejo agronómico que contribuye a lograr el rendimiento cultural deseado y además mejorar el beneficio ambiental del cultivo. Se identificaron los puntos críticos (combustible fósil y fertilizante), siendo necesario prestar atención a las operaciones de campo y su eficiencia para evitar el uso excesivo de combustible, así como la elección de alternativas más sustentables y dosis correcta de nutrientes. Surge entonces la necesidad de incluir indicadores de sustentabilidad en la toma de decisiones de manejo agronómico así como en la generación de políticas públicas relacionadas a sectores agroindustriales y los vinculados a la bioenergía.

Palabras clave: energía, carbono, mitigación, biomasa.

ABSTRACT

The global scenario environmental care and mitigation of the climate change effects must be compatible with the increase in energy demand. The Sustainable Development Goals proposed by the UN for 2030 aim to guarantee access to affordable, safe, sustainable and modern energy (SDG 7). In addition, it calls for urgent actions to control the emissions of greenhouse gases (GHG) responsible for climate change (SDG 13). An alternative is to use biomass from energy crops, with sugar cane standing out for tropical and subtropical environments. This is due to its potential to produce ethanol, fiber and crop residues that could be used for thermal and electrical energy generation. Background highlights a positive environmental impact of the crop by capturing C during its growth and the influence of the technology used in the agricultural stage, standing out as the one with the greatest contribution to the environmental impact. Others propose the capacity of some energy crops to modify their behavior and environmental impact according to the agronomic management provided, being a GHG emitter or a sink of atmospheric CO₂. One of the indicators used to evaluate sustainable development with respect to energy is the use of energy per unit of agricultural product. The impact of these activities on GHG emissions is studied with the C balance of agrosystems since it allows to know the release of CO₂ into the atmosphere and the sequestration of C in biomass and soil. The objective of this study was to estimate sustainability indicators (energy use and carbon flux) to analyze the cultivation of sugarcane under different technological systems of agronomic management and possibilities of energy use of agricultural harvest residues (AHR) for the province of Tucumán (Argentina). The management systems analyzed correspond to (1) conventional system and (2) optimized system. The stages involved in the production systems included the different stages of cultivation (soil preparation, planting, application of agrochemicals, harvesting) and transport of sugar cane and AHR to a sugar mill, the latter for subsequent burning in boilers. For both cases, the use of machinery for operations and mechanized green harvesting without biomass burning was considered. The transport of sugar cane to the mill was carried out by heavy machinery (trucks). In addition, the doses used of agrochemicals, fuel consumption and other inputs were taken into account. The conventional system registered an average yield of 60 t of cane/ha. The most relevant technological considerations involved the manual planting of sugarcane plants and the use of urea as a synthetic source of N. The optimized system achieved higher cultural yield with an average of 76 t of sugarcane/ha. New technological alternatives were incorporated, such as mechanized planting and the application of calcareous ammonium nitrate as synthetic fertilizer. In order to estimate the energy consump-

tion involved, the methodology proposed by the International Energy Agency and used by various local and international authors, and still current, was used. Each input was assigned a coefficient that allows expressing the amount used in energy units (MJ) to be subsequently accounted for. To calculate the organic C stock in the edaphic system for a representative soil of the sugarcane area of the province, the simplified carbon balance model proposed by Álvarez (2006) was used. The annual sequestration of C was estimated from the biomass generated by the crop and the remaining proportion in the soil after harvest. The CO₂ emissions to the atmosphere during the humification and mineralization processes were considered and finally the annual flow retained in the soil organic C was obtained. The quantified energy use for the subsequent energy use of the AHR was 493 MJ / t RAC collected. The soil C stock was estimated at 36 t C/ha and a variable C sequestration according to the proportion of AHR collected. When 70% of the AHR was used, the contribution of C to the soil was 0.55 t C/ha.year, when taking advantage of 50% of the AHR the contribution was 0.79 t C/ha.year and finally to the leaving 100% of the AHR on the soil surface, the C contribution was 1.38 t C/ha. year. The determination of energy use allows providing more detailed information for studies on the environmental footprint of energy crops and biofuels at the local level. The relevance of agronomic management that contributes to achieving the desired cultural performance and also improving the environmental benefit of the crop was verified. Hot spots (fossil fuel and fertilizer) were identified, making it necessary to pay attention to field operations and their efficiency to avoid excessive use of fuel, as well as the choice of more sustainable alternatives and the correct dose of nutrients. Thus, the need to include sustainability indicators in agronomic management decision-making as well as in the generation of public policies related to agro-industrial sectors and those related to bioenergy arises.

Key words: energy, carbon, mitigation, biomass.

RESUMO

O cenário global de atenção ao meio ambiente e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas deve ser compatível com o aumento da demanda de energia. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU para o ano 2030 buscam garantir o acesso a energia acessível, segura, sustentável e moderna (ODS 7). Além disso, prevê ações urgentes para o controle das emissões de gases de efeito estufa (GEE) responsáveis pelas mudanças climáticas (ODS 13). Uma alternativa é o uso de biomassa de culturas energéticas, entre as quais a cana-de-açúcar se destaca por ambientes tropicais e subtropicais. Isso se deve ao seu potencial de produção de etanol, fibras e resíduos vegetais que podem ser utilizados para geração de energia térmica e / ou elétrica. Os antecedentes evidenciam um impacto ambiental positivo da cultura pela captura de C durante o seu crescimento e a influência da tecnologia utilizada na fase agrícola, destacando-se como a que mais contribui para o impacto ambiental. Outros propõem a capacidade de algumas culturas energéticas modificarem seu comportamento e / ou impacto ambiental de acordo com o manejo agrônomico proporcionado, passando de emissora de GEE a sumidouro de CO₂ atmosférico. Um dos indicadores usados para avaliar o desenvolvimento sustentável no que diz respeito à energia é o uso de energia por unidade de produto agrícola. O impacto dessas atividades nas emissões de GEE é estudado com o balanço de C dos agrossistemas, visto que permite conhecer a liberação de CO₂ na atmosfera e o sequestro de C na biomassa e no solo. O objetivo deste estudo foi estimar indicadores de sustentabilidade (uso de energia e fluxo de carbono) para analisar o cultivo da cana-de-açúcar sob diferentes sistemas tecnológicos de manejo agrônomico e possibilidades de aproveitamento energético de resíduos agrícolas da colheita (RAC) para a província de Tucumán (Argentina). Os sistemas de gestão analisados correspondem a (1) sistema convencional e (2) sistema otimizado. As etapas envolvidas nos sistemas de produção compreendem as diferentes etapas de cultivo (preparo do solo, plantio, aplicação de agroquímicos, colheita) e transporte da cana-de-açúcar e RAC até a usina, esta para posterior queima em caldeiras. Para ambos os casos, considerou-se o uso de maquinários para o trabalho e colheita mecanizada em verde sem queima de biomassa. O transporte da cana-de-açúcar até a usina era feito por maquinários pesados (caminhões). Além disso, foram consideradas as doses de agrotóxicos utilizadas, o consumo de combustível e outros insumos. O sistema convencional registrou produtividade média de 60 t cana / ha. As considerações tecnológicas mais relevantes envolveram o plantio manual dos canaviais e o uso da uréia como fonte sintética de N. O sistema otimizado alcançou maiores rendimentos culturais com uma média de 76 t cana / ha. Novas alternativas tecnológicas foram incorporadas, como o plantio mecanizado e a aplicação de nitrato de amônio calcário como fertilizante sintético. Para estimar o consumo de energia envolvido, foi utilizada a metodologia proposta pela Agência Internacional de Energia e utilizada por diversos autores locais e internacionais e atualmente em vigor. A cada entrada foi atribuído um coeficiente que permite expressar a quantidade utilizada em unidades de energia (MJ) a serem contabilizadas posteriormente. Para o cálculo do estoque de C orgânico no sistema edáfico para um solo representativo da área canavieira da província, foi utilizado o modelo simplificado de balanço de carbono proposto por Álvarez (2006). O sequestro anual de C foi estimado a partir da biomassa gerada pela

cultura e da proporção remanescente no solo após a colheita. Foram consideradas as emissões de CO₂ para a atmosfera durante os processos de umificação e mineralização e, por fim, foi obtida a vazão anual retida no C orgânico do solo. O consumo total de energia correspondente ao sistema convencional foi de 310,7 MJ / t de cana. O principal consumo de energia, neste caso, deveu-se à utilização de gásóleo durante o funcionamento das máquinas e à utilização de fertilizantes, que representam 49% e 36% do consumo total de energia, respectivamente. Ao analisar o sistema de gestão otimizado, o consumo total de energia foi quantificado em 203,4 MJ / t de cana produzida. Os insumos com maior influência no consumo de energia foram o óleo diesel e o uso de fertilizantes sintéticos (67% e 17,8% do total, respectivamente). O uso de energia quantificado para o uso de energia subsequente do RAC foi de 493 MJ / t RAC coletado. O estoque de C do solo foi estimado em 36 t C / ha e um sequestro de C variável de acordo com a proporção de RAC coletado para seu uso. Quando se utilizou 70% do RAC, a contribuição de C para o solo foi de 0,55 t C / ha.ano, ao aproveitar 50% do RAC a contribuição foi de 0,79 t C / ha.ano e finalmente para a saída de 100 % do RAC na superfície do solo, a contribuição de C foi de 1,38 t C / ha. ano. A determinação do uso de energia permite fornecer informações mais detalhadas para estudos sobre a pegada ambiental de culturas energéticas e biocombustíveis a nível local. Verificou-se a relevância do manejo agrônômico que contribui para alcançar o desempenho cultural desejado e também melhorar o benefício ambiental da cultura. Foram identificados pontos críticos (combustível fóssil e fertilizante), sendo necessário estar atento às operações de campo e sua eficiência para evitar o uso excessivo de combustível, bem como a escolha de alternativas mais sustentáveis e a dosagem correta de nutrientes. Surge então a necessidade de incluir indicadores de sustentabilidade na tomada de decisão da gestão agrônômica, bem como na geração de políticas públicas relacionadas aos setores agroindustriais e vinculados à bioenergia.

Palavras chave: energia, carbono, mitigação, biomassa.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA CONTRIBUCION DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA POLIFITICOS SOBRE EL N MINERAL EN EL SUELO Y EL C PRODUCIDO

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF POLIPHITIC COVER CROPS ON MINERAL N IN THE SOIL AND C PRODUCED

ANÁLISE PRELIMINAR DA CONTRIBUIÇÃO DAS CULTURAS DE COBERTURA POLÍTICA SOBRE O N MINERAL NO SOLO E C PRODUZIDO

Aranza Rodriguez ^{1,2}; Luis Milesi Delaye ³; Alicia Irizar ³; Gloria Rótolo ¹; Adrián Andriulo ³

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria Oliveros (INTA - EEA Oliveros), Desempeño y Sostenibilidad Ambiental de Sistemas Agroindustriales, Ruta 11 km 353, 2206 Oliveros, Argentina. rodriguez.aranza@inta.gob.ar *

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) -27 de febrero 210, 2000 Rosario, Argentina.

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (INTA - EEA Pergamino), Ruta 32 km 4.5, 2700 Pergamino, Argentina

RESUMEN

Propósito: El modelo lineal implementado para la producción agropecuaria desatiende el doble rol de la agricultura (proveedora de beneficios y de insumos), el enfoque de sistemas, así como la contribución que recibe del ambiente, y el impacto sobre el mismo. Consiguientemente, por un lado, se requiere implementar esquemas productivos con ciclado de recursos, y por otro contar con datos locales para aplicar a los cálculos de las evaluaciones ambientales. La inclusión del cultivo de cobertura (CC) otoño-invernal es una alternativa para, mejorar el balance de C (potencial aumento del secuestro de carbono) y el reciclado de N, reducir la lixiviación de nitratos y el escurrimiento superficial. El objetivo del presente trabajo es parte de una experiencia más amplia, que busca mejorar la contribución específica de los CC en la retención del N en el suelo y en el cálculo del análisis del ciclo de vida, utilizando la marcación isotópica natural del ¹³C. En el presente trabajo solo se analizaron los efectos de una campaña con CC.

Sistema de estudio: EEA INTA Oliveros (32°33'42"S, 60°51'55"O), Santa Fe, con suelos Argiudoles típicos, serie Maciel, precipitaciones de 1076 mm, y temperatura promedio anual de 24.9°C (máx.) y 12.6°C (mín.). Los ensayos se establecieron en tres lotes que rotan maíz (*Zea maize*)- soja1° (*Glycine max*, L. Merr.) y trigo (*Triticum aestivum*, L)/soja2°, a los que se sumó un cultivo de cobertura multiespecie (CC) compuesto por leguminosas, gramíneas y brasicáceas, previo al maíz y soja 1°. Se evaluaron tres tratamientos en tres repeticiones aleatorias: a) CC multiespecie (CC), b) CC multiespecies en pastoreo (CC/P), yc) barbecho químico (sin CC, Testigo). El manejo en los tratamientos a) y b) es de bajo nivel de insumos, el pastoreo es de alta carga en poco tiempo, y en el c) de forma tradicional. Cada unidad muestral posee una superficie de 840 m².

Método: Para los análisis de suelo se tomaron muestras compuestas por parcelas, a cuatro (4) y tres (3) estratos de profundidad para el COS y N-NO₃ respectivamente, así como para densidad aparente en cada estrato. Los muestreos son a la siembra y al secado de los CC. Para la biomasa aérea se tomaron submuestras de 0.25 m² por parcela y se cuantificó el peso seco al inicio y fin del CC. Se analizaron los dos lotes (AB y 2) que en el período 2019-2020 incluían los CC.

Resultados y discusión: El lote AB (antecesor soja2°) inició con COS de 1.6% y N-NO₃ de 12.1 kg ha⁻¹ en el horizonte A. Luego de 160 días, no se encontraron diferencias entre las materias secas aéreas de CC y CC/P, 5.939 y 4.851 kg ha⁻¹, respectivamente y se observó una disminución a 0-60 cm de 22.5 y 17.6 kg N-NO₃ ha⁻¹ en CC y CC/P, respectivamente en comparación al testigo (35.5 kg N-NO₃ ha⁻¹), sin diferencias entre CC y CC/P.

El lote 2 (antecesor maíz) presentó COS de 1.3% y N-NO₃ de 7.6 kg ha⁻¹ al inicio en el mismo horizonte. Luego de 205 días, tampoco se encontraron diferencias entre las materias secas aéreas de CC y CC/P, 6138 y 6477 kg ha⁻¹, respectivamente y, a 0-60 cm, hubo un aumento 10.6 y 5.6 kg N-NO₃ ha⁻¹ con respecto al testigo (35.9 kg N-NO₃ ha⁻¹) en CC y CC/P, respectivamente. El contenido de NNO3 en CC resultó superior al de CC/P.

Al momento de secado, en el lote AB, avena, centeno y vicia aportaron el 90% de la materia seca total producida mientras que en el lote 2, vicia aportó el 92% de la misma.

En el lote AB, el cultivo de soja junto a una fertilidad edáfica media condujeron a una mineralización neta del N proveniente de la MOS, la cual fue aprovechada por los CC. En el lote 2, en cambio, el residuo de maíz provocó una inmovilización temporaria del N característica del cultivo y junto a la baja cantidad de N mineralizado proveniente de la MOS generaron un ambiente edáfico estimulante de la fijación biológica del N por parte de vicia. Además, los 45 días adicionales del ciclo del cultivo, con buenas precipitaciones y temperaturas en octubre, favorecieron su productividad y podrían haber incrementado la pérdida de N mineral por lixiviación, particularmente, en el testigo. En los Argiudoles típicos de la pampa ondulada, las condiciones de suelo seco bajo SD, conducen a la formación de grietas que arrastran nitratos por flujo preferencial.

Conclusión: La combinación de cultivo antecesor, el estado de fertilidad del suelo a nivel de lote y la duración del ciclo de cultivo explicaron la cantidad de nitrógeno mineral del perfil del suelo y la composición de especies al finalizar su ciclo. Bajo las condiciones edafoclimáticas imperantes, con pastoreo existió un crecimiento compensatorio que no limitó la producción de biomasa aérea final.

Palabras Claves: carbono orgánico del suelo (COS), cultivos de cobertura, nitrógeno mineral.

ABSTRACT

Purpose: The lineal model implemented for agricultural production, neglects the dual role of agriculture (as provider of benefits and inputs), the systems approach, the contribution it receives from the environment, and the impact on it. Consequently, on the one hand, it is necessary to implement productive schemes with resources cycling, and on the other hand to have local data to apply to the environmental assessments calculation. The inclusion of the autumn-winter cover crop (CC) is an alternative to improve C balance (potential increase in C sequestration) and N recycling, to reduce nitrates leaching and surface runoff. The objective of the work is part of a more extensive study and look for improving the specific contribution of the CC in the soil N retention and the soil C calculation procedures in life cycle assessment, by utilizing of ¹³C isotopic natural marking. The present work, analyzed the effects of one agricultural year with CC.

Study system: EEA INTA Oliveros (32°33'42"S, 60°51'55"O), Santa Fe, with typical Argiudoles soils, Maciel series, annual rainfall of 1076 mm, and annual average temperature of 24.9°C (max.) and 12.6°C (min). The trials were established on three plots that rotate with corn (*Zea maize*) - soybean¹ (*Glycine max*, L. Merr.) and wheat (*Triticum aestivum*, L) / soybean², to which a multispecies cover crop (CC), composed by legumes, grasses and brassicaceae species, was added before corn and soybeans 1st. Three treatments were evaluated in three random repetitions: a) multispecies CC (CC), b) multispecies CC in grazing (CC / P), and c) chemical fallow (without CC, Control). The management of treatments a) and b) is with low input level, grazing is of high load in a short time, and c) is with traditional. Each sample unit has an area of 840 m².

Method: For soil analysis, composed samples per plots were taken at four (4) and three (3) depth strata for SOC and N-NO₃ respectively, as well as for bulk density in each stratum. The samplings are taken at the CC sowing and drying. For the aboveground biomass, sub-samples of 0.25 m² were taken per treatments and the dry weight was quantified at the beginning and drying of the CC. The two plots (AB and 2) that included CC in the 2019-2020 period were analyzed.

Results and Discussion: Plot AB (predecessor soybean 2^o) started with SOC of 1.6% and N-NO₃ of 12.1 kg.ha⁻¹ in the horizon A. After 160 days, no differences were found between the aboveground dry biomass of CC and CC/P, 5,939 and 4,851 kg.ha⁻¹, respectively, and a decrease was observed at 0-60 cm deep of 22.5 and 17.6 kg N-NO₃ ha⁻¹ in CC and CC/P, respectively with respect to the control (35.5 kg N-NO₃ ha⁻¹), without differences between CC and CC/P.

Plot 2 (predecessor corn) presented SOC of 1.3% and N-NO₃ of 7.6 kg.ha⁻¹ at the beginning in the same horizon A. After 205 days, no differences were found between the aboveground dry biomass of CC and CC/P, 6138 and 6477 kg.ha⁻¹, respectively and, at 0-60 cm, was an increase of 10.6 and 5.6 kg NNO₃ ha⁻¹ with respect to the control (35.9 kg N-NO₃ ha⁻¹) in CC and CC/P, respectively. The content of NNO₃ in CC was higher than that of CC/P.

At the time of drying the CC, in plot AB, oats, rye and vetch contributed 90% of the total dry matter produced while in plot 2; vetch contributed 92% of it.

In plot AB, soybean crop together with a medium soil fertility led to a net mineralization of N from the SOM, which was used by the CC. In plot 2, on the other hand, the corn residue caused a temporary immobilization of

N typical of the crop and together with the low amount of mineralized N from the SOM generated an edaphic environment that stimulated the biological N fixation by vetch. Furthermore, the additional 45 days of the crop cycle, with good rainfall and temperatures in October, favored its productivity and could have increased the loss of mineral N by leaching, particularly in the control. In the typical Argiudoles of the undulating Pampa, the dry soil conditions under no till, lead to the formation of cracks that carry on nitrates by preferential flow.

Conclusion: The combination of the predecessor crop, the soil fertility status at the plot level and the duration of the crop cycle, explained the amount of mineral nitrogen in the soil profile and the species composition at the end of its cycle. Under the prevailing edaphoclimatic conditions, with grazing there was a compensatory growth that did not limit the final aboveground biomass production.

Keywords: cover crops, mineral nitrogen, soil organic carbon (SOC).

RESUMO

Objetivo: O modelo linear implementado para a produção agrícola negligencia o duplo papel da agricultura (provedora de benefícios e insumos), a abordagem sistêmica, bem como a contribuição que recebe do meio ambiente e o impacto sobre ele. Conseqüentemente, por um lado, é necessário implementar esquemas produtivos com ciclagem de recursos, e por outro lado, ter dados locais para aplicar nos cálculos das avaliações ambientais. A inclusão de culturas de cobertura de outono-inverno (CC) é uma alternativa para melhorar o balanço de C (aumento no potencial de seqüestro de carbono) e reciclagem de N, além de reduzir a lixiviação de nitrato e o escoamento superficial. O objetivo deste trabalho foi analisar a resposta do N inorgânico (N-NO₃) e do carbono orgânico do solo (COS) à incorporação de CC multiespécies e faz parte de uma experiência mais ampla que busca melhorar a contribuição específica de CC na retenção de N e C no solo (utilizando a abundância natural em ¹³C), para melhorar os cálculos relativos à análise do ciclo de vida.

Sistema de estudo: EEA INTA Oliveros (32 ° 33'42 "S, 60 ° 51'55" W), Santa Fé, com solos Argiudole típicos, série Maciel, precipitação de 1076 mm e temperatura média anual de 24,9°C (máx.) e 12,6°C (min.). Os ensaios foram estabelecidos em três lotes com a rotação milho (*Zea mays*) - soja 1° (*Glycine max*, L. Merr.) e trigo (*Triticum aestivum*, L) / soja 2°, aos quais foi adicionada uma cultura de cobertura multiespécie (CC) composta por leguminosas, gramíneas e brássicas, antes do milho e da soja 1°. Foram avaliados três tratamentos em três repetições aleatórias: a) multiespécies CC (CC), b) multiespécies CC em pastejo (CC/P) e c) pousio químico (sem CC, controle). O manejo nos tratamentos a) e b) é de baixo nível de insumos, e o pastejo é de alta carga em curto espaço de tempo, e em c) de forma tradicional. A área de cada unidade amostral foi de 840 m².

Método: Para a análise do solo, foram coletadas amostras compostas nas parcelas em quatro (4) e três (3) camadas para COS e N-NO₃ respectivamente, bem como para a densidade aparente em cada camada. As amostragens foram realizadas na semeadura e no dessecamento das CC. Para a biomassa aérea, foram coletadas subamostras de 0,25 m² por parcela e quantificado o peso seco no início e no final das CC. Foram analisados os dois lotes (AB e 2), que no período 2019-2020 incluíam as CC.

Resultados e discussão: O lote AB (antecessor soja 2°) iniciou com COS de 1,6% e N-NO₃ de 12,1 kg ha⁻¹ no horizonte A. Após 160 dias, não foram encontradas diferenças na matéria seca aérea entre CC e CC/P, 5.939 e 4.851 kg ha⁻¹, respectivamente, e uma diminuição foi observada na camada 0-60 cm de 22,5 e 17,6 kg N-NO₃ ha⁻¹ no CC e CC/P, respectivamente, em relação ao controle (35,5 kg N-NO₃ ha⁻¹), sem diferenças entre CC e CC/P.

O lote 2 (antecessor milho apresentou COS de 1,3% e N-NO₃ de 7,6 kg ha⁻¹ no início nesse mesmo horizonte. Após 205 dias, também não foram encontradas diferenças na matéria seca aérea entre CC e CC/P, 6.138 e 6.477 kg ha⁻¹, respectivamente e, a 0-60 cm, houve um aumento de 10,6 e 5,6 kg N-NO₃ ha⁻¹ em relação ao controle (35,9 kg N-NO₃ ha⁻¹) em CC e CC/P, respectivamente. O conteúdo de N-NO₃ em CC foi superior ao de CC/P.

No momento do dessecamento, no lote AB, aveia, centeio e ervilhaca contribuíram com 90% da matéria seca total produzida, enquanto que no lote 2, a ervilhaca contribuiu com 92% da mesma.

No lote AB, o cultivo da soja associado a uma fertilidade edáfica média do solo conduziram a uma mineralização líquida do N da MOS, a qual beneficiou as CC. No lote 2, ao contrário, o resíduo do milho causou uma imobilização temporária do N característico desse cultivo e juntamente com a baixa quantidade de N mineralizado da MOS geraram um ambiente edáfico que estimulou a fixação biológica de N pela ervilhaca. Além disso, os 45 dias adicionais do ciclo do cultivo, com boas chuvas e temperaturas em outubro, favoreceram a sua produtividade e podem ter aumentado a perda de N mineral por lixiviação, principalmente no controle. Nos Argiudoles típicos da pampa ondulada, as condições de solo seco sob SD conduzem à formação de fissuras que transportam nitratos por fluxo preferencial.

Conclusão: A combinação da cultura antecessora, o estado de fertilidade do solo ao nível de lote e a duração do ciclo de cultivo explicaram a quantidade de nitrogênio mineral do perfil do solo e a composição de espécies ao final do seu ciclo. Nas condições edafoclimáticas predominantes, com o pastejo houve um crescimento compensatório que não limitou a produção final de biomassa aérea.

Palavras-chave: carbono orgânico do solo, nitrogênio mineral, plantas de cobertura

PLANIFICACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS SUSTENTABLE DE LA PALMA ACEITERA EN COLOMBIA

OPTIMAL PLANNING OF THE SUSTAINABLE OIL PALM SUPPLY CHAIN IN COLOMBIA

PLANEJAMENTO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO SUSTENTÁVEL DA PALMA DE ÓLEO NA COLÔMBIA

Darwin Peña González ¹, Lucas M. Machin Ferrero ², Daniel Cortés Borda ³, Agustín Barrios Sarmiento ¹, Mildred Domínguez Santiago ¹, Fernando D. Mele ^{2,*}

¹ Universidad del Norte, Km 5 vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia. darwing@uninorte.edu.co, abarrios@uninorte.edu.co, mildredd@uninorte.edu.co

² Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, S. M. de Tucumán, Argentina. fmele@herrera.unt.edu.ar, lmachinferrero@herrera.unt.edu.ar

³ Universidad del Atlántico, Km 7 vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia. danielcortesborda@gmail.com

RESUMEN

El aceite de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) representa un 25% de la producción de aceites vegetales en el mundo y es, después del aceite de soja, el aceite vegetal más producido, tanto con fines alimenticios como para la producción de biodiésel. El proceso de extracción del aceite genera 21-35% de biomasa residual (cáscara, fibra y racimos vacíos), cuyo elevado potencial como fuente de energía ha incentivado en los países productores de palma su uso en la propia cadena de suministros (CS). Colombia es el cuarto productor mundial de aceite de palma (5 millones t fruto/año) y el primero en América, y sus políticas fomentan el aprovechamiento integral de los productos derivados de la palma, la optimización de su cadena de valor y la reducción de los costos logísticos. No obstante, la sustentabilidad de esta actividad ha sido a menudo cuestionada, especialmente en los principales productores (Sudeste Asiático) por lo que es de vital importancia proceder a una planificación estratégica que tenga en cuenta los impactos ambientales.

En este contexto, el presente trabajo plantea un enfoque de optimización para el diseño y la planificación estratégica de la CS de la palma aceitera en Colombia con criterios de sustentabilidad. Se propone un modelo de programación lineal mixto entero (MILP) con el objetivo de determinar la configuración de la CS de la palma aceitera tal que se maximice su rentabilidad neta y se minimice simultáneamente su impacto ambiental donde las decisiones permiten determinar el número, ubicación y capacidad de las plantas de producción y almacenes a instalar en cada región en la que se ha dividido el ámbito geográfico del estudio, así como también los enlaces y modos de transporte que deben establecerse en la red y los flujos de materias primas, productos y subproductos. En el horizonte de planificación y para una determinada previsión de precios, se establece la disponibilidad de materia prima, demanda y una política de expansión de capacidad de las instalaciones.

El modelo desarrollado integra las diferentes tecnologías de producción, almacenamiento y transporte de los distintos productos —intermedios o finales— de esta CS (frutos de palma, aceite crudo y aceite crudo de semilla, aceites refinados, biodiésel y bioelectricidad), incluyendo también información de costos e impactos ambientales asociados a las diferentes actividades de la cadena, con un claro enfoque regional.

El problema se resolvió utilizando el método de optimización multiobjetivo de restricción ϵ para obtener las fronteras de Pareto que representan la relación de compromiso ente los diferentes objetivos considerados: ambientales versus económicos.

Para la evaluación del impacto se ha construido el inventario de ciclo de vida de cada uno de los procesos incluidos en la CS de la palma con un alcance *gate to gate* y se han estimado factores de impacto usando, por un lado, la puntuación única del método ReCiPe Endpoint (H) (v.1.12) y, por otro lado, 14 categorías de ReCiPe Midpoint.

Los resultados muestran cómo se pueden lograr mejoras significativas en el impacto ambiental (puntuación única) mediante la elección adecuada de ciertas tecnologías (producción de aceite crudo y electricidad en vez de biodiésel) y la adopción de un diseño descentralizado de la CS. Sin embargo, esto está en compromiso con el beneficio económico obtenido. Por otro lado, se ha comprobado que hacer frente a todos los impactos ambien-

tales simultáneamente no es posible debido a que estos impactos tienen una dependencia compleja, a menudo contrapuesta, de la topología de la CS. Las soluciones de Pareto con bajo impacto en algunas categorías implican un traslado de cargas hacia otras categorías (por ejemplo en agotamiento del ozono y de los recursos fósiles).

En general, nuestros resultados destacan la necesidad de revisar las iniciativas gubernamentales actuales que tienen como objetivo una sola categoría de impacto ambiental, y de establecer lineamientos para un análisis ambiental integral. Así, el marco multiobjetivo proporciona una plataforma poderosa para apoyar en la toma de decisiones en el diseño y gestión de CS regionales más sostenibles.

Palabras Claves: optimización; investigación de operaciones; agroindustria; biocombustibles; ecoeficiencia.

ABSTRACT

Oil palm oil (*Elaeis guineensis*) represents 25% of the production of vegetable oils in the world and is, after soybean oil, the most produced vegetable oil, both for food purposes and for biodiesel production. The oil extraction process generates 21-35% of residual biomass (shell, fiber and empty bunches), whose high potential as a source of energy has encouraged its use in the palm-producing countries in their own supply chain (SC). Colombia is the fourth world producer of palm oil (5 million t fruit/year) and the first in America, and its policies promote the integral use of palm-derived products, the optimization of its value chain and the reduction of logistics costs. However, the sustainability of this activity has often been questioned, especially in the main producers (Southeast Asia); therefore, it is crucial to conduct a strategic planning that takes into account environmental impacts.

In this connection, this paper proposes an optimization approach for the design and strategic planning of the oil palm SC in Colombia with sustainability criteria. A mixed-integer linear programming model (MILP) is proposed with the objective of determining the configuration of the SC of the oil palm such that the profitability of the network is maximized and the environmental impact is simultaneously minimized. Decisions made allow to determine the number, location and capacity of the production plants and warehouses to be installed in each region in which the country has been divided, as well as the links and transportation modes that must be established and the flows of raw materials, products and by-products. In the planning horizon and for a certain price forecast, the availability of raw material, products demand, and a policy for capacity expansions of the facilities are established.

The model developed integrates the different production, storage and transportation technologies of the different products –intermediate and final– of this SC (palm fruits, crude oil and crude kernel oil, refined oils, biodiesel and bioelectricity), also including information on costs and environmental impacts associated with the different activities of the chain, with a clear regional focus.

The multi-objective optimization problem was solved using the ϵ -constraint method to obtain the Pareto front that represent the trade-off between the different objectives considered: environmental versus economic.

For the impact assessment, the “gate to gate” life cycle inventory of each of the processes included in the palm SC has been built and impact factors have been estimated using, on the one hand, a single score from ReCiPe Endpoint (H) method (v1.12) and, on the other hand, 14 categories from ReCiPe Midpoint.

Our results show how significant reductions in the environmental impact (single score) can be attained by appropriately deploying the most benign technologies (crude oil and electricity against biodiesel production) and adopting a decentralized layout in the SC. However, this is in contrast to the economic benefit obtained. In addition, it has been proven that meeting all environmental impacts simultaneously is not possible because these impacts have a complex, often conflicting, dependence on the SC topology. Pareto solutions with low impact in some categories imply a burden shifting to other categories (e.g., ozone depletion and fossil depletion).

Overall, our results highlight the need to review current government initiatives that target a single category of environmental impact, and to establish guidelines for a comprehensive environmental analysis. Thus, the multi-objective framework provides a powerful platform to support decision-making in the design and management of more sustainable regional SCs.

Keywords: optimization; operational research; agroindustry; biofuels; eco-efficiency.

RESUMO

O óleo de palma (azeite de dendê) representa 25% da produção de óleos vegetais no mundo e é, depois do óleo de soja, o óleo vegetal mais produzido, tanto para fins alimentícios quanto para a produção de biodiesel. O processo de extração do óleo gera 21-35% da biomassa residual (casca, fibra e engaço). O alto potencial dessa biomassa como fonte de energia tem incentivado os países produtores de palma (*Elaeis guineensis*) a utilizá-la em

sua própria cadeia de abastecimento (CA). A Colômbia é o quarto produtor mundial de óleo de palma (5 milhões de t fruta/ano) e o primeiro da América, e suas políticas promovem o uso integral dos produtos derivados da palma, a otimização de sua cadeia de valor e a redução de custos logísticos. No entanto, a sustentabilidade dessa atividade tem sido questionada, principalmente nos principais produtores (Sudeste Asiático), por isso é de vital importância dar continuidade a um planejamento estratégico que leve em consideração os impactos ambientais.

Nesse contexto, este trabalho propõe uma abordagem de otimização para o desenho e planejamento estratégico da CA de palma na Colômbia com critérios de sustentabilidade. Um modelo de programação linear inteira mista (MILP) é proposto com o objetivo de determinar a configuração da CA da palma de forma que o benefício econômico seja maximizado e o impacto ambiental seja simultaneamente minimizado onde as decisões permitem determinar o número, localização e capacidade das unidades de produção e armazéns a instalar em cada região em que se divide o âmbito geográfico do estudo, bem como as ligações e meios de transporte que devem ser estabelecidos na rede e os fluxos de matérias-primas, produtos e subprodutos. No horizonte de planejamento e por uma determinada previsão de preço, são estabelecidas a disponibilidade de matéria-prima, a demanda, e uma política de expansão da capacidade das instalações.

O modelo desenvolvido integra as diferentes tecnologias de produção, armazenamento e transporte dos diferentes produtos —intermediários ou finais— desta CA (frutos de palma, óleo bruto e óleo de palmiste bruto, óleos refinados, biodiesel e bioeletricidade), incluindo também informações sobre custos e impactos ambientais associados às diferentes atividades da rede, com claro enfoque regional.

O problema foi resolvido usando o método de otimização multi-objetivo de ϵ -constraint para obter os pontos de Pareto que representam a relação de compromisso entre os diferentes objetivos considerados: ambientais versus econômicos.

Para a avaliação de impacto, o inventário do ciclo de vida de cada um dos processos incluídos na CA da palma foi construído com um escopo *gate to gate* e os fatores de impacto foram estimados usando, por um lado, a pontuação única do método ReCiPe Endpoint (H) (v.1.12) e, por outro lado, 14 categorias de ReCiPe Midpoint.

Os resultados mostram como melhorias significativas no impacto ambiental (pontuação única) podem ser alcançadas por meio da escolha adequada de certas tecnologias (produção de petróleo bruto e eletricidade em vez de biodiesel) e da adoção de uma topologia da CA descentralizada. No entanto, isso compromete o benefício econômico obtido. Por outro lado, foi comprovado que lidar com todos os impactos ambientais simultaneamente não é possível porque esses impactos têm uma dependência complexa, muitas vezes conflitante, da topologia da rede. Soluções de Pareto com baixo impacto em algumas categorias implicam na transferência de cargas para outras categorias (por exemplo, depleção da camada de ozônio e recursos fósseis).

No geral, nossos resultados destacam a necessidade de revisar as iniciativas governamentais atuais que visam uma única categoria de impacto ambiental e de estabelecer diretrizes para uma análise ambiental abrangente. Assim, a estrutura multiobjetivo fornece uma plataforma poderosa para apoiar a tomada de decisões na concepção e gestão de CAs regionais mais sustentáveis.

Palavras-chave: otimização; pesquisa operacional; indústria agrícola; biocombustíveis; eco-eficiência.

PARAMETERIZATION OF THE PESTLCI 2.0 MODEL FOR THE MAIN AGRICULTURAL PRODUCTION SCENARIOS IN BRAZIL

PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO PESTLCI 2.0 PARA OS PRINCIPAIS CENÁRIOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO PESTLCI 2.0 PARA LOS PRINCIPALES ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN BRASIL

Robson Rolland Monticelli Barizon ^{1*}, Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura ¹, Michelle Tereza Scachetti ², Gustavo Bayma ¹, Danilo Garofalo ¹, Vitória Ferreira de Lanes ², Giovanni Picoli ¹, Marcela Porto Costa ³, Anna Leticia M. T. Pighinelli ¹, Marcelo Augusto Boechat Morandi ¹

¹ Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340, km 127,5, CP 69, CEP 13918-110, Jaguariúna, SP, Brasil. robson.barizon@embrapa.br, marilia.folegatti@embrapa.br, gustavo.bayma@embrapa.br, danilo.trovo.garofalo@gmail.com, giovannipicoli095@gmail.com, anna.pighinelli@embrapa.br, marcelo.morandi@embrapa.br

² Fundação Espaço Eco, Estrada Ribeirão do Soldado, 230, São Bernardo do Campo, SP, Brasil. michelle.scachetti@basf.com, vitoria.lanes@basf.com

³ Bangor University, Bangor, Gwynedd, LL57 2DG, United Kingdom. marcela.costa@bangor.ac.uk

ABSTRACT

Pesticides are inputs widely used in the main agricultural production systems in Brazil and worldwide. Using these inputs in agriculture allows farmers to increasingly exploit the productive potential of crops, which has led to successive and significant productivity gains over the past decades with a reduction in losses caused by pests and diseases.

As they are characterized by their toxic activity to innumerable living organisms, pesticides are also a reason for attention because of their possible adverse effects on the environment and human health. For this reason, several methodologies have been used to assess the impacts of pesticides used in agriculture. Life cycle assessment (LCA) is an important environmental management tool, which has been improved to incorporate the potential impact of these compounds in agricultural production systems. Several approaches have been used in studies of this nature. Some more simplistic approaches are adopted by important international databases of Life Cycle Inventories (ICV), such as ecoinvent, which assumes the total emission of pesticides to the soil as a premise; and the Agrifootprint, which proposes a fixed fraction of pesticides for different environmental compartments. Another viable approach adopts a mathematical model for the dispersion of pesticides in the environment, PestLCI 2.0, which estimates the emissions of pesticides applied in agricultural areas to the environmental compartments air, surface and groundwater. To quantify emissions to the environment, PestLCI 2.0 incorporates parameters related to the production environment, such as chemical and physical characteristics of the soil, climatic variables and crop management data, besides the physical-chemical properties of the pesticide molecules.

However, PestLCI 2.0 was originally developed for European production scenarios and does not include in its database specific input parameters for tropical agricultural systems, as in Brazil. Thus, the aim of this work is to parameterize the PestLCI model for the main Brazilian agricultural production scenarios, with a systematic survey of the specific input data of tropical environments.

The first activity of parameterizing PestLCI 2.0 was to define the production scenarios that will be incorporated into the database associated with this model. As the first selection criterion, crops were selected that contribute at least 70% of Brazilian agricultural production. Then, the spatial cut was established. We opted for the use of geographic mesoregions defined by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), as they allow an adequate level of detail for LCA studies. After processing this information in a GIS approach, thirty-five mesoregions were selected and spread throughout the Brazilian territory.

Then, the representative soils for each selected mesoregion were defined. In order to facilitate the construction of production scenarios, it was assumed that each scenario would be represented by the class of soil with the greatest coverage in the agricultural production areas of each mesoregion. For that, geospatial data from the MapBiomass project were used.

The physical and chemical properties of the pesticide molecules used in these production scenarios, which were not originally included in PestLCI 2.0, were also incorporated into the database. From market research information provided by BASF, the molecules that represented 70% of the planted area for each selected crop were compiled. After excluding the molecules that are already in the model database, twenty-seven new molecules were selected. The physicochemical properties of the molecules were surveyed in the database of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), managed by the University of Hertfordshire.

Finally, climatic data were obtained from historical series for each of the mesoregions. The parameters were obtained in two different databases: i) "WorldClim version 2.1", which contains climatic information from 1970 to 2000; and ii) "Daily gridded meteorological variables in Brazil", which contains climatic information from 1980 to 2013. The parameters processed were: minimum, maximum and average temperature; precipitation and solar radiation; and rainy days and potential annual evapotranspiration, respectively.

The expectation after the parameterization of the PestLCI model is that it may soon be used widely by the Life Cycle Assessment community, contributing to the regionalization of models aiming at the differentiation and strengthening of tropical agriculture.

Keywords: modeling, pesticide, inventory, LCA.

RESUMO

Os pesticidas são insumos largamente empregados nos principais sistemas de produção agrícola brasileiros e mundiais. O uso desses insumos na agricultura permite aos agricultores explorar cada vez mais o potencial produtivo das culturas, com a redução das perdas por pragas e doenças, o que tem levado a sucessivos e expressivos ganhos de produtividade ao longo das últimas décadas.

Por se caracterizarem pela sua atividade tóxica a inúmeros organismos vivos, os pesticidas também são motivo de atenção por seus possíveis efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana. Por essa razão, diversas metodologias têm sido utilizadas com o objetivo de avaliar os impactos dos pesticidas utilizados na agricultura. A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma importante ferramenta de gestão ambiental, que tem sido aprimorada para incorporar o potencial impacto destes compostos em sistemas de produção agropecuários. Várias abordagens têm sido empregadas em estudos dessa natureza. Algumas abordagens mais simplistas são adotadas por importantes bancos de dados internacionais de Inventários de Ciclo de Vida (ICV), como o ecoinvent, que assume como premissa a emissão total dos pesticidas para o solo; e o Agrifootprint, que propõe um fracionamento fixo dos pesticidas para os diferentes compartimentos ambientais. Outra possível abordagem adota um modelo matemático de dispersão de pesticidas no ambiente, o PestLCI 2.0, que estima as emissões dos pesticidas aplicados nas áreas agrícolas para os compartimentos ambientais ar, água superficial e subterrânea. Para quantificar as emissões para o ambiente, o PestLCI 2.0 incorpora parâmetros relacionados ao ambiente de produção, como características químicas e físicas do solo, variáveis climáticas e dados de manejo da cultura, além das propriedades físico-químicas das moléculas de pesticida.

No entanto, o PestLCI 2.0 foi originalmente desenvolvido para cenários de produção europeus e não contempla em sua base de dados os parâmetros de entrada específicos para os sistemas agrícolas tropicais, como é o caso do Brasil. Assim, o objetivo deste trabalho é parametrizar o modelo PestLCI para os principais cenários de produção agrícola brasileiros, com o levantamento sistematizado dos dados de entrada específicos dos ambientes tropicais.

A primeira atividade da parametrização do PestLCI 2.0 foi definir os cenários de produção que serão incorporados à base de dados associada a esse modelo. Como primeiro critério de seleção, foram selecionadas as culturas que contribuem com pelo menos 70% da produção agrícola brasileira. Em seguida, foi estabelecido o recorte espacial. Optou-se pela utilização das mesorregiões geográficas definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pois permitem um nível de detalhamento adequado para as finalidades dos estudos de ACV. Após o processamento destas informações em ambiente SIG, foram selecionadas 35 mesorregiões, distribuídas em todo o território brasileiro.

Na sequência, foram definidos os solos representativos para cada mesorregião selecionada. Para facilitar a construção dos cenários de produção, foi assumido que cada cenário seria representado pela classe de solo de maior abrangência nas áreas de produção agrícola de cada mesorregião. Para tanto, foram utilizados dados geoespaciais provenientes do projeto MapBiomass.

También fueron incorporadas a la base de datos las propiedades físico-químicas de las moléculas de plaguicidas utilizadas en estos escenarios de producción y que no constaban originalmente en PestLCI 2.0. A partir de informaciones de investigación de mercado cedidas por la empresa BASF, se compiló una lista de moléculas que representaban un total del 70% del área cultivada para cada cultivo seleccionado. Después de excluir las moléculas que ya constaban en la base de datos del modelo, se llegó a un total de 27 nuevas moléculas. Las propiedades físico-químicas de las moléculas fueron levantadas a partir de la base de datos de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), gestionada por la Universidad de Hertfordshire.

Por último, se obtuvieron datos climáticos de series históricas de cada una de las mesorregiones. Los parámetros fueron obtenidos de dos bases de datos distintas, siendo: i) "WorldClim versión 2.1", donde constan informaciones climáticas de 1970 a 2000; e ii) "Daily gridded meteorological variables in Brazil", donde constan informaciones climáticas de 1980 a 2013. Los parámetros procesados fueron: temperatura mínima, máxima y media; precipitación y radiación solar; y días de lluvia y evapotranspiración potencial anual, respectivamente.

Se espera que a partir de esta base de datos desarrollada para la parametrización del modelo PestLCI, el mismo pueda ser ampliamente utilizado por la comunidad de Evaluación del Ciclo de Vida en un futuro próximo, contribuyendo a la regionalización de modelos que buscan la diferenciación y el fortalecimiento de la agricultura tropical.

Palabras-clave: modelado, plaguicida, inventario, ACV.

RESUMEN

Los plaguicidas son insumos ampliamente utilizados en los principales sistemas de producción agrícola de Brasil y del mundo. El uso de estos insumos en la agricultura permite a los agricultores explotar cada vez más el potencial productivo de los cultivos, con una reducción de las pérdidas por plagas y enfermedades, lo que ha llevado a sucesivas y significativas ganancias de productividad durante las últimas décadas.

Como se caracterizan por su actividad tóxica para innumerables organismos vivos, los plaguicidas también son un motivo de atención por sus posibles efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana. Por esta razón, se han utilizado varias metodologías para evaluar los impactos de los plaguicidas utilizados en la agricultura. El análisis de ciclo de vida (ACV) es una importante herramienta de gestión ambiental, que se ha mejorado para incorporar el impacto potencial de estos compuestos en los sistemas de producción agrícola. Se han utilizado varios enfoques en estudios de esta naturaleza. Algunos enfoques más simplistas son adoptados por importantes bases de datos internacionales de inventarios de ciclo de vida (ICV), comoecoinvent, que asume como premisa la emisión total de plaguicidas al suelo; y el Agrifootprint, que propone un fraccionamiento fijo de plaguicidas para diferentes compartimentos ambientales. Otro posible enfoque adopta un modelo matemático para la dispersión de plaguicidas en el medio ambiente, PestLCI 2.0, que estima las emisiones de plaguicidas aplicados en áreas agrícolas a los compartimentos ambientales aire, agua superficial y subterránea. Para cuantificar las emisiones al medio ambiente, PestLCI 2.0 incorpora parámetros relacionados con el ambiente de producción, tales como características químicas y físicas del suelo, variables climáticas y datos de manejo de cultivos, además de las propiedades físico-químicas de las moléculas del plaguicida.

Sin embargo, PestLCI 2.0 fue desarrollado originalmente para escenarios de producción europeos y no incluye en su base de datos parámetros de entrada específicos para sistemas agrícolas tropicales, como es el caso de Brasil. Así, el objetivo de este trabajo es parametrizar el modelo PestLCI para los principales escenarios de producción agrícola brasileña, con un levantamiento sistemático de los datos de entrada específicos de los ambientes tropicales.

La primera actividad de parametrizar PestLCI 2.0 fue definir los escenarios de producción que se incorporarán a la base de datos asociada a este modelo. Como primer criterio de selección, se seleccionaron cultivos que aportan al menos el 70% de la producción agrícola brasileña. Luego, se estableció el corte espacial. Optamos por el uso de mesorregiones geográficas definidas por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), ya que permiten un nivel de detalle adecuado para los fines de los estudios de ACV. Luego de procesar esta información en un ambiente GIS, se seleccionaron 35 mesorregiones, distribuidas por todo el territorio brasileño.

Luego, se definieron los suelos representativos para cada mesorregión seleccionada. Para facilitar la construcción de escenarios de producción, se asumió que cada escenario estaría representado por la clase de suelo con mayor cobertura en las áreas de producción agrícola de cada mesorregión. Para eso, se utilizaron datos geoespaciales del proyecto MapBiomass.

Las propiedades físicas y químicas de las moléculas de plaguicidas utilizadas en estos escenarios de producción, que no se incluyeron originalmente en PestLCI 2.0, también se incorporaron a la base de datos. A partir de la información de investigación de mercado proporcionada por BASF, se recopilaron moléculas que representa-

ron un total del 70% del área plantada para cada cultivo seleccionado. Después de excluir las moléculas que ya están en la base de datos del modelo, se alcanzó un total de 27 moléculas nuevas. Las propiedades fisicoquímicas de las moléculas se estudiaron en la base de datos de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), administrada por la Universidad de Hertfordshire.

Finalmente, los datos climáticos se obtuvieron a partir de series históricas para cada una de las mesorregiones. Los parámetros se obtuvieron en dos bases de datos diferentes, siendo: i) "WorldClim versión 2.1", que contiene información climática de 1970 a 2000; y ii) "Variables meteorológicas cuadrículadas diarias en Brasil", que contiene información climática de 1980 a 2013. Los parámetros procesados fueron: temperatura mínima, máxima y media; precipitación y radiación solar; y días lluviosos y evapotranspiración anual potencial, respectivamente.

Se espera que a partir de esta base de datos desarrollada para la parametrización del modelo PestLCI, pueda llegar a ser ampliamente utilizada por la comunidad de Análisis de Ciclo de Vida en un futuro próximo, contribuyendo a la regionalización de modelos que apuntan a la diferenciación y el fortalecimiento de la agricultura tropical.

Palabra clave: modelado, pesticida, inventario, ACV.

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SMALL-SCALE HONEY PRODUCTION IN MENDOZA, ARGENTINA – THE INFLUENCE OF POLLINIZATION SERVICES

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL A PEQUEÑA ESCALA EN MENDOZA, ARGENTINA – INFLUENCIA DE LOS SERVICIOS DE POLINIZACIÓN

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE MEL EM PEQUENA ESCALA EM MENDOZA, ARGENTINA - A INFLUÊNCIA DOS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO

Silvia Curadelli ^{1,*}, Roxana Piastrellini ¹, Alejandro Pablo Arena ^{1,2}, Bárbara María Civit ^{1,2}

¹Grupo CLIOPE, Facultad Regional Mendoza-Universidad Tecnológica Nacional. Rodríguez 273, Mendoza, Argentina. roxanapp@gmail.com*, silvia.curadelli@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)-CCT Mendoza. Av. Ruiz Leal s/n, Mendoza, Argentina. aparena@gmail.com, barbara.civit@gmail.com

ABSTRACT

Beekeeping activity is recognized not only for the high biological value products and services it provides to crop pollination, but also for its contribution to regional development with rural employment generation and low barriers to entry, particularly in the primary stage.

The evolution of world natural honey production had a positive trend: in the last 27 years an average annual increase of 1.7% was observed. The world minimum production was recorded in 1996 (1,096,758 t) while the maximum was in 2015 (1,825,752 t).

Argentina is the country with the largest number of hives in the Southern Hemisphere. Approximately 95% of Argentinian honey production is exported, where 97% correspond to natural honey. Export destinations are poorly diversified; they are concentrated in the USA (48%) and Germany (26%). Even though, domestic demand is low, the current trend toward a better quality of life, consumption of natural and healthy products with features that benefit the health, show a possible increase in local demand.

Beekeeping production in Argentina is present in most provinces of the country but maintains a higher incidence in the Central Region (Buenos Aires province concentrates around 50% of national production). The rest is distributed to beekeepers in small and medium scale companies with limited financial resources. Only in recent years export consortia have been created in order to facilitate access of small beekeepers to foreign trade. Unlike large exporters who export “honey mixture” bulk, the consortia are seeking to boost their sales by increasing the added value of their production through product differentiation and the adaptation to the requirements of quality and sustainability imposed by major buyers: the Union European and the United States. Currently operate nine consortia in Argentina, one of them in Cuyo region whose honey is recognized worldwide for its high quality organoleptic and physico-chemical properties obtained on the basis of the vast unspoiled native vegetation.

This study was carried out in order to evaluate the environmental impact of honey production in Mendoza, one of the main producing provinces in the Cuyo region. A life cycle analysis of small-scale production was carried out. The data set represents the production of 1 kilogram of processed and packaged honey. The inventory was modeled from the database elaborated by the CLIOPE group in previous projects¹. Adjustments were made in the mass balance and in the flows of the packing stage. The analyzed system includes the hives construction, its management, the honey collection and extraction, and finally its packaging. An economic allocation was made taking into account honey, beeswax and nuclei (commercial packages of live bees used to start a new hive).

Considering the great influence of beekeeping in increasing fruit-horticultural production in the Cuyo region, the study includes an additional analysis that incorporates pollination services. In this complementary study, 3 allocation scenarios were considered: i) No pollination services; ii) Pollination services to increase the produc-

tion of local fruit trees (such as almonds, cherries, plums, etc.); iii) Pollination services for the production of local vegetable seeds (such as onion). The impact categories included in the CML-IA baseline V3.05 / World 2000 method were evaluated.

The results show that the main environmental impacts of honey production are due to the production of sugar used in the manufacture of food supplements for bees, to the production of PVC containers. The standardized results show that the most relevant impact categories are: Human Toxicity (HTx), Photochemical Oxidation (PO) and Aquatic Ecotoxicity (FATx).

Regarding the Global warming category (100a), the impact was 0.233 kg CO₂e. The most relevant processes are: emissions from inputs and hives transport (28%), the transfer of hives between production sites (between two and three times a year, towards the end of the flowering stage of different plant species) and the PVC containers production (19% each).

The analysis of pollination services shows a reduction in the impacts obtained in the baseline scenario. The most relevant reductions are observed in the category Photochemical oxidation (25% on average), Terrestrial ecotoxicity, and Human toxicity (17% and 16.5% respectively). Regarding global warming, the reductions are 3% and 5% in each of the scenarios considered. In all cases, the third scenario is the most environmentally benign.

These results are useful for producers interested in improving their supply chain from the environmental point of view.

Keywords: Honey, environmental profile, pollination services, economic allocation.

RESUMEN

La actividad apícola es reconocida no solo por los productos y servicios de alto valor biológico que brinda a la polinización de cultivos, sino también por su contribución al desarrollo regional con generación de empleo rural, particularmente en la etapa primaria.

La evolución de la producción mundial de miel natural ha tenido una tendencia positiva: en los últimos 27 años se observó un incremento anual promedio de 1,7%. La producción mínima mundial se registró en el año 1996 (1.096.758 t) mientras que la máxima fue en 2015 (1.825.752 t).

Argentina es el país con mayor número de colmenas del hemisferio sur. Aproximadamente el 95% de la producción de miel argentina se exporta, siendo el 97% miel natural. Los destinos de exportación están poco diversificados; se concentran en EE.UU. (48%) y Alemania (26%). Si bien la demanda interna es baja, la tendencia actual hacia una mejor calidad de vida, el consumo de productos naturales y saludables con características que benefician la salud, muestran un posible incremento de la demanda local.

La producción apícola en Argentina está presente en la mayoría de las provincias del país, pero mantiene una mayor incidencia en la Región Central (la provincia de Buenos Aires concentra alrededor del 50% de la producción nacional). El resto se distribuye entre apicultores de pequeñas y medianas empresas, con recursos económicos limitados. En los últimos años se han creado consorcios de exportación con el fin de facilitar el acceso de los pequeños apicultores al comercio exterior. A diferencia de los grandes exportadores que exportan "mezcla de miel" a granel, los consorcios buscan impulsar sus ventas aumentando el valor agregado de su producción a través de la diferenciación de productos y la adaptación a los requisitos de calidad y sostenibilidad impuestos por los principales compradores: la Unión Europea y Estados Unidos. Actualmente operan nueve consorcios en Argentina, uno de ellos en la región de Cuyo, cuya miel es reconocida mundialmente por sus propiedades organolépticas y físico-químicas de alta calidad, obtenidas a partir de vegetación nativa.

Este estudio se realizó con el fin de evaluar el impacto ambiental de la producción de miel en Mendoza, una de las principales provincias productoras de la región de Cuyo. Se realizó un análisis del ciclo de vida de la producción a pequeña escala. El conjunto de datos representa la producción de 1 kilogramo de miel procesada y envasada. El inventario se modeló a partir de la base de datos de la actividad elaborada por el grupo CLIOPE en trabajos previos¹. Se realizaron ajustes en el balance de masas y en los flujos de entrada de la etapa de empaque. El sistema analizado incluye la construcción de las colmenas, el manejo de las mismas, la recolección y la extracción de miel, y finalmente el empaque. Se realizó una asignación económica teniendo en cuenta la miel, la cera de abejas y los núcleos (paquetes comerciales de abejas vivas utilizados para iniciar una nueva colmena).

Considerando la gran influencia de la apicultura en el incremento de la producción fruti-hortícola de la región de Cuyo, el estudio incluye un análisis adicional que incorpora los servicios de polinización. En este estudio complementario se consideraron 3 escenarios de asignación: i) Sin servicios de polinización; ii) Servicios de polinización para aumentar la producción de árboles frutales locales (como almendros, cerezas, ciruelas, etc.); iii) Servicios de polinización para la producción de semillas de hortalizas locales (como cebolla).

Se evaluaron las categorías de impacto incluídas en el método CML-IA baseline V3.05/World 2000.

Los resultados muestran que los principales impactos ambientales de la producción de miel se deben a la producción de azúcar utilizada en la fabricación de complementos alimenticios para las abejas, a la producción de los envases de PVC. Los resultados normalizados muestran que las categorías de impacto más relevantes son Toxicidad humana (HTx), Oxidación fotoquímica (PO) y Ecotoxicidad acuática (FATx).

En cuanto a la categoría Calentamiento global (100a), el impacto fue de 0,233 kg CO₂e. Los procesos que más relevantes son: las emisiones del transporte de insumos y de colmenas (28%), el traslado de las colmenas entre los sitios de producción (entre dos y tres veces al año, hacia el final de la etapa de floración de diferentes especies vegetales) y la producción de los envases de PVC aportan un 19% cada uno.

El análisis de los servicios de polinización, muestra una reducción de los impactos obtenidos en el escenario de base. Las reducciones más relevantes se observan en la categoría Oxidación fotoquímica (25% en promedio), Ecotoxicidad terrestre y Toxicidad humana (17% y 16,5% respectivamente). En relación al Calentamiento global las reducciones son del 3% y del 5% en cada uno de los escenarios considerados. En todos los casos el tercer escenario es el más benigno ambientalmente.

Los resultados hallados en este estudio son de gran utilidad para los productores interesados en mejorar su cadena de suministro desde el punto de vista ambiental.

Palabras clave: Miel, perfil ambiental, servicios de polinización, asignación económica.

RESUMO

A atividade apícola é reconhecida não só pelos produtos e serviços de elevado valor biológico que proporciona para a polinização das culturas, mas também pelo seu contributo para o desenvolvimento regional com a geração de emprego rural, nomeadamente na fase primária.

A evolução da produção mundial de mel natural tem tido uma tendência positiva: nos últimos 27 anos observou-se um aumento médio anual de 1,7%. A produção mundial mínima foi registrada em 1996 (1.096.758 t) enquanto a máxima foi registrada em 2015 (1.825.752 t).

A Argentina é o país com maior número de colmeias no hemisfério sul. Aproximadamente 95% da produção de mel argentino é exportada, sendo 97% mel natural. Os destinos de exportação são pouco diversificados; estão concentrados nos EUA (48%) e Alemanha (26%). Embora a demanda doméstica seja baixa, a tendência atual para uma melhor qualidade de vida, o consumo de produtos naturais e saudáveis com características que beneficiam a saúde, mostram um possível aumento da demanda local.

A produção apícola da Argentina está presente na maioria das províncias do país, mas mantém maior incidência na Região Centro (a província de Buenos Aires concentra cerca de 50% da produção nacional). O restante é distribuído entre apicultores de pequenas e médias empresas, com recursos econômicos limitados. Nos últimos anos, consórcios de exportação foram criados com o objetivo de facilitar o acesso dos pequenos apicultores ao comércio exterior. Ao contrário dos grandes exportadores que exportam "mix de mel" a granel, os consórcios buscam impulsionar suas vendas aumentando o valor agregado de sua produção por meio da diferenciação do produto e da adaptação aos requisitos de qualidade e sustentabilidade impostos pelos principais compradores: União Europeia e Estados Unidos. Atualmente operam nove consórcios na Argentina, um deles na região de Cuyo, cujo mel é reconhecido mundialmente por suas propriedades organolépticas e físico-químicas de alta qualidade, obtido a partir de vegetação nativa.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o impacto ambiental da produção de mel em Mendoza, uma das principais províncias produtoras da região de Cuyo. Foi realizada uma análise do ciclo de vida da produção em pequena escala. O conjunto de dados representa a produção de 1 quilo de mel processado e embalado. O inventário foi modelado a partir do banco de dados elaborado pelo grupo CLIOPE em trabalhos anteriores¹. Ajustes foram feitos no balanço de massa e nos fluxos da etapa de embalagem. O sistema analisado inclui a construção das colmeias, seu manejo, a coleta e extração do mel e, por fim, o acondicionamento. Foi feita uma alocação econômica levando em consideração mel, cera de abelha e núcleos (embalagens comerciais de abelhas vivas utilizadas para iniciar uma nova colméia).

Considerando a grande influência da apicultura no aumento da produção frutícola-hortícola na região de Cuyo, o estudo inclui uma análise adicional que incorpora serviços de polinização. Neste estudo complementar, foram considerados 3 cenários de alocação: i) Sem serviços de polinização; ii) Serviços de polinização para aumentar a produção de árvores frutíferas locais (como amêndoas, cerejas, ameixas, etc.); iii) Serviços de polinização para a produção de sementes de hortaliças locais (como cebola). As categorias de impacto incluídas no método CML-IA V3.05 baseline/World 2000 foram avaliadas.

Os resultados mostram que os principais impactos ambientais da produção de mel são devidos à produção de açúcar utilizado na fabricação de suplementos alimentares para abelhas, à produção de embalagens de PVC. Os resultados padronizados mostram que as categorias de impacto mais relevantes são a Toxicidade Humana (HTx), Oxidação Fotoquímica (PO) e Ecotoxicidade Aquática (FATx).

Em relação à categoria Aquecimento global (100a), o impacto foi de 0,233 kg CO₂e. Os processos mais relevantes são: emissões provenientes do transporte de insumos e colmeias (28%), a transferência de colmeias entre locais de produção (entre duas a três vezes por ano, no final da fase de floração de diferentes espécies de plantas) e a produção de embalagens de PVC contribuem com 19% cada.

A análise dos serviços de polinização mostra uma redução nos impactos obtidos no cenário de linha de base. As reduções mais relevantes são observadas na categoria Oxidação fotoquímica (25% em média), Ecotoxicidade terrestre e Toxicidade humana (17% e 16,5% respectivamente). Em relação ao aquecimento global, as reduções são de 3% e 5% em cada um dos cenários considerados. Em todos os casos, o terceiro cenário é o mais ambientalmente benigno.

Os resultados encontrados neste estudo são muito úteis para produtores interessados em melhorar sua cadeia de suprimentos do ponto de vista ambiental.

Palavras-chave: Mel, perfil ambiental, serviços de polinização, alocação econômica.

1 Alejandro Pablo Arena, Gabriela Nuri Barón, Roxana Piastrellini, Silvia Curadelli, Bárbara María Civit. *Environmental profile of the life cycle of small-scale honey production in Mendoza, Argentina*. (Documento inédito). Grupo CLIPOE, UTN FRM. Mendoza, Argentina.

IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE POLLO DE ENGORDE: EFECTO DE DIETAS NUTRACÉUTICAS Y CONDICIONES DE CRIANZA

ENVIRONMENTAL IMPACT ON BROILER PRODUCTION: EFFECT OF USING NUTRACEUTICAL DIETS AND REARING CONDITIONS

IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CARNE DE FRANGO: EFEITO DE DIETAS NUTRACÊUTICAS E CONDIÇÕES DE CRIAÇÃO

C.A., Parrado ^{1*}, Y., Martínez ², A.M., Urquía ¹ y G.O., Solís ¹

¹ Escuela Agrícola Panamericana - Zamorano, Departamento de Ingeniería y Ambiente. Km 30 vía Tegucigalpa a Danlí, Valle de Yeguaré. Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, C.A.

² Escuela Agrícola Panamericana - Zamorano, Departamento de Ciencia y Producción Animal.

cparrado@zamorano.edu. Km 30 vía Tegucigalpa a Danlí, Valle de Yeguaré. Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, C.A.; ymartinez@zamorano.edu; aurquia@zamorano.edu; german.santos@est.zamorano.edu

RESUMEN

La producción de aves de corral en países centroamericanos se caracteriza por su manejo intensivo. Con dietas a base de maíz y soya, generalmente importados, uso de antibióticos como promotores de crecimiento y generación de excretas con altos contenidos de nitrógeno y fósforo relacionados con la baja eficiencia en su asimilación. *Objetivo:* evaluar el impacto ambiental de la producción de pollo de engorde y su relación con la eficiencia de dietas nutraceuticas a través de análisis de ciclo de vida.

Métodos: En la Unidad Avícola de la Universidad Zamorano en Honduras, durante un ciclo productivo de pollo de engorde de la línea genética Ross® 308, alimentados con dietas nutraceuticas (reemplazo con productos residuales de bajo costo + fitobióticos) y convencional (maíz y soya), se evaluaron las concentraciones de N y P en excretas y la volatilización de NH₃. Así como diferentes variables ambientales y zootécnicas. Nuestra hipótesis estuvo determinada sobre la base que la sustitución parcial de maíz y soya, la generación de salubridad a través de camas óptimas y el control de variables ambientales como temperatura y humedad, reducirían las cargas ambientales relacionados con la excreción de N y P, la volatilización de amoníaco y el uso de antibióticos en la fase de engorde, sin afectar las características de la canal y los rasgos de calidad de la carne.

Resultados: Se determinó que la sustitución parcial de maíz y soya de la dieta convencional (D0), con harina de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) (D1) y semolina de arroz (*Oryza sativa*) y la adición de fitobióticos, derivados de marañón (*Anacardium occidentale* L.) y achiote (*Bixa orellana* L.) y complejos enzimáticos en las dietas nutraceuticas, optimizó la eficiencia metabólica y disminuyó las cargas de contaminantes. Bajo estas dietas se aumentó la eficiencia alimentaria y se disminuyeron las pérdidas de N y P en las excretas en rangos entre el 15 a 25% para D1 y entre el 10 y 15% en D2, con respecto a D0. Así mismo, las concentraciones de NH₃ en el galpón de los grupos de animales con dietas nutraceuticas y con camas con zeolita no superaron las 10 ppm. Adicionalmente, la combinación de D1 y D2 y zeolita en cama para los pollos de engorde, fue determinante en la promoción del efecto modulador del sistema inmune, del crecimiento, la ganancia de biomasa y el peso de las porciones comestibles, con disminución de grasa no deseada. Como consecuencia de esto, se observaron diferencias significativas en la disminución en las cargas ambientales en eutrofización, acidificación, ecotoxicidad acuática y terrestre, toxicidad humana y calentamiento global. No obstante, en la categoría de uso de suelo no se presentaron diferencias ya que la productividad por unidad de área fue similar en todas las dietas.

Discusión y conclusiones: Fue evidente que la inclusión de productos residuales y la adición de fitobióticos en las dietas de pollos de engorde, no sólo redujo los impactos ambientales a través de la eficiencia alimentaria y la disminución de las pérdidas de N y P en las excreciones, sino a través de revalorización de los residuos y optimización del manejo productivo. Así mismo, las concentraciones bajas de NH₃ en el ambiente determinaron una reducción en la generación de N reactivo y el bienestar de los animales en el galpón. De otro lado, el uso de fitobióticos no sólo influyó en la eficiencia en la asimilación y uso del N y P en la dieta, sino que tiene efectos positivos sobre la ganancia de peso y el sistema inmune, sustituyendo de manera absoluta el uso de antibióticos

generadores de resistencia microbiana en el ambiente. Aspectos que en conjunto evidenciaron menores cargas en las categorías de impacto ambiental analizadas, con ajustes de factores de caracterización. Aunque la mayor carga ambiental en el ciclo de vida de la cadena productiva sigue siendo en la fase de engorde, los resultados muestran avances importantes para resolver puntos críticos en el sistema. La innovación dietaria y la disponibilidad local de productos residuales para la sustitución parcial del maíz y la soya (producto de importación), redujeron los impactos relacionados con el uso de energía de transporte y procesamiento. Finalmente, mejores estrategias y alternativas en la base de alimentación y manejo de camas reflejan un mejor desempeño ambiental en la producción de carne de pollo.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida, carne de pollo en canal, fitobióticos, harina de coquito y semolina de arroz.

ABSTRACT

The production of poultry in Central American countries is characterized by its intensive management. With corn and soy-based diets, generally imported, use of antibiotics as growth promoters and generation of excrete with contents of nitrogen and phosphorus related to the low efficiency in their assimilation. *Objective:* to evaluate the environmental impact of broiler production and its relationship with the efficiency of nutraceutical diets through life cycle analysis.

Methods: In the Poultry Unit of the Zamorano University in Honduras, during a productive cycle of broilers of the Ross® 308 genetic line, fed with nutraceutical diets (replacement with low-cost residual products + phytobiotics) and conventional (corn and soybeans), the concentrations of N and P in broiler depositions and the consequent volatilization of NH₃ were evaluated. Additionally, different environmental and zootechnical variables were evaluated. Our hypothesis was determined on the basis that the partial substitution of corn and soybeans, the generation of healthiness through optimal beds and the control of environmental variables such as temperature and humidity, would reduce the environmental loads related to the excretion of N and P, the volatilization of ammonia and the use of antibiotics in the fattening phase, without affecting the characteristics of the carcass and the quality traits of the meat.

Results: It was clear that the partial replacement of corn and soybeans from the conventional diet (D0), with oil palm (*Elaeis guineensis*) flour (D1) and rice semolina (*Oryza sativa*) and the addition of phytobiotics, derived from cashew (*Anacardium occidentale* L.) and annatto (*Bixa orellana* L) and enzyme complexes in nutraceutical diets, optimized metabolic efficiency and decreased pollutant loads. With these diets, the feeding efficiency was increased and the losses of N and P in the depositions decreased in ranges between 15 to 25% for D1 and between 10 and 15% in D2, with respect to D0. Also, the NH₃ concentrations in the shed of the groups of animals with nutraceutical diets and with zeolite litters did not exceed 10 ppm. In addition, the combination of D1 and D2 and zeolite in litter for broilers was decisive in promoting the modulating effect of the immune system, growth, biomass gain and the weight of edible portions, with a decrease in fat not wanted. As a consequence of this, significant differences were observed in the decrease in environmental loads in eutrophication, acidification, aquatic and terrestrial ecotoxicity, human toxicity and global warming. However, in the category of land use there were no differences since the productivity per unit area was similar in all diets.

Discussion and conclusions: It was evident that the inclusion of residual products and the addition of phytobiotics in the diets of broilers, not only reduced environmental impacts through feed efficiency and the reduction of N and P losses in excretions, but through the valorization of waste and optimization of productive management. Also, the low concentrations of NH₃ in the environment determined a reduction in the generation of reactive N and the welfare of the animals in the shed. On the other hand, the use of phytobiotics not only influenced the efficiency in the assimilation and use of N and P in the diet, but also had positive effects on weight gain and the immune system, completely replacing the use of antibiotics generators of microbial resistance in the environment. These aspects showed lower burdens in the analyzed environmental impact categories, with adjustments of characterization factors. Although the greatest environmental burden in the life cycle of the production chain continues to be in the feeding phase, the results show important advances in solving critical points in the system. Dietary innovation and the local availability of residual products for the partial substitution of corn and soybeans (imported product), reduced the impacts related to the use of transport and processing energy. Finally, better strategies and alternatives in the feeding base and bed management reflect a better environmental performance in the production of chicken meat.

Keywords: Life cycle analysis, chicken meat, phytobiotics, oil palm flour and rice semolina

RESUMO

A produção de aves nos países da América Central é caracterizada por ser intensivo. Com dietas à base de milho e soja, geralmente importadas, o uso de antibióticos como promotores de crescimento e geração de excretas com altos teores de nitrogênio e fósforo está relacionado à baixa eficiência em sua assimilação. **Objetivo:** avaliar o impacto ambiental da produção de frangos de corte e sua relação com a eficiência de dietas nutracêuticas por meio da análise do ciclo de vida.

Métodos: Na Unidade Avícola da Universidade Zamorano em Honduras, durante um ciclo produtivo de frangos de corte da linha genética Ross® 308, alimentados com dietas nutracêuticas (substituição por produtos residuais de baixo custo + fitobióticos) e convencionais (milho e soja), foram avaliadas as concentrações de N e P nas excretas e a volatilização de NH₃. Além de outras variáveis ambientais e zootécnicas. Nossa hipótese foi determinada com base em que a substituição parcial de milho e soja, a geração de salubridade por meio de camas ideais e o controle de variáveis ambientais como temperatura e umidade reduziram as cargas ambientais relacionadas à excreção de N e P, o a volatilização da amônia e uso de antibióticos na fase de engorda, sem afetar as características da carcaça e as características de qualidade da carne.

Resultados: Determinou-se que a substituição parcial do milho e da soja da dieta convencional (D0), pela farinha de dendê (*Elaeis guineensis*) (D1) e semolina de arroz (*Oryza sativa*) e adição de fitobióticos, derivados do caju (*Anacardium occidentale* L.) e urucum (*Bixa orellana* L) e complexos enzimáticos em dietas nutracêuticas otimizaram a eficiência metabólica e diminuíram as cargas poluentes. Com essas dietas, a eficiência alimentar foi aumentada e as perdas de N e P nas excretas diminuíram em faixas entre 15 a 25% para D1 e entre 10 e 15% para D2, em relação a D0. Da mesma forma, as concentrações de NH₃ no galpão dos grupos de animais com dieta nutracêutica e com camas de zeólita não ultrapassaram 10 ppm. Além disso, a combinação de D1 e D2 e zeólita na cama para frangos de corte foi decisiva na promoção do efeito modulador do sistema imunológico, crescimento, ganho de biomassa e peso das porções comestíveis, com diminuição da gordura não desejada. Como consequência disso, foram observadas diferenças significativas na diminuição das cargas ambientais na eutrofização, acidificação, ecotoxicidade aquática e terrestre, toxicidade humana e aquecimento global. Porém, na categoria de uso do solo não houve diferenças e a produtividade por unidade de área foi semelhante em todas as dietas.

Discussão e conclusões: Ficou evidente que a inclusão de produtos residuais e a adição de fitobióticos nas dietas de frangos de corte, não só reduziram os impactos ambientais por meio da eficiência alimentar e da redução das perdas de N e P nas excreções, mas através da reavaliação do desperdício e otimização da gestão produtiva. Da mesma forma, as baixas concentrações de NH₃ no ambiente determinaram uma redução na geração de N reativo e no bem-estar dos animais no galpão. Por outro lado, o uso de fitobióticos não só influenciou a eficiência na assimilação e uso de N e P na dieta, mas também teve efeitos positivos no ganho de peso e no sistema imunológico, substituindo completamente o uso de antibióticos. geradores de resistência microbiana no meio ambiente. Aspectos que, em conjunto, apresentaram ônus menores nas categorias de impacto ambiental analisadas, com ajustes dos fatores de caracterização. Embora a maior carga ambiental no ciclo de vida da cadeia produtiva continue na fase de engorda, os resultados mostram avanços importantes na resolução de pontos críticos do sistema. A inovação alimentar e a disponibilidade local de produtos residuais para a substituição parcial do milho e da soja (produto importado) reduziram os impactos relacionados ao uso do transporte e processamento de energia. Por fim, melhores estratégias e alternativas no manejo da base e da cama refletem um melhor desempenho ambiental na produção de carne de frango.

Palavras-chave: Análise do ciclo de vida, carne de frango, fitobióticos, farinha de dendê e sêmola de arroz.

HUELLA DE CARBONO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA EN FEEDLOT EN LA ZONA SEMIÁRIDA CENTRAL DE ARGENTINA. ESTUDIO DE CASO

CARBON FOOTPRINT OF A BEEF PRODUCTION SYSTEM IN THE CENTRAL SEMI-ARID ZONE OF ARGENTINA. A CASE STUDY

PEGADA DE CARBONO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CARNE NO SEMI-ÁRIDO CENTRAL DA ARGENTINA. UM ESTUDO DE CASO

Leticia Tuninetti ^{1,*}; Rodolfo Bongiovanni ²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI, Av. Vélez Sársfield 1561, Córdoba, Argentina. Ituninetti@inti.gob.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, 5988 Manfredi, Córdoba, Argentina. Bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar

RESUMEN

Se analiza la Huella de Carbono de la producción de carne bovina en un sistema con cría a campo y recría más engorde en feedlot, en la zona semiárida central de Argentina, para tres categorías de animales denominados macho liviano, hembra y macho pesado. La unidad funcional es un kilogramo de carne bovina congelada sin hueso, raza Aberdeen Angus colorado, envasado y puesto en el puerto de exportación.

El sistema se modeló para el periodo Julio 2018 a Junio 2019. Las vaquillonas tienen su primera parición a los 24 meses. La vaca permanece 3 meses con su cría al pie, momento en el cual, vuelve a ser preñada. El destete ocurre a los 6 meses (171 kg). Una vaca tiene a lo largo de su vida 8 terneros y cuando se descarta a los 9,5 años, pesa 550 kg. Los terneros al pie amamantan hasta los 60 días y luego comienzan a incorporar forraje en su dieta. Los toros prestan su primer servicio a los 24 meses y sirven 33 hembras por año, con un porcentaje de preñez del 90%; tienen 225 crías en su vida. A los 9,5 años se descartan con un peso de 750 kg. Durante la cría y durante todo el ciclo de vida de vaquillonas, vacas y toros, la alimentación es a base de pasturas implantadas.

La recría se realiza a corral y dura 105 días para los machos (hasta los 299 kg) y 135 días para las hembras (hasta los 305 kg). Durante este periodo la alimentación se basa en silo de maíz (38% de materia seca - MS), burlanda (33% MS) y grano de maíz (27% MS). El engorde se realiza en feedlot y dura 180 días para la categoría macho liviano (hasta los 503 kg), 210 días para las hembras (hasta los 502 kg) y 285 días para los machos pesados (hasta los 606 kg). La alimentación en esta etapa se basa en grano partido de maíz (63% MS), silo de maíz (20% MS) y burlanda (14% MS). En ambas etapas de recría y engorde se incluye núcleo mineral y urea.

La producción de pasturas implantadas fue modelada con información del INTA y de publicaciones técnicas. Se asumió proporciones iguales de pasto llorón, agropiro, centeno, sorgo forrajero y alfalfa. Los alimentos grano de maíz, silo de maíz, burlanda y vinaza fueron modelados en un estudio previo.

Los perfiles ambientales de urea, núcleo mineral y agua de bebida se tomaron de bases de datos internacionales como así también los perfiles ambientales de producción y quema de combustibles en las labores agrícolas, producción de agroquímicos y producción de fertilizantes.

Se incluyeron las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes y por residuos aéreos y subterráneos de los cultivos. También se calcularon las emisiones derivadas de la fermentación entérica y gestión del estiércol en todas las etapas. Las ecuaciones se tomaron de las Guías IPCC, volumen 4, capítulos 10 y 11. Los valores de digestibilidad del alimento se asumieron en 91,9% para maíz grano, 67,8% para burlanda, 59,2% para silo de maíz y 57,7% para pasturas implantadas.

Los procesos en frigorífico se modelaron con información primaria, mientras que los perfiles ambientales de generación de energía eléctrica, producción y quema de combustibles y producción de otros insumos fueron tomados de bases de datos internacionales, como así también los transportes de campo a frigorífico y de frigorífico a puerto.

Se utilizó el criterio de asignación económica para adjudicar las emisiones de la vaca madre y del toro a los terneros en la etapa de cría; y para adjudicar el impacto del animal a la carne sin hueso y a todos los otros subproductos con valor económico que se obtienen en la faena del bovino.

La Huella de Carbono para 1 kg de carne bovina congelada sin hueso resultó en 21,6 kg CO₂ eq para el macho liviano, 24 kg CO₂ eq para la hembra, y 20,3 kg CO₂ eq para el macho pesado.

Los puntos críticos aparecen en la fermentación entérica, que representa el 63% del impacto total. En segundo lugar, las emisiones de la gestión del estiércol en la recría representan el 11%. Contrariamente, en el engorde, las excretas son enviadas a un biodigestor instalado en las inmediaciones de los corrales, por lo que no se generan emisiones. Las emisiones en la producción de los alimentos de la recría y engorde (maíz grano, burlanda y maíz picado ensilado) suman un 15% del total, mientras que las de la producción de pasturas implantadas representan un 4%. Las emisiones derivadas de la faena en frigorífico y del packaging representan el 5% y el transporte refrigerado a puerto suma un 2% más.

La hembra es la que mayor huella presenta debido a que se requieren más días de recría y engorde para alcanzar el mismo peso de venta que los machos livianos, lo que implica el mayor uso de recursos y más días de emisiones por fermentación entérica y gestión del estiércol. La categoría que menores emisiones presenta es el macho pesado, ya que se engorda hasta los 606 kg finales y el impacto total por su producción se dividen en un mayor peso obtenido. Las emisiones son 13% mayores comparadas con el macho liviano, pero aumenta un 20% el peso final.

Palabras clave: bovino; fermentación entérica, engorde a corral.

ABSTRACT

The Carbon Footprint of beef production is analyzed in a system with field breeding and rearing plus fattening in feedlot, in the central semi-arid zone of Argentina, for three categories of animals called light male, female and heavy male. The functional unit is one kilogram of frozen beef without bone, Red Aberdeen Angus, packed and placed in the port of export.

The system was modeled for the period July 2018 to June 2019. Heifers have their first calving at 24 months. The cow remains 3 months with her calf and then she becomes pregnant again. Weaning occurs at 6 months (171 kg). A cow has 8 calves throughout its life and when it is discarded at 9.5 years it weighs 550 kg. Calves suckle for up to 60 days and then they start eating forage. The bulls render their first service at 24 months and serve 33 females per year, with a pregnancy rate of 90%; they have 225 offspring in their lifetime. At 9.5 years they are discarded with a weight of 750 kg. The diet is based on implanted pastures during breeding and throughout the life cycle of heifers, cows and bulls.

Rearing is carried out in a feedlot and lasts 105 days for males (up to 299 kg) and 135 days for females (up to 305 kg). During this period the feeding is based on corn silo (38% dry matter - DM), WDGS (33% DM) and corn grain (27% DM). Fattening is carried out in feedlot and lasts 180 days for the light male category (up to 503 kg), 210 days for the females (up to 502 kg) and 285 days for the heavy males (up to 606 kg). In this stage, feeding is based on broken corn grain (63% DM), corn silo (20% DM) and WDGS (14% DM). In both stages of rearing and fattening mineral core and urea are included.

The production of implanted pastures was modeled with information from INTA and technical publications. Equal proportions of weeping grass, wheatgrass, rye, forage sorghum and alfalfa were assumed. The foods corn grain, corn silo, WDGS and vinasse were modeled in a previous study by the authors.

The environmental profiles of urea, mineral core and drinking water were taken from international databases as well as the environmental profiles of production and burning of fuels in agricultural work, production of agrochemicals and production of fertilizers.

Emissions derived from the application of fertilizers and from aerial and below ground residues of crops were included. Emissions from enteric fermentation and manure management were also calculated at all stages. The equations were taken from the IPCC Guidelines, volume 4, chapters 10 and 11. The feed digestibility values were assumed to be 91.9% for broken grain corn, 67.8% for WDGS, 59.2% for corn silo and 57.7% for implanted pastures.

The cold storage processes were modeled with primary information, while the environmental profiles of electricity generation, production and burning of fuels, and production of other inputs were taken from international databases, as well as field-to-cold storage and transportation refrigerator to port.

The economic allocation criterion was used to allocate emissions from the mother cow and bull to the calves in the rearing stage; and to assign the impact of the animal to the meat without bone and to all the other by-products with economic value that are obtained at the slaughterhouse.

The Carbon Footprint for 1 kg of bone-frozen beef resulted in 21.6 kg CO₂ eq for the light male, 24 kg CO₂ eq for the female, and 20.3 kg CO₂ eq for the heavy male.

Hotspots appear in enteric fermentation, which represents 63% of the total impact. In second place, emissions from manure management in rearing represent 11%. On the contrary, in fattening, the excreta are sent to a biodigester installed in the vicinity of the feedlot, so no emissions are generated. Emissions in the production of foods for rearing and fattening (grain corn, WDGS and silage) add up to 15% of the total, while those of the production of implanted pastures represent 4%. Emissions derived from cold storage and packaging represent 5% and refrigerated transport to port adds up to 2%.

The female is the one with the largest footprint due to the fact that more days of rearing and fattening are required to reach the same sales weight as light males, which implies the greater use of resources and more days of emissions due to enteric fermentation and management of the manure. The category with the lowest emissions is the heavy male, since it gets fat up to the final 606 kg and the total impact of its production is divided into a greater weight obtained. The emissions are 13% higher compared to the light male, but the final weight increases by 20%.

Keywords: beef herd; enteric fermentation; feedlot.

RESUMO

A Pegada de Carbono da produção de carne bovina é analisada em um sistema de criação e cria e engorda em confinamento, no semiárido central da Argentina, para três categorias de animais denominados machos leves, fêmeas e machos pesados. A unidade funcional é um quilo de carne bovina congelada desossada, Red Aberdeen Angus, embalada e colocada no porto de exportação.

O sistema foi modelado para o período de julho de 2018 a junho de 2019. As novilhas têm seu primeiro parto aos 24 meses. A vaca permanece 3 meses com seu bezerro e então fica grávida novamente. O desmame ocorre aos 6 meses (171 kg). Uma vaca tem 8 bezerros ao longo de sua vida e quando é descartada aos 9,5 anos pesa 550 kg. Os bezerros amamentam por até 60 dias e então começam a comer forragem. Os touros fazem seu primeiro serviço aos 24 meses e atendem 33 fêmeas por ano, com taxa de prenhez de 90%; eles têm 225 filhos em sua vida. Aos 9,5 anos são descartados com peso de 750 kg. A dieta é baseada em pastagens implantadas durante a criação e ao longo do ciclo de vida de novilhas, vacas e touros.

A criação é realizada em confinamento e dura 105 dias para machos (até 299 kg) e 135 dias para fêmeas (até 305 kg). Nesse período a alimentação é baseada em silo de milho (38% MS - MS), WDGS (33% MS) e grão de milho (27% MS). A engorda é realizada em confinamento e dura 180 dias para os machos leves (até 503 kg), 210 dias para as fêmeas (até 502 kg) e 285 dias para os machos pesados (até 606 kg). Nesta etapa, a alimentação é baseada em grãos de milho quebrados (63% MS), silo de milho (20% MS) e WDGS (14% MS). Em ambas as fases de criação e engorda estão incluídos o núcleo mineral e a ureia.

A produção de pastagens implantadas foi modelada com informações do INTA e publicações técnicas. Foram assumidas proporções iguais de capim chorão, grama de trigo, centeio, sorgo forrageiro e alfafa. Os alimentos milho grão, silo de milho, WDGS e vinhaça foram modelados em estudo anterior dos autores.

Os perfis ambientais de uréia, núcleo mineral e água potável foram retirados de bancos de dados internacionais, bem como os perfis ambientais de produção e queima de combustíveis no trabalho agrícola, produção de agroquímicos e produção de fertilizantes.

Foram incluídas as emissões derivadas da aplicação de fertilizantes e de resíduos aéreos e subterrâneos de culturas. As emissões da fermentação entérica e do manejo do esterco também foram calculadas em todas as etapas. As equações foram retiradas das Diretrizes do IPCC, volume 4, capítulos 10 e 11. Os valores de digestibilidade da ração foram considerados 91,9% para milho em grão, 67,8% para WDGS, 59,2% para silo de milho e 57,7% para pastagens implantadas.

Os processos de armazenamento refrigerado foram modelados com informações primárias, enquanto os perfis ambientais de geração de eletricidade, produção e queima de combustíveis e produção de outros insumos foram retirados de bancos de dados internacionais, bem como armazenamento e transporte do campo para o frio. refrigerador para bombordo.

O critério de alocação econômica foi usado para alocar as emissões da vaca mãe e do touro para os bezerros na fase de cria; e atribuir o impacto do animal à carne desossada e a todos os demais subprodutos com valor econômico obtidos no matadouro.

A pegada de carbono para 1 kg de carne bovina congelada com osso resultou em 21,6 kg CO₂ eq para o macho leve, 24 kg CO₂ eq para a fêmea e 20,3 kg CO₂ eq para o macho pesado.

Os hotspots aparecem na fermentação entérica, que representa 63% do impacto total. Em segundo lugar, as emissões do manejo de dejetos na criação representam 11%. Ao contrário, na engorda, os excrementos são enviados para um biodigestor instalado nas proximidades do confinamento, de forma que não haja geração de emissões. As emissões na produção de alimentos para criação e engorda (milho em grão, WDGS e silagem) chegam a 15% do total, enquanto as da produção de pastagens implantadas representam 4%. As emissões derivadas do armazenamento refrigerado e embalagem representam 5% e o transporte refrigerado para o porto chega a 23%.

A fêmea é a que tem maior pegada devido ao fato de que são necessários mais dias de criação e engorda para atingir o mesmo peso de venda que os machos leves, o que implica no maior uso de recursos e mais dias de emissões devido à fermentação entérica e manejo do estrume. A categoria com as menores emissões é o macho pesado, pois engorda até os 606 kg finais e o impacto total de sua produção é dividido em um maior peso obtido. As emissões são 13% maiores em relação ao macho leve, mas o peso final aumenta em 20%.

Palavras-chave: rebanho bovino; fermentação entérica; confinamento.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE DOS DECKS COMPARATIVA ENTRE DECK DE PINO Y DECK DE COMPUESTO PLÁSTICO

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF TWO DECKS COMPARISON BETWEEN PINE DECK AND PLASTIC COMPOSITE DECK

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE DOIS DECKS COMPARAÇÃO ENTRE DECK DE PINHO E DECK COMPOSTO DE PLÁSTICO

Ing. Justina Garro*, Ing. Ana Muzlera, D.I. Maximiliano Zito

Instituto Nacional de Tecnología Industrial . Departamento de Sistemas y Herramientas para el Desarrollo Sustentable. jgarro@inti.gov.ar, dzito@inti.gov.ar, amuzlera@inti.gov.ar

RESUMEN

EWAR es una empresa que fabrica e instala decks de “madera biosintética”. Este material está compuesto por 98% de cascarilla de arroz y residuos plásticos de polipropileno y polietileno que se procesan y extrudan en forma de tablas. La empresa postula que su producto es mejor para el ambiente que el deck tradicional de madera implantada y tratada debido a que sus materias primas son residuos de otras industrias, que no requiere mantenimiento y que no lixivia sustancias tóxicas.

El objetivo principal de este estudio fue realizar un análisis de ciclo de vida (ACV) comparativo entre un deck producido con madera biosintética y un equivalente en el mercado nacional argentino. Para ello se definió utilizar un deck de pino impregnado con CCA -cromo, cobre y arsénico- dado que representa el mayor volumen de ventas del mercado.

Para cuantificar los impactos ambientales de ambos productos se empleó la metodología de análisis de ciclo de vida conforme a las normas ISO 14.040 y 14.044 con un alcance de la cuna a la tumba. Se cuantificaron los impactos ambientales en diversas categorías que reflejan, por un lado los efectos de reciclar residuos de otras industrias y por el otro, la problemática ambiental causada por la lixiviación de los compuestos de la madera tratada. Se utilizó el método de evaluación de impactos *CML-IA Baseline V 3.06*, que permite obtener resultados para las categorías ambientales de cambio climático, eutrofización, acidificación, toxicidad humana, toxicidad en agua dulce, toxicidad marina y toxicidad terrestre.

La unidad funcional se definió como *1m² de madera instalada como deck durante 10 años*. Los flujos de referencia están calculados con los siguientes datos respectivos a la madera biosintética y pino: densidad 989 kg/m³ y 479 kg/m³, 22 mm de espesor de tabla comercial para ambos, vida útil de 25 años (garantía del fabricante) y 10 años. Esto determina un flujo de referencia de 0,09 m³ (8,7 kg) y 0,02 m³ (10,5 kg) respectivamente.

Se definieron dos escenarios de modelación cambiando la vida útil de la madera biosintética y la asignación de impacto de la cascarilla de arroz. En el escenario A, se adoptó 10 años de vida útil para ambos productos y una asignación económica de la cascarilla de arroz de 0,93%. En el escenario B, la vida útil de la madera de pino es 10 años, la vida útil de la madera biosintética es 25 años y la asignación económica de la cascarilla de arroz se definió como nula, asumiendo que ésta no tiene un mercado asignado, sino que se gestiona como residuo.

En el escenario A el deck de madera biosintética no mostró menor impacto ambiental en comparación con el deck de pino implantado y tratado con CCA. Se destacan dos categorías principalmente desfavorables para el deck de madera biosintética. La toxicidad terrestre resulta aproximadamente 190 veces mayor debido al uso de pesticidas en el cultivo del arroz. En la categoría de cambio climático resulta casi el doble, lo cual se debe a la captura de dióxido de carbono durante el crecimiento del pino, el consumo energético durante la fabricación de la tabla biosintética, y a las emisiones de metano durante el cultivo del arroz. En el escenario B, el deck de madera biosintética resulta mejor en las categorías de cambio climático, acidificación, y ecotoxicidad terrestre, mientras que permanece desfavorecido en las categorías de ecotoxicidad al agua y eutrofización.

A raíz de estos resultados se detectó que supuestos como la vida útil de cada producto y el tipo de asignación hecha a la cascarilla de arroz son determinantes para los resultados. En relación a la vida útil de la madera biosintética, se presentó la dificultad de que, al tratarse de un producto relativamente nuevo, no hay evidencia clara e inobjetable de la cantidad de años que dura el producto. Esto plantea el desafío de qué criterios utilizar

para definirla. En este caso se decidió tomar la garantía que ofrece el fabricante, aunque éste asevera que la vida útil es aún mayor. En relación a la asignación de los impactos ambientales para la cascarilla de arroz, es de relevancia si ésta es considerada como subproducto o residuo de la cadena del arroz, por lo cual se deberá analizar en mayor profundidad qué proporción corresponde a cada caso.

Una de las principales ventajas del ACV es su capacidad para dejar en evidencia supuestos erróneos en relación a los impactos ambientales de los productos. Por otro lado, para elaborar estos estudios muchas veces es necesario asumir datos o tomar decisiones metodológicas que terminan siendo cruciales en el resultado final. En este estudio quedó demostrado que criterios tales como la vida útil del producto o el considerar a la cascarilla de arroz como subproducto o desecho influyen radicalmente en la comparación entre productos.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida (ACV), madera biosintética, madera de pino tratada, productos de construcción.

ABSTRACT

EWAR is a company that manufactures and installs "biosynthetic wood" decks. This material is made up of 98% rice husk and plastic wastes polypropylene and polyethylene that are processed and extruded into slabs. The company postulates that its product is a better option for environment than the traditional implanted and treated wood, because its raw materials are wastes from other industries, that its product doesn't requires maintenance and that it doesn't leach toxic substances.

The main objective of this study was to carry out a comparative Life Cycle Assessment (LCA) between a deck produced with biosynthetic wood and an equivalent in the Argentine national market. It was defined to use a pine deck impregnated with CCA -chromium, copper and arsenic- since it represents the highest volume of sales in the market.

To quantify the environmental impacts of both products, a life cycle assessment was performed in accordance with ISO 14.040 and 14.044 standards. A cradle-to-grave reach was done. Environmental impacts of both decks in different categories were quantified that reflect, on the one hand, the effects of recycling waste from other industries, and on the other, the environmental problems caused by the leaching of compounds from the treated wood. The CML-IA Baseline V 3.06 impact assessment method was used, which quantifies the environmental categories of climate change, eutrophication, acidification, human toxicity, fresh water toxicity, marine toxicity and terrestrial toxicity.

The functional unit was defined as 1m² of wood installed as a deck for 10 years. The reference flows are calculated with the following data for biosynthetic wood and pine: density 989 kg / m³ and 479 kg / m³, 22 mm thick commercial board for both, useful life of 25 years (manufacturer's warranty) and 10 years. This determines a reference flow of 0,09 m³ (8,7 kg) and 0,02 m³ (10,5 kg) respectively.

Two modeling scenarios were defined. In scenario A, a lifetime of 10 years was adopted for both products and an economic allocation of the rice husk of 0.93%. In scenario B, lifetime of pine wood was 10 years, and lifetime of biosynthetic wood was defined as 25 years (manufacturer's warranty), and the economic allocation of the rice husk was defined as zero, since it is assumed that a large part of this does not have an assigned market, but is managed as waste.

In scenario A, the biosynthetic wood deck did not show less environmental impact compared to the pine deck implanted and treated with CCA. Two mainly unfavorable categories for the biosynthetic wood deck stand out. Terrestrial toxicity is approximately 190 times higher due to the use of pesticides in rice cultivation. In the climate change category it is almost double, which is due to the capture of carbon dioxide during pine growth, energy consumption during the manufacture of the biosynthetic table, and methane emissions during rice cultivation. In scenario B, the biosynthetic wood deck performs better in the categories of climate change, acidification, and terrestrial ecotoxicity, while it remains disadvantaged in the categories of ecotoxicity to water and eutrophication.

As a result, it was detected that assumptions such as lifetime of each product and type of assignment made to the rice husk are decisive for the results. In relation to the lifetime of the biosynthetic wood, since it is a relatively new product it is difficult to find clear and unobjectionable evidence of the number of years the product lasts. This raises the challenge of what criteria to use to define it. In this case, it was decided by the guarantee offered by the manufacturer, although the latter claims that the useful life is even longer. In relation to the allocation of environmental impacts for rice husk, it is relevant if it is considered as a by-product or residue of the rice chain, for which it should be analyzed in greater depth what proportion corresponds to each case.

One of the main advantages of LCA is its ability to expose erroneous assumptions regarding the environmental impacts of products. On the other hand, to perform these studies it is often necessary to assume data or make methodological decisions that end up being crucial in the final result. In this study, it was demonstrated

how criteria such as products lifetime or considering the rice husk as a by-product or waste radically influence the comparison between products.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), biosynthetic wood, treated pine wood, construction products.

RESUMO

A EWAR é uma empresa que fabrica e instala decks de "madeira biossintética". Esse material é composto por 98% de casca de arroz e resíduos plásticos de polipropileno e polietileno que são processados e extrusados na forma de placas. A empresa postula que seu produto é melhor para o meio ambiente do que o tradicional deck de madeira implantado e tratado, pois sua matéria-prima são resíduos de outras indústrias, não exigem manutenção e não lixiviam substâncias tóxicas.

O objetivo principal deste estudo foi realizar uma análise comparativa do ciclo de vida (ACV) entre um deck produzido com madeira biossintética e um equivalente no mercado nacional argentino. Para isso, foi definida a utilização de um deck de pinho impregnado com CCA -cromo, cobre e arsênico- por representar o maior volume de vendas do mercado.

Para quantificar os impactos ambientais de ambos produtos, foi utilizada a metodologia de análise do ciclo de vida de acordo com a ISO 14.040 e 14.044 com escopo do berço ao túmulo. Os impactos ambientais foram quantificados em várias categorias que refletem, por um lado, os efeitos da reciclagem de resíduos de outras indústrias e, por outro, os problemas ambientais causados pela lixiviação de compostos da madeira tratada. Foi utilizado o método de avaliação de impacto CML-IA Baseline V 3.06, que permite obter resultados para as categorias ambientais de mudanças climáticas, eutrofização, acidificação, toxicidade humana, toxicidade de água doce, toxicidade marinha e toxicidade terrestre.

A unidade funcional foi definida como 1m² de madeira instalada como deck por 10 anos. Os fluxos de referência são calculados com os seguintes dados para madeira biossintética e pinho: densidade 989 kg/m³ e 479 kg/m³, placa comercial com 22 mm de espessura para ambas, vida útil de 25 anos (garantia do fabricante) y 10 anos. Isso determina um fluxo de referência de 0,09 m³ (8,7 kg) e 0,02 m³ (10,5 kg), respectivamente.

Dois cenários de modelagem foram definidos mudando a vida útil da madeira biossintética e a atribuição de impacto da casca de arroz. No cenário A, uma vida útil de 10 anos foi adotada para ambos produtos e uma alocação econômica da casca de arroz de 0,93%. No cenário B, a vida útil da madeira de pinus é de 10 anos, a vida útil da madeira biossintética é de 25 anos e a alocação econômica da casca de arroz foi definida como nula, assumindo que ela não possui um mercado atribuído, mas é administrada como desperdício.

No cenário A, o deck de madeira biossintética não apresentou menor impacto ambiental em relação ao deck de pinho implantado e tratado com CCA. Destacam-se duas categorias principalmente desfavoráveis para o deck de madeira biossintética. A toxicidade terrestre é aproximadamente 190 vezes maior devido ao uso de pesticidas no cultivo do arroz. Na categoria de mudança climática é quase o dobro, o que se deve à captura de dióxido de carbono durante o crescimento do pinheiro, ao consumo de energia durante a fabricação da mesa biossintética e às emissões de metano durante o cultivo do arroz. No cenário B, o deck de madeira biossintética apresenta melhor desempenho nas categorias de mudança climática, acidificação e ecotoxicidade terrestre, enquanto permanece em desvantagem nas categorias de ecotoxicidade para água e eutrofização.

Como resultado desses resultados, foi detectado que premissas como a vida útil de cada produto e o tipo de destinação feita à casca de arroz são determinantes para os resultados. Em relação à vida útil da madeira biossintética, surgiu a dificuldade de que, por se tratar de um produto relativamente novo, não há evidências claras e irrefutáveis da duração do produto. Isso levanta o desafio de quais critérios usar para defini-lo. Nesse caso, optou-se por usar a garantia oferecida pelo fabricante, embora este afirme que a vida útil é ainda mais longa. Em relação à alocação dos impactos ambientais para a casca de arroz, é relevante se ela é considerada um subproduto ou resíduo da cadeia do arroz, para o qual deve ser analisado com maior profundidade qual proporção corresponde a cada caso.

Uma das principais vantagens da LCA é sua capacidade de expor suposições errôneas sobre os impactos ambientais dos produtos. Por outro lado, para a elaboração desses estudos muitas vezes é necessário assumir dados ou tomar decisões metodológicas que acabam sendo determinantes no resultado final. Neste estudo foi demonstrado que critérios como a vida útil do produto ou considerar a casca de arroz como subproduto ou resíduo influenciam radicalmente a comparação entre os produtos.

Palavras chave: Análise do Ciclo de Vida (LCA), madeira biossintética, madeira de pinho tratada, produtos de construção.

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN PALLETS DE MADERA PARA EL ABASTECIMIENTO LOCAL

Marcia Vásquez ¹, Camila Gajardo ²

¹ Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Gestión Forestal Ambiental, 1 Poniente 1141, Talca-CHILE mvasquez@utalca.cl

² Universidad de Talca, Ingeniero Forestal, Talca-CHILE. cgajardocaceres@gmail.com

RESUMEN

Los pallets son uno de los componentes básicos de las cadenas de suministro. Los pallets son la plataforma de carga unitaria más común utilizada en todo el mundo y permiten un manejo, almacenamiento, transporte, carga y descarga de mercancías eficiente y sin problemas. En el presente estudio, se realizó una evaluación del potencial de calentamiento global medido a través de la determinación de la huella de carbono que genera la fabricación de pallet de madera de 1200 mm x 1000 mm, capacidad de carga dinámica de 1500 kg usado para el abastecimiento local. La medición de huella de carbono se realizó mediante la aplicación de la norma PAS 2050 (2011) que tiene como base el software de libre acceso CCalC2 y BBDD Ecoinvent 3.1. Se considera que a medida que las empresas se esfuerzan por ser más sostenibles, una comprensión profunda del impacto ambiental de cada aspecto de su producción se vuelve fundamental.

El análisis consideró las entradas y salidas del sistema, desde la adquisición de las materias primas, pasando por los consumos de energía, hasta su producción final, proceso denominado Cradle to Gate o de la cuna a la puerta. La unidad funcional es 1 pallet que utiliza a modo referencial 0.045m³ de madera. Para ello, se realizó un inventario con los consumos de materias primas y energías necesarias para las etapas de adquisición de materias primas, manufactura, producción y reutilización, distribución y reparación del pallet. Los resultados obtenidos señalan que la fabricación del pallet de madera origina un impacto de 3,51 kg CO₂ eq, siendo un 65% del proceso atribuido a la adquisición de materias prima. Tanto la magnitud determinada como el porcentaje está dentro de lo reportado por literatura, dado que un pallet puede emitir entre 3,1 a 20 kg CO₂ eq y se señala que entre un 50 a 90% de los materiales, representan la gran mayoría de las emisiones. El consumo de energía realizado en la compra de madera generó una alta contribución en la huella de carbono, debido a una localización de la madera a una distancia promedio de 500 km. En base a lo encontrado, surge una nueva pregunta, ¿Cuál es la distancia máxima de localización del insumo básico, como es la madera, en la fabricación de pallets para disminuir la huella de carbono a niveles competitivos?

Palabras claves: Pallets, huella de carbono, materiales.

MITIGAÇÃO DE IMPACTOS NA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DE PRODUTOS A LED COM ACV PARA CONFIGURAÇÃO DE ROTAS DE RECICLAGEM

Oswaldo Sanchez Junior

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP / CTMNE-LEO, São Paulo – SP. osanchez@ipt.br

RESUMO

O advento da tecnologia LED para produtos de iluminação está promovendo a transformação da cadeia produtiva neste setor e trazendo novos desafios para a mitigação dos impactos associados à esta substituição tecnológica. A crescente demanda por estudos em gestão do lixo eletrônico (e-waste) não tem encontrado respostas significativas nos países da América do Sul, apesar do aumento de consumo de equipamentos eletroeletrônicos, em particular, para serviços de iluminação. Este setor é responsável pelo consumo de aproximadamente 20% da energia elétrica global e estima-se que mais de 15% dele já utiliza produtos de iluminação a LED. Avalia-se que até 2030 o setor tende a se constituir num grande gerador de lixo eletrônico com origem nos produtos para iluminação a LED.

Estudou-se as rotas de reciclagem de produtos para iluminação a LED disponíveis, para compara-las entre si e com outros processos de destinação, visando identificar potenciais oportunidades de mitigação de impactos associados a cada uma, de forma a subsidiar gestores em suas decisões.

Como método de trabalho, utilizou-se o protocolo de ACV para mapear os impactos ambientais das diferentes rotas de reciclagem consideradas. Cada rota foi modelada como parte de um sistema produto no final do ciclo de vida da tecnologia analisada, mantendo-se as fases a montante do processo e o tempo do ciclo completo (normalmente 20 anos). Procurou-se utilizar modelagem com bases de dados locais, quando disponíveis. A avaliação dos impactos da fase do ciclo de vida de lâmpadas a LED de interesse (destinação) foi modelada no ambiente do software Simapro Analyst V8.5.2.0. Para validar a abordagem, optou-se por realizar o modelamento apropriado para comparar duas rotas: a convencional (incineração em equipamento municipal) e uma outra configuração com separação e aproveitamento da maior parte dos resíduos.

No Brasil, há recicladoras acumulando toneladas deste tipo de resíduo, sem uma orientação adequada para seu negócio na cadeia reversa (separação, reciclagem e destinação correta). Foi estabelecido um fluxo de referência que inclui partes eletrônicas e outros materiais tais como: metais magnéticos e parafusos, capacitores e resistores, cobre, bobinas, plásticos, vidros e placas de circuito impresso. A análise foi realizada comparando-se o impacto das rotas de reciclagem disponíveis.

Os resultados apontam significativas diferenças na depressão no uso de alguns materiais (como terras raras, germânio, ouro e prata) e impactos ambientais associados à disposição de materiais potencialmente tóxicos (como arsênico, zinco, cobre, níquel, chumbo, ferro e prata) dependendo da rota.

Os resultados variam de acordo com a rota de separação e em função do nicho de aplicação do produto, uma vez que cada tipo de produto para iluminação envolve projetos diferentes e uso de diferentes materiais. Há limitações nos processos devido ao tipo de equipamento utilizado na separação dos materiais, o que afeta significativamente o tamanho e a constituição de cada parte separada. Concluiu-se que a escolha da rota para reciclagem, comparada com outros processos de destinação, podem mitigar impactos ambientais, mas também podem gerar requisitos de projetos para fabricantes de produtos de iluminação. Portanto, é razoável que os produtos para iluminação possam se tornar mais sustentáveis do ponto de vista ambiental se o seu projeto de sua fabricação levar em consideração a fase de destinação e sua cadeia reversa.

Palavras-Chave: Mitigação de impactos de produtos para iluminação, reciclagem de produtos a LED, comparação de rotas de reciclagem de LED, tratamento de resíduos eletrônicos de produtos a LED.



Social Life Cycle Assessment and Life Cycle Sustainability Assessment

LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT: A ROADMAP

Sonia Valdivia ¹, Guido Sonnemann²

¹World Resources Forum. sonia.valdivia@wrforum.org

²University of Bordeaux. France. guido.sonnemann@u-bordeaux.fr

ABSTRACT

The increasing importance of sustainability makes it necessary to have an assessment methodology that allows understanding the sustainability of decision options, such as the choice of materials and products by businesses, the sustainability impact of public policies and contribution to the Sustainable Development Goals, and the sustainability impacts of products over their life cycle. This methodology should be consistent, stable and easy to use, publicly recognized, and at the same time reflect and address sustainability 'in full'. This is not easy, and it is fair to say that such a methodology does not exist yet, despite attempts in various international projects (e.g. H2020 PROSUITE, FP6 CALCAS, UNEP/SETAC LCSA). There is a need for increased consistency between integration and possibly aggregation of the different dimensions (environmental, social and economic) to more effectively support decision and policy-making for sustainability. The nature of data needed to address sustainability is diverse, ranging from quantitative emissions to qualitative data on social perceptions to structural information about stressors, resilience, and thresholds. For assessing the individual dimensions of sustainability separately, established approaches do exist, however, with different degrees of maturity and acceptance.

Environmental life cycle assessment (E-LCA) is widely considered as the most suitable method for assessing the environmental performance of a process, material or product, with a global community of practitioners, and hundreds of thousands of studies performed.

Life cycle costing (LCC) assesses the economic aspects from a life cycle perspective and is a method broadly used with many sector-specific guidelines, but not yet fully standardised across all sectors. In 2011, a Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) LCC working group developed a first concept on how to align LCC with E-LCA in an 'Environmental LCC'.

The assessment of the social dimension is certainly the least developed and applied so far. A United Nations Environment Programme (UNEP) / SETAC working group developed the first S-LCA guidelines more than 10 years ago, which are currently undergoing a revision under the umbrella of the UNEP Life Cycle Initiative. This is expected to be published in Nov 2020.

While relevant progress has been made in the methodological field, this development does not fulfil growing business needs. According to McKinsey's survey to nearly 3000 executives in 2014, many companies are actively integrating sustainability principles into their businesses by pursuing business goals that go far beyond earlier concern for reputation management—for example, saving energy, developing green products, and retaining and motivating employees, all of which help companies capture value through growth and return on capital. Companies have started to come to grips with the metrics needed and in the absence of clear guidance they are using their own approaches.

Gaps and expectations from business and policy levels needs to be identified and addressed.

The aim of this presentation is to present the theoretical background for and the best practice on how LCSA is being applied by integrating the environmental, economic and/or social pillars of sustainability from a life cycle perspective and options for the successful communication of results and use in decision-making processes. In this context, the presentation will cover the barriers and opportunities for mainstreaming LCSA as well as a roadmap with priority areas for further development.

Keywords: Social LCA, LCA, LCC, sustainability principles.

LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF POWER GENERATION EXPANSION: A COMPARISON BETWEEN THE CURRENT AND FUTURE SCENARIOS IN BRAZIL

João Gabriel Lasso^{1,*}, Denise Matos¹, David Castelo Branco¹, Alessandra Magrini¹

¹Federal University of Rio de Janeiro, The Alberto Luiz Coimbra Institute for Graduate Studies and Research in Engineering, Energy Planning Program, Avenida Horácio de Macedo, 2030, Bloco C-211, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ 21941-914, Brazil. joao.gabriel@ppe.ufrj.br, denise.matos@ppe.ufrj.br, davidbranco@ppe.ufrj.br, ale@ppe.ufrj.br

ABSTRACT

The sustainable development paradigm has been encouraging the current worldwide transition from fossil fuels to renewable energy sources and a more balanced treatment for the social-environmental aspects against economic dominance. These trends pose potential challenges to developing countries, such as Brazil, because sustainability implementation faces additional difficulties, and the country is one of the leading drivers of the global energy supply expansion. In the last decade alone, Brazil has experienced an average annual increase of more than 2% in its energy supply. A similar evolution is expected for the next ten years.

In this context, the Brazilian energy policy forecasts an increase in the share of alternative and renewable energy sources (excluding medium and large hydropower plants) in the national electricity mix. Its projections indicate that the share of these energy sources will jump from 23% to 37% by 2030. Energy transitions, combined with current sustainability requirements, imply changes in how decision-makers design the future electricity system.

The present paper is part of a comprehensive project concerned with incorporating socio-environmental aspects in long-term planning models for the electricity generation expansion in Brazil. With this aim in mind, this paper corresponds to its starting point by exploring the integration of the Life Cycle Assessment (LCA) approach with a Multicriteria Decision Making (MCDM) method to assess and compare the sustainability performance of the current electricity mix with different future scenarios reported by The Ten-Year Energy Expansion Plan 2027 (PDE 2027 as in its Portuguese acronym).

On the one hand, the life cycle approach proves to be particularly interesting for the most promising alternative and renewable energy sources since most of their socio-environmental impacts are not concentrated in the electricity generation stage but distributed throughout their entire production chains. On the other hand, the Simple Multi-Attribute Rating Technique Exploiting Ranks (SMARTER) method, based on a linear additive model, supports the interpretation of results by formulating sustainability indicators. This analysis considers nine criteria distributed into environmental, social, and economic dimensions obtained from different sources, such as literature, the Ecoinvent 3.5 database, and calculated by ReCiPe 2016 and USEtox 2 methods.

According to the results, the current electricity mix presents the best social and economic performance, and its environmental performance enhances in the future mainly due to the expansion of some alternative and renewable energy sources. Concerning the future scenarios reported by PDE 2027, the results indicate that those with greater participation from these energy sources are associated with the best sustainability performance. It is worth pointing out that these results do not represent the most suitable Brazilian electricity mix path. Besides the criteria considered in this paper, it depends on other factors, such as technical, location, and public policies. Moreover, different assumptions and system boundaries for various energy sources and conversion technologies systems can lead to significant variations in our results.

Keywords: Life Cycle Sustainability Assessment, Energy Planning, Power Generation, Sustainability.

RESUMO

O paradigma de desenvolvimento centrado na sustentabilidade vem não apenas impulsionando a atual transição energética rumo as fontes renováveis como também tornando prioritária a consideração de questões socioambientais ao longo da cadeia de geração de energia elétrica. Para o Brasil, que faz parte do grupo de países em desenvolvimento e propulsores da ampliação da oferta mundial de energia, essas tendências se revelam ainda mais desafiadoras. Somente na última década, houve um aumento anual médio de quase 2% na oferta nacional de energia, e a expectativa é que uma evolução semelhante ocorra nos próximos dez anos.

Diante disso, a política energética nacional prevê um crescimento na participação de fontes alternativas e renováveis na matriz elétrica do país. Estima-se que a parcela dessas fontes (excluindo usinas hidrelétricas de médio e grande portes) deverá saltar de 27% para 37% até 2030. Essa diversificação da matriz elétrica nacional somada aos recentes imperativos de sustentabilidade implica na necessidade de uma atualização do modo pelo qual planejamos a expansão do suprimento de energia elétrica no futuro.

Dentro desse contexto, o presente artigo integra uma pesquisa que tem por objetivo incorporar critérios socioambientais em modelos de planejamento de longo prazo da expansão da geração de energia elétrica no país. Desse modo, corresponde ao seu ponto de partida na medida em que explora a integração da abordagem de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com um método de Análise Multicritério à Decisão (AMD) para avaliar e comparar a sustentabilidade da matriz elétrica atual com os cenários projetados pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (PDE 2027).

Enquanto a abordagem de ACV se mostra particularmente interessante para as fontes renováveis com forte potencial de crescimento no país, já que seus impactos não estão concentrados na etapa de geração de energia, mas distribuídos por toda a cadeia produtiva; o método de AMD *Simple Multi Attribute Rating Technique* (SMART), baseado em um modelo linear aditivo, fornece apoio a interpretação dos resultados por meio da formulação de indicadores de sustentabilidade. Cabe destacar que a análise se dá segundo nove critérios distribuídos nas dimensões ambiental, social e econômica, os quais foram obtidos a partir de dados da literatura, do banco de dados Ecoinvent 3.5 e calculados através dos métodos ReCiPe 2016 e USEtox 2.

Os resultados indicam um melhor desempenho social e econômico da matriz elétrica nacional atual e uma melhora do desempenho ambiental nos cenários futuros sobretudo naqueles com uma maior ampliação da participação de algumas fontes alternativas e renováveis de energia. No que diz respeito aos cenários futuros apresentados pelo PDE 2027, aqueles com maior participação dessas fontes estão associados com os melhores desempenhos em termos de sustentabilidade. É importante ressaltar que esses resultados não têm a pretensão de apontar o caminho mais adequado para o parque gerador de energia elétrica nacional já que para isso é necessário levar em conta também outros fatores, além dos considerados neste artigo, tais como macroeconômicos, técnicos, locacionais, de políticas públicas etc.

Palavras-chave: Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida, Planejamento Energético, Sustentabilidade.

RESUMEN

El paradigma de desarrollo centrado en la sostenibilidad no solo ha impulsado la actual transición energética hacia las fuentes renovables, sino que también ha convertido en una prioridad la consideración de las cuestiones socioambientales a lo largo de la cadena de generación eléctrica. Para Brasil, que forma parte del grupo de países en desarrollo e impulsor de la expansión del suministro energético mundial, estas tendencias son aún más desafiantes. En la última década hubo un aumento anual promedio de casi 2% en el suministro nacional de energía y se espera que ocurra una evolución similar en los próximos diez años.

Por lo tanto, la política energética nacional prevé un incremento en la participación de fuentes alternativas y renovables en la matriz eléctrica del país. Se estima que la participación de estas fuentes (excluidas las centrales hidroeléctricas medianas y grandes) salte de 27% a 37% para el 2030. Esta diversificación de la matriz eléctrica nacional sumada a los imperativos recientes de sostenibilidad implica una actualización de la forma en que planificar la expansión del suministro eléctrico en el futuro.

En este contexto, este artículo integra investigaciones que buscan incorporar criterios socioambientales en modelos de planificación de largo plazo para la expansión de la generación eléctrica en el país. De esta manera, corresponde a su punto de partida ya que explora la integración del enfoque de Evaluación del Ciclo de Vida (EVA) con un método de Análisis de Decisiones Multicriterio (ADM) para evaluar y comparar la sostenibilidad de la matriz eléctrica actual con los escenarios proyectados por el Plan Decenal de Expansión Energética 2027 (PDE 2027).

El enfoque EVA es particularmente interesante para las fuentes renovables con fuerte potencial de crecimiento en el país, ya que sus impactos no se concentran en la etapa de generación de energía, sino que se distribuyen a lo largo de la cadena productiva y el método de la Técnica de Calificación de Atributos Múltiples Simples (SMART en el original) de ADM, basado en un modelo lineal aditivo, brinda soporte para la interpretación de resultados a través de la formulación de indicadores de sustentabilidad. Cabe destacar también que el análisis se realiza de acuerdo con nueve criterios distribuidos en las dimensiones ambiental, social y económica, los cuales fueron obtenidos a partir de datos de la literatura, de la base de datos Ecoinvent 3.5 y calculados mediante los métodos ReCiPe 2016 y USEtox 2.

Los resultados indican un mejor desempeño social y económico de la matriz eléctrica nacional actual y una mejora en el desempeño ambiental en escenarios futuros principalmente debido a la expansión de la participación de algunas fuentes de energía alternativas y renovables. Con respecto a los escenarios futuros que presenta el PDE 2027, aquellos con mayor participación de estas fuentes se asocian con el mejor desempeño en materia de sostenibilidad. Es importante resaltar que estos resultados no pretenden señalar el camino más adecuado para el parque nacional de generación eléctrica, ya que para ello también es necesario tomar en cuenta otros factores, además de los considerados en este artículo, como son los macroeconómicos, técnicos, de ubicación, políticas públicas, etc.

Palabras clave: Análisis de Sostenibilidad del Ciclo de Vida, Planificación Energética, Sostenibilidad.

OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ACV-S: UMA REVISÃO NO CONTEXTO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO SOCIAL DE TIPO II

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS AND S-LCA: A REVIEW IN THE CONTEXT OF TYPE II SOCIAL IMPACT ASSESSMENT

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y ACV-S: UNA REVISIÓN EN EL CONTEXTO DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL DE TIPO II

Jaylton de Araujo ¹, Cássia Maria Lie Ugaya ²

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Programa de Pós-graduação em engenharia mecânica e de materiais, Curitiba, Brasil. jayltonaraujo.2016@alunos.utfpr.edu.br

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Programa de Pós-graduação em engenharia mecânica e de materiais, Curitiba, Brasil. cassiaugaya@utfpr.edu.br

RESUMO

Objetivo. Com a publicação da Agenda para o Desenvolvimento Sustentável 2030 (representada pelas 17 Metas de Desenvolvimento Sustentável (ODS)), foi evidenciada ainda mais a preocupação internacional com a dimensão social na sustentabilidade, uma vez que várias metas das ODS estão direta ou indiretamente relacionadas a questões sociais. Assim, técnicas focadas na mensuração do impacto social são ferramentas com ampla possibilidade para compreensão dos pontos de melhoria social e, assim, alcançar formas mais sustentáveis de produção. Neste sentido, a Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACV-S) é uma ferramenta com grande potencial, pois seus resultados permitem medir os potenciais impactos sociais positivos e negativos gerados no ciclo de vida dos produtos e serviços; apresenta conexões com as SDGs através das questões sociais já abordadas na ACV-S, e é integrada com a ACV ambiental e econômica através da Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV). Entretanto, pouco tem sido discutido a respeito da integração dos ODS com os modelos de avaliação de impacto social, mais especificamente os modelos baseados em cadeias de causa-efeito (Tipo II). As análises existentes são focalizadas principalmente no nível de inventário, através de comparações entre indicadores sugeridos para os ODS e indicadores socioeconômicos implementados nas bases de dados ACV-S, com apenas alguns poucos estudos sugerindo ligações entre os ODS e as Áreas de Proteção (AoP). Tal integração entre os métodos de avaliação de impacto social e os ODS pode auxiliar as organizações a entender como seus produtos contribuem para o desenvolvimento sustentável, uma vez que as métricas para as ODS são focadas no nível macro (geralmente em nível de país). Em contraste, os métodos de impacto social permitem a análise do desempenho específico do local no nível das organizações, produtos ou serviços. Considerando o contexto apresentado, esta análise visa identificar e compreender o estágio atual de integração entre os ODS e os modelos de ACV-S tipo II, bem como identificar novas possibilidades de integração entre os dois.

Método. Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: I) Revisão sistemática, na qual foram coletadas as publicações das bases de dados Scopus e Web of Science, utilizando palavras-chave que relacionavam ACV-S, os métodos de avaliação de impacto social tipo II e os ODSs. O período de coleta foi definido sem restrição anual até dezembro de 2020, sendo utilizado como critério primário de seleção os estudos que apresentaram métodos do tipo II com uma cadeia de causa-efeito; II) Análise da integração entre os ODS e os métodos de impacto, sendo analisados quais e como os ODS e as metas são integrados nas cadeias de causa-efeito.

Resultados e discussão. A partir da revisão sistemática, foram identificados 18 estudos que apresentavam métodos com cadeias de causa-efeito. Como resultados preliminares da análise, verificou-se que nenhum dos métodos apresentava uma integração direta com os ODSs (15 destes métodos foram publicados antes da Agenda 2030). Entretanto, foi identificado que muitas das metas dos ODS estavam presentes nas cadeias de causa-efeito. Observou-se que o ODS 3 é o mais próximo dos métodos analisados, sendo que 11 publicações apresentaram cadeias de causa-efeito que incorporavam questões relacionadas a algumas das metas, tais como mortalidade infantil, expectativa de vida ao nascer e acesso à saúde, ou consideravam a ODS 3 como uma AoP. O ODS 8 foi considerado em oito estudos, abrangendo principalmente metas relacionadas à promoção de ambientes de trabalho mais seguros, sendo considerado como uma categoria de ponto final em três métodos e como uma categoria de ponto médio nos demais. As metas relacionadas ao ODS 4 foram identificadas em seis

métodos, principalmente como categorias de ponto médio, cobrindo questões como o acesso à educação. Para o ODS 1, foi identificado que dois métodos consideraram o acesso da população a algum serviço básico como uma categoria de ponto médio, alinhando-se assim com a meta 1.4. O ODS 5 foi abordado em dois estudos, os quais avaliaram a discriminação de gênero. Além disso, alguns ODSs estão relacionados a apenas um método, como o ODS 6 e 7, no método de Brent e Labuschagne (2006); ODS 10 e 11, em Reitinger et al. (2011); e ODS 16, em Weidema (2006).

Conclusão. A partir dos resultados preliminares, constatou-se que as metas relacionadas a dez ODS são contempladas nas cadeias causa-efeito, sendo o ODS 3 o que possui integração com a maioria dos métodos. Em geral, as metas relacionadas aos ODS são consideradas como categorias ou indicadores de impacto, porém, para as ODS 3, algumas metas são consideradas como categoria de dano ou Área de Proteção. Como novas possibilidades, observou-se que várias metas dos ODS não foram incorporadas aos métodos de impacto social, assim como alguns ODS claramente relacionados a questões sociais ainda são pouco explorados nas cadeias de causa-efeito, tais como ODS 5, ODS 10, ODS 16 e ODS 17, um amplo campo para o desenvolvimento de novos métodos de impacto que incorporem os ODS na ACV-S.

Palavras-chave: ODS, Avaliação do Ciclo de Vida Social, Revisão Sistemática.

ABSTRACT

Purpose. With the publication of the 2030 Agenda for Sustainable Development (represented by the 17 Sustainable Development Goals (SDGs)), the international concern with the social dimension in sustainability was further evidenced since several SDG goals are directly or indirectly related to social issues. Thus, techniques focused on measuring social impact are tools with ample possibility to understand the points of social improvement and thus achieve more sustainable forms of production. In this sense, the Social Life Cycle Assessment (S-LCA) is a tool with great potential since its results enable the measurement of potential positive and negative social impacts generated in the life cycle of products and services; it has a connection with the SDGs through the social issues already addressed in the S-LCA, and it is integrated with the environmental and economic LCA through the Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). However, little has been discussed regarding the relationship of the SDGs with social impact assessment methods, more specific methods based on cause-effect chains (Type II). Existing analyses are mainly focus on the inventory level through comparisons between indicators suggested for the SDGs and socioeconomic indicators implemented in S-LCA databases, with only a few studies suggesting links between the SDGs and Areas of Protection (AoP). Such integration between social impact assessment methods and the SDGs can help organizations understand how their products contribute to sustainable development since metrics for the SDGs are focused on the macro-level (usually country level). In contrast, social impact methods allow for site-specific performance analysis at the level of organizations, products, or services. Given the context presented, this review aims to identify and understand the current integration stage between the SDGs and type II S-LCA methods and to identify new possibilities for integration between the two.

Method. This study was developed in two stages: I) Systematic review, in which publications were collected from the Scopus and Web of Science databases, using keywords that related S-LCA, type II social impact assessment methods, and the SDGs. The collection period defined without year restriction until December 2020, being used as primary selection criterion studies that presented type II methods with a cause-effect chain; II) Analysis of the integration between SDGs and impact methods, being analyzed which and how SDGs and goals are integrated into cause-effect chains.

Results and discussion. From the systematic review, 18 studies were identified that presented methods with cause-effect chains. As preliminary results of the analysis, it was found that none of the methods presented a direct relationship with SDGs (15 methods have been published before the 2030 Agenda). However, it was identified that many of the SDG goals were present in the cause-effect chains. It was observed that SDG 3 is the one that has the closest approximation to these methods, and 11 publications presented cause-effect chains that incorporated issues related to some of the targets, such as Infant Mortality, Life Expectancy at Birth, and access to health, or considered SDG 3 as an AoP. SDG 8 was considered in eight studies, mainly covering targets related to promoting safer work environments, considered an endpoint category in three methods, and as a midpoint category in the others. The targets related to SDG 4 were identified in six methods, mainly as midpoint categories, covering access to education. For SDG 1, it was identified that two methods considered the population's access to some basic service as a midpoint category, thus aligning with target 1.4. SDG 5 was addressed in two studies, which evaluated gender discrimination. Furthermore, some SDGs are related to only one method, such as SDG 6 and 7, in Brent and Labuschagne's (2006) method; SDG 10 and 11, in Reitinger et al. (2011); and SDG 16 in Weidema (2006).

Conclusion. From the preliminary results, it was found that the goals related to ten SDGs are contemplated in the cause-effect chains, with SDG 3 being the one that has integration with most of the methods. In general, the targets related to the SDGs are considered as impact categories or indicators, however, for SDG 3, some targets are considered as a damage category and an Area of Protection. As new possibilities, it was observed that several SDG targets had not been incorporated into social impact methods, as well as some SDGs clearly related to social issues are still poorly explored in cause-effect chains, such as SDG 5, SDG 10, SDG 16, and SDG 17, a wide field for the development of new impact methods that incorporate SDGs into LCA-S.

Keywords: SDGs, Social Life Cycle Assessment, Systematic review.

RESUMEN

Objetivo. Con la publicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (representada por los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)), se evidenció aún más la preocupación internacional por la dimensión social en la sostenibilidad, ya que varios objetivos de los ODS están directa o indirectamente relacionados con cuestiones sociales. Así, las técnicas centradas en la medición del impacto social son herramientas con amplias posibilidades para conocer los puntos de mejora social y lograr así formas de producción más sostenibles. En este sentido, el Análisis del Ciclo de Vida Social (ACV-S) es una herramienta con gran potencial, ya que sus resultados permiten medir los potenciales impactos sociales positivos y negativos generados en el ciclo de vida de los productos y servicios; presenta conexiones con los ODS a través de las cuestiones sociales ya abordadas en el ACV-S, y se integra con el ACV ambiental y económico a través de la Análisis de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (ASCV). Sin embargo, se ha debatido poco sobre la integración de los ODS con los modelos de evaluación del impacto social, más concretamente con los modelos basados en cadenas causa-efecto (Tipo II). Los análisis existentes se centran principalmente en el nivel de inventario, a través de comparaciones entre los indicadores sugeridos para los ODS y los indicadores socioeconómicos implementados en las bases de datos de ACV-S, y sólo unos pocos estudios sugieren vínculos entre los ODS y las áreas de protección (AoP). Esta integración entre los métodos de evaluación del impacto social y los ODS puede ayudar a las organizaciones a entender cómo sus productos contribuyen al desarrollo sostenible, ya que las métricas de los ODS se centran en el nivel macro (normalmente a nivel de país). En cambio, los métodos de impacto social permiten analizar los resultados específicos de cada lugar a nivel de organizaciones, productos o servicios. Teniendo en cuenta el contexto presentado, este análisis pretende identificar y comprender el estado actual de integración entre los ODS y los modelos de ACV-S de tipo II, así como identificar nuevas posibilidades de integración entre ambos.

Método. Este estudio se desarrolló en dos etapas: I) Revisión sistemática, en la que se recopilieron publicaciones de las bases de datos Scopus y Web of Science, utilizando palabras clave que relacionaban la ACV-S, los métodos de evaluación del impacto social de tipo II y los ODS. El periodo de recogida se definió sin restricción anual hasta diciembre de 2020, utilizándose como criterio de selección principal los estudios que presentaran métodos de tipo II con cadena causa-efecto; II) Análisis de la integración entre los ODS y los métodos de impacto, analizándose cuáles y cómo se integran los ODS y los objetivos en las cadenas causa-efecto.

Resultados y discusión. A partir de la revisión sistemática, se identificaron 18 estudios que presentaban métodos con cadenas causa-efecto. Como resultados preliminares del análisis, se encontró que ninguno de los métodos presentaba una integración directa con los ODS (15 de estos métodos fueron publicados antes de la Agenda 2030). Sin embargo, se identificó que muchas de las metas de los ODS estaban presentes en las cadenas causa-efecto. Se observó que el ODS 3 es el más cercano a los métodos analizados, y 11 publicaciones presentaron cadenas causa-efecto que incorporaban cuestiones relacionadas con algunos de los objetivos, como la mortalidad infantil, la esperanza de vida al nacer y el acceso a la salud, o consideraban el ODS 3 como un AoP. El ODS 8 fue considerado en ocho estudios, cubriendo principalmente los objetivos relacionados con la promoción de entornos de trabajo más seguros, siendo considerado como una categoría final en tres métodos y como una categoría intermedia en los demás. Los objetivos relacionados con el ODS 4 se identificaron en seis métodos, principalmente como categorías intermedias, que abarcan temas como el acceso a la educación. Para el ODS 1, se identificó que dos métodos consideraban el acceso de la población a algún servicio básico como una categoría intermedia, alineándose así con la meta 1.4. El ODS 5 se abordó en dos estudios, que evaluaron la discriminación de género. Además, algunos ODS están relacionados con un solo método, como los ODS 6 y 7 en el método de Brent y Labuschagne (2006); los ODS 10 y 11 en Reitinger et al. (2011); y el ODS 16 en Weidema (2006).

Conclusión. De los resultados preliminares se desprende que las metas relacionadas con diez ODS están contempladas en las cadenas causa-efecto, siendo el ODS 3 el que más métodos integra. En general, los objetivos relacionados con los ODS son considerados como categorías o indicadores de impacto, sin embargo, para el

ODS 3, algunos objetivos son considerados como categoría de daño o Área de Protección. Como nuevas posibilidades, se observó que varias metas de los ODS no han sido incorporadas a los métodos de impacto social, así como que algunos ODS claramente relacionados con cuestiones sociales están todavía poco explorados en las cadenas causa-efecto, como el ODS 5, el ODS 10, el ODS 16 y el ODS 17, un amplio campo para el desarrollo de nuevos métodos de impacto que incorporen los ODS en el ACV-S.

Palabras clave: ODS, Análisis del Ciclo de Vida Social, Revisión Sistemática.

WALKING THE TALK DURING COVID-19: GYRO'S LCSA

PRATICANDO O DISCURSO DURANTE A COVID-19: ASCV DO GYRO

PONIENDO EN PRÁCTICA DURANTE COVID-19: ESCV DEL GYRO

Cássia Maria Lie Ugaya, Adrison Carvalho de Loreto, Gabriele Sturm, José Paulo Pereira das Dores Savioli, Julianna Crippa, Luis Esquiaqui Marin, Rodrigo Trevisani Juchen, Sueli F.O. Miranda Santos, Fernanda Assolari e Jaylton Bonacina de Araújo

Gyro/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). cassiaugaya@utfpr.edu.br

ABSTRACT

The Life Cycle Sustainability Assessment Center (Gyro) began the activities in 2009, to contribute to the development and dissemination of environmental, social and economic Life Cycle Assessment (LCA) through events, partnerships, courses, projects, publications and supporting decision making.

In a previous study, a Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) of Gyro's activities was performed, so that Gyro can walk the talk and, simultaneously, learning by doing. The results of the previous study of the LCSA and the calculation of the Circularity Index of Gyro showed that:

- the construction and the transport were the main contributors of the potential environmental impact;
- the transportation was the main cause of potential economic impact;
- the number of hours worked was the main source of the social hotspots - although it is not mandatory and;
- the lack of circularity of the waste.

The authors indicated to carry out new data collection during the winter, which could differentiate from the summer data and exclude infrastructure data, since there is no management action that could change its performance.

With COVID-19, a new reality emerged to the activities worldwide. Particularly, Gyro's activities were completely transferred from the UTFPR laboratory to home-office.

Therefore, this study aims to perform Gyro's home office LCSA while improving the active learning process on the topic. The goal and scope definition was practically maintained from the previous study: functional unit of 1 hour of activity, the product system from extraction to disposal, the exclusion of consumption and waste that would be carried out anyway (for example, lunch) and allocation among users.

In relation to the inventory, decentralized primary data collection was carried out by each member, which brought implementation and information organization challenges. In order to standardize the data collection, two questionnaires were developed. Once a week, there was a call to align the concepts and tasks to be performed. Despite the discussion, several rounds were necessary to review the data.

Because it was carried out in several places, an adaptation of the procedures was necessary. In the laboratory, for example, weight data were collected using the same scale (1 g precision). At home, not all the members have scales, and a procedure for estimating data was developed. Other necessary procedures were the standardization of the allocation, inclusion and exclusion of inputs and outputs, calculation of energy consumption, price and allocation.

Then, the data collected were associated with the ecoinvent database, APOS, version 3.6 using Umberto and web application of SHDB. In the absence of information in the database, an attempt was made to fill the gap with other data. As for ACV-Social (S-LCA) and Life Cycle Costs (LCC), data were obtained exclusively on the price of inputs and waste treatment. The Pedigree Matrix was used to analyze data quality.

As for the calculation of the potential impact, the available characterization factors of the models recommended by Rede Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (RAICV) and UNEP and SETAC were used. Additionally, the circularity index was obtained using the Zero Waste Index (ZWI). For S-LCA, social risks were used according to the SHDB method to define the hotspots and the the Subcategory Assessment Method was used to evaluate Gyro.

In a joint discussion about the activity, it was found that performing the activity in practice was a good experience. The participants realized that the complexity of data collection is higher than it seemed to be in theory, due to the need of very detailed data (specify each entry and output) and understanding among data collectors.

Additionally, it was noticed that not all entries were available in the database (in the environmental one, food inventories are missing; in the social one, the data were too aggregated), which corroborates the difficulty of performing an LCSA without data. All in all, it was perceived during the application, the development of the form supported the data collection, nevertheless demanded revision.

One of the points noticed by one participant was that the fact of collecting one's own data resulted in the self-assessment regarding his own consumption, which may have influenced the result.

Finally, it was possible to verify the differences on the LCSA results of changing from laboratory activities to home office. When comparing the results with the previous study, there was benefit from an economic point of view, since the reduction in transport costs is greater than the increase in the cost of electricity, internet and food. On the other hand, there was an increase in impacts (in all aspects of sustainability) related to food.

The next steps consist of: facilitating data collection, developing a database of the main foods consumed and devising a procedure for home office activities.

Keywords: *Life Cycle Sustainability Assessment, LCSA, circular economy, circularity index, active learning*

RESUMO

O Centro de Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (Gyro) iniciou as atividades em 2009, para contribuir para o desenvolvimento e disseminação da Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental, Social e Econômica (ACV) por meio de eventos, parcerias, cursos, projetos, publicações e apoio à tomada de decisão.

Em um estudo anterior, foi realizada uma Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV) das atividades do Gyro, para que o Gyro possa caminhar na palestra e, simultaneamente, aprender fazendo. Os resultados do estudo anterior da ASCV e do cálculo do Índice de Circularidade do Gyro mostraram que:

- a construção e o transporte foram os principais contribuintes do potencial impacto ambiental;
- o transporte foi a principal causa de potencial impacto econômico;
- o número de horas trabalhadas foi a principal fonte dos pontos críticos sociais - embora não sejam obrigatórias e;
- a falta de circularidade dos resíduos.

Os autores indicaram a realização de novas coletas de dados durante o inverno, para diferenciar dos dados de verão e excluir dados de infraestrutura, uma vez que não há nenhuma ação de gestão que possa alterar este desempenho ambiental.

Com a COVID-19, uma nova realidade surgiu para as atividades em todo o mundo. Particularmente, as atividades do Gyro foram completamente transferidas do laboratório da UTFPR para o home office.

Este estudo, portanto, tem como objetivo realizar a ASCV das atividades de home office do Gyro, para identificar os pontos de potenciais impactos e realizar o processo de aprendizagem ativa sobre o tema. A meta e a definição do escopo foram praticamente mantidas a partir do estudo anterior: unidade funcional de 1 hora de atividade, o sistema do produto desde a extração até o descarte, a exclusão do consumo e resíduos que seriam realizados de qualquer maneira (por exemplo, almoço) e alocação entre os usuários.

Em relação ao inventário, cada membro do Gyro realizou a coleta de dados primários descentralizadamente, o que trouxe desafios de implementação e organização da informação. Para padronizar a coleta de dados, foram desenvolvidos dois questionários. Uma vez por semana, havia uma reunião virtual foi realizada para alinhar os conceitos e tarefas a serem executadas. Apesar da discussão, várias rodadas foram necessárias para revisar os dados.

Por ser realizada em diversos locais, foi necessária uma adaptação dos procedimentos. No laboratório, por exemplo, foram coletados dados de peso utilizando a mesma balança (precisão de 1 g). Em casa, nem todos os membros têm balanças, e um procedimento para estimar dados foi desenvolvido. Outros procedimentos necessários foram a padronização da alocação, inclusão e exclusão de insumos e saídas, cálculo do consumo de energia, preço e alocação.

Em seguida, os dados coletados foram associados ao banco de dadosecoinvent, APOS, versão 3.6 utilizando Umberto e aplicação web do SHDB. Na ausência de informações no banco de dados, foi feita uma tentativa de preencher a lacuna com outros dados. Quanto ao ACV-Social (ACV-S) e aos Custos do Ciclo de Vida (CCV), os dados foram obtidos exclusivamente sobre o preço dos insumos e tratamento de resíduos. A Matriz pedigree foi usada para analisar a qualidade dos dados.

Quanto ao cálculo do impacto potencial, foram utilizados os fatores de caracterização disponíveis dos modelos recomendados pela Rede Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (RAICV) e UNEP e SETAC. Além disso, o índice de circularidade foi obtido utilizando-se o Zero Waste Index (ZWI). Para a ACV-S, os riscos sociais foram utilizados de acordo com o método SHDB para definir os Pontos Críticos e o Método de Avaliação de Subcategorias (SAM) foi utilizado para avaliar o Gyro.

Em uma discussão conjunta sobre a atividade, verificou-se que a realização da atividade na prática foi uma boa experiência. Os participantes perceberam que a complexidade da coleta de dados é maior do que parecia ser em teoria, devido à necessidade de dados muito detalhados (especificar cada entrada e saída) e compreensão entre os coletores de dados.

Além disso, notou-se que nem todas as entradas estavam disponíveis no banco de dados (para a avaliação ambiental, como alguns tipos de alimentos; no social, os dados foram muito agregados), o que corrobora a dificuldade de realizar uma ASCV sem dados. Em suma, foi percebido durante a aplicação, que o desenvolvimento dos formulários apoiou a coleta de dados, no entanto exigiu revisão.

Um dos pontos observados por um participante foi que o fato de coletar os próprios dados resultou na autoavaliação em relação ao seu próprio consumo, o que pode ter influenciado o resultado.

Por fim, foi possível verificar as diferenças nos resultados da ASCV de mudança das atividades laboratoriais para home office. Ao comparar os resultados com o estudo anterior, beneficiou-se do ponto de vista econômico, uma vez que a redução dos custos de transporte é maior do que o aumento do custo de energia elétrica, internet e alimentação. Por outro lado, houve aumento dos impactos (em todos os aspectos da sustentabilidade) relacionados aos alimentos.

Os próximos passos consistem em: facilitar a coleta de dados, desenvolver um banco de dados dos principais alimentos consumidos e elaborar um procedimento para atividades de home office.

Palavras-chave: *Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida, ASCV, economia circular, índice de circularidade, aprendizado ativo.*

RESUMEN

El Centro de Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (Gyro) inició las actividades en 2009, para contribuir al desarrollo y difusión del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) Ambiental, Social y Económico a través de eventos, asociaciones, cursos, proyectos, publicaciones y apoyo a la toma de decisiones.

En un estudio anterior, se realizó una La Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (ESCV) de las actividades de Gyro, de manera que el Gyro pueda hablar y, simultáneamente, aprender haciendo. Los resultados del estudio anterior de la ESCV y el cálculo del Índice de Circularidad de Gyro mostraron que:

- la construcción y el transporte fueron los principales contribuyentes del potencial impacto ambiental;
- el transporte fue la principal causa de un posible impacto económico;
- el número de horas trabajadas fue la principal fuente de los puntos de acceso sociales - aunque no es obligatorio y;
- la falta de circularidad de los residuos.

Los autores se plantearon llevar a cabo una nueva recopilación de datos durante el invierno, que podría diferenciarse de los datos de verano y excluir los datos de infraestructura, ya que no hay ninguna acción de gestión que pueda cambiar su rendimiento.

Con COVID-19, surgió una nueva realidad para las actividades en todo el mundo. En particular, las actividades de Gyro fueron completamente transferidas del laboratorio de la UTFPR al trabajo remoto desde casa.

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo realizar el ESCV del trabajo remoto desde casa de Gyro, al tiempo que se mejora el proceso de aprendizaje práctico sobre el tema. La definición del objetivo y del alcance se mantuvo prácticamente del estudio anterior: unidad funcional de 1 hora de actividad, el sistema de productos desde la extracción hasta la disposición, la exclusión de los consumos y residuos que se realizarían de todos modos (por ejemplo, el almuerzo) y la asignación entre los usuarios.

En relación con el inventario, la recopilación de datos primarios descentralizada fue llevada a cabo por cada uno de los miembros, lo que supuso dificultades de aplicación y de organización de la información. Para normalizar la recogida de datos, se elaboraron dos cuestionarios. Una vez a la semana, se realizó una reunión para alinear los conceptos y las tareas a realizar. A pesar de la discusión, fueron necesarias varias sesiones para revisar los datos.

En vista de que se llevó a cabo en varios lugares, fue necesaria una adaptación de los procedimientos. En el laboratorio, por ejemplo, los datos de peso se recogieron utilizando la misma báscula (con una precisión de 1 g). En casa, no todos los miembros disponían de balanzas, por lo que se desarrolló un procedimiento para estimar los datos. Otros procedimientos necesarios fueron la normalización de la asignación, la inclusión y exclusión de entradas y salidas, el cálculo del consumo de energía, el precio y la asignación.

A continuación, los datos recogidos se asociaron a la base de datos ecoinvent, APOS, versión 3.6, utilizando Umberto y la aplicación web de SHDB. Debido a la falta de información en la base de datos, se intentó llenar el

vacío con otros datos. En cuanto al ACV-Social (S-LCA) y los costes del ciclo de vida (LCC), se obtuvieron datos exclusivamente sobre el precio de los insumos y el tratamiento de los residuos. Para analizar la calidad de los datos se utilizó la Matriz de Pedigrí.

En cuanto al cálculo del impacto potencial, se utilizaron los factores de caracterización disponibles de los modelos recomendados por la "Rede Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida" (RAICV) y el PNUMA y la SETAC. Además, el índice de circularidad se obtuvo utilizando el Índice de Residuos Cero (ZWI). Para el S-LCA, se utilizaron los riesgos sociales según el método SHDB para definir los puntos críticos y el Método de Evaluación de Subcategorías (SAM) para evaluar el Gyro.

En un debate conjunto sobre la actividad, se comprobó que realizarla en la práctica fue una buena experiencia. Los participantes se dieron cuenta de que la complejidad de la recopilación de datos es mayor de lo que parecía en teoría, debido a la necesidad de datos muy detallados (especificar cada entrada y salida) y al entendimiento entre los responsables de la recopilación de datos.

Además, se observó que no todas las entradas estaban disponibles en la base de datos (en la medioambiental, faltan los inventarios de alimentos; en la social, los datos estaban demasiado agregados), lo que corrobora la dificultad de realizar un ESCV sin datos. En general, se percibió durante la aplicación, el desarrollo del formulario apoyó la recogida de datos, sin embargo, exigió una revisión.

Uno de los puntos señalados por uno de los participantes fue que el hecho de recoger los propios datos dio lugar a la autoevaluación respecto a su propio consumo, lo que puede haber influido en el resultado.

Por último, se pudo comprobar las diferencias en los resultados de la ESCV al pasar de las actividades de laboratorio al trabajo remoto desde casa. Al comparar los resultados con el estudio anterior, hubo un beneficio desde el punto de vista económico, ya que la reducción de los costes de transporte es mayor que el aumento de los costes de electricidad, internet y alimentación. Por otro lado, hubo un aumento de los impactos (en todos los aspectos de la sostenibilidad) relacionados con la alimentación.

Los próximos pasos consisten en: facilitar la recogida de datos, desarrollar una base de datos de los principales alimentos consumidos e idear un procedimiento para las actividades del trabajo remoto desde casa.

Palabras clave: *Análisis de la sostenibilidad del ciclo de vida, ASCV, economía circular, índice de circularidad, aprendizaje activo*

A CLOSER LOOK INTO S-LCA IN BRAZIL

UM OLHAR MAIS ATENTO SOBRE A ACV-S NO BRASIL

UNA MIRADA MÁS CERCANA A ACV-S EN BRASIL

Arij Mohamad Radwan Omar Chabrawi^{1*}, Rodrigo Trevisani Juchen^{2*}, Cassia Maria Lie Ugaya^{2*}

¹ Institution 1, University of Brasilia – Graduate Program in Social, Work and Organizational Psychology. Campus Darcy Ribeiro - ICC Sul. Institute of Psychology, Brasilia - Brazil. arij.chabrawi@gmail.com

² Institution 2, Federal University of Technology - Paraná, Curitiba - Brazil, Graduate Program in Mechanical Engineering and Materials. R. Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000, Curitiba - Brazil. rodrigo.juchen@gmail.com, cassiaugaya@utfpr.edu.br

ABSTRACT

The social life cycle assessment (SLCA) is a method for assessing social impacts on products and services (Benoit and Mazjin, 2009). Due to the fact that it is a recent area, it is still in constant development to fill the theoretical and methodological gaps, and can be applied at different levels of analysis - state, region, organization or economic sector (Macombe et al. 2013). The first document that guides the method was launched in 2009 and since then several studies have been developed for the application and improvement of the method by researchers from all over the world (Wu et al. 2014). In Brazil, it is known that the Social LCA is still little widespread, despite the great merit that the evaluation of the social impact of products and services could bring to the improvement of the known distortions of the world of work, society, consumers, and the community of the country. Thus, the present work aimed to conduct a systematic review of the application of social LCA in Brazil to describe the state of the art of the method. In addition, the review sought to identify the trends in the use of the method and tools aimed at data collection and impact analysis affecting the application of SLCA in Brazil. Finally, a preliminary diagnosis of the potentials and weaknesses of the development of SLCA in the country was elaborated.

To this end, all studies related to theoretical research and case studies on SLCA in Brazil were mapped from Google Scholar, which has several scientific indexes associated with the search tool. The search used keywords in both Portuguese, English and was not limited to any time space. Reports, books and manuals were excluded from the scope of the review, as well as other works developed outside the Brazilian context. The analysis of the articles focused on the description of the first three stages of the study: 1) Definition of objective, scope and functional unit; 2) Life cycle inventory (collection of primary and secondary data, data integration and creation of indicators); Impact analysis (choice of type and method for impact calculation).

Regarding the results, at first, 76 studies were found, reaching a number of 36 from the reading of all titles and abstracts for the proper leveling of the scope and scope of the review. Among the main findings, it was found that approximately 40% were theoretical review studies on LCA-S and 60% related to empirical studies. However, rare studies have collected data on all stakeholders, focusing mainly on “workers”. Among the empirical studies, the majority performed generic data collection to the detriment of specific data collection. Several economic sectors were contemplated, with special focus on energy, agriculture and extractivism. For data collection, the differences between the practices addressed are remarkable. In general, the studies follow the guidelines of UNEP/SETAC, with the work structures of stakeholders and subcategories as a way of characterizing social themes that should be addressed. But there is a lack of information about the methods adopted for data collection or indicators representative of these social themes. In fact, there is no consensus referring to the type of data since it is observed the collection of specific or generic data according to the convenience or situation of the research work. Nor is it clear how the data used was performed to analyze or validate the data used. Especially in studies using secondary data from a consolidated database.

From the review of studies related to the application of Social LCA in Brazil, it can be concluded that the area is both little widespread and applied, whether in academic and consulting circles on sustainable development of products and services. There are few studies that effectively seek to perform the method in its entirety, limiting the selection of few stakeholders, as well as selecting subcategories of possible ease of access to data. The hegemony of studies aimed at collecting generic data may indicate inaccuracy in portraying the reality of the productive processes of the evaluated organizations and, finally, rare innovations and few contributions to the

theoretical-methodological development of Social LCA from the research developed in the Brazilian context, indicating that it is urgent both to strengthen the dissemination of the area in academia and in the daily practice of professionals focused on the improvement of social aspects related to the sustainable development of Brazilian society.

Keywords: Social life cycle analysis; Data validation; systematic review

RESUMO

A avaliação do ciclo de vida social (ACV-S) trata-se de um método para a avaliação de impactos sociais relativos aos produtos e serviços (Benoît e Mazjin, 2009). Devido ao fato de ser uma área recente, ainda se encontra em constante desenvolvimento para suprir as lacunas teórico-metodológicas, podendo ser aplicada em diferentes níveis de análise - estado, região, organização ou setor econômico (Macombe et al. 2013). O primeiro documento balizador do método foi lançado em 2009 e, desde então, diversos estudos foram desenvolvidos para aplicação e aprimoramento do método por pesquisadores do mundo inteiro (Wu et al. 2014). No Brasil, sabe-se que a ACV Social ainda é pouco difundida, apesar do grande mérito que a avaliação do impacto social de produtos e serviços poderia trazer para o aprimoramento das distorções do mundo do trabalho, sociedade, consumidores, e comunidade do país.

Deste modo, o presente trabalho visou a realização de revisão sistemática da aplicação do ACV Social no Brasil para descrever o estado da arte do método. Além disso, a revisão buscou identificar as tendências no emprego do método e ferramentais destinados à coleta de dados e análise de impacto afeta à aplicação da ACV-S no Brasil. Por fim, elaborou-se um diagnóstico preliminar dos potenciais e fraquezas do desenvolvimento da ACV-S no país. Para tal, foram mapeados todos os trabalhos relativos às pesquisas teóricas e estudos de caso sobre a ACV-S no Brasil a partir do Google Scholar que possuem diversos indexadores científicos associados à ferramenta de busca. A busca utilizou palavras-chave tanto em português quanto inglês e não se limitou a qualquer espaço temporal. Foram excluídos do escopo da revisão relatórios, livros e manuais, bem como demais trabalhos desenvolvidos para o contexto brasileiro. A análise dos artigos focou na descrição das três primeiras etapas do estudo: 1) Definição de objetivo, escopo e unidade funcional; 2) Inventário do ciclo de vida (coleta de dados primários e secundários, integração dos dados e criação de indicadores); Análise de impacto (escolha do tipo e método para cálculo de impacto).

Quanto aos resultados, o princípio, foram encontrados 76 trabalhos, chegando-se ao número de 36 a partir da leitura de todos os títulos e resumos para o devido nivelamento da abrangência e escopo da revisão. Dentre os principais achados, verificou-se que aproximadamente 40% eram trabalhos de revisão teórica sobre a ACV-S e 60% diziam respeito a trabalhos empíricos. Entretanto, raros trabalhos levantam dados relativos a todos os stakeholders, focando-se, principalmente, nos “trabalhadores”. Dentre os trabalhos empíricos, a maioria realizada coleta de dados genéricos em detrimento da coleta de dados específicos. Diversos setores econômicos foram contemplados, com especial foco para o de energia, agropecuária e extrativismo. Para a coleta de dados, são notáveis como diferenças entre as práticas abordadas. Em geral os estudos seguem as diretrizes do UNEP/SETAC, com as estruturas de trabalho de partes interessadas e subcategorias como forma de caracterização de temas sociais que devem ser abordados. Mas falta de informações acerca dos métodos adotados para coleta de dados ou indicadores representativos destes temas sociais. Aliás, não há consenso algum referindo-se ao tipo de dados, já que se observa a coleta de dados específicos ou genéricos de acordo com a conveniência ou situação do trabalho de pesquisa. Tão pouco não é claro a forma de análise nem da validação dos dados utilizados. Principalmente nos estudos que se utilizam de dados secundários oriundos de base de dados consolidados.

A partir da revisão dos estudos relativos à aplicação do ACV Social no Brasil, pode-se concluir que a área é tanto pouco difundida quanto aplicada, seja nos meios acadêmicos e de consultorias sobre desenvolvimento sustentável de produtos e serviços. São escassos os estudos que efetivamente buscam a realização do método em sua totalidade, limitando-se a seleção de poucos stakeholders, bem como selecionando subcategorias de possível facilidade no acesso aos dados. A hegemonia de estudos que visam a coleta de dados genéricos pode indicar imprecisão em retratar a realidade dos processos produtivos das organizações avaliadas e, por fim, identificou-se raras inovações e poucas contribuições ao desenvolvimento-metodológico do ACV Social a partir das pesquisas desenvolvidas no contexto brasileiro, indicando que tanto é urgente o fortalecimento da divulgação da área em meio acadêmico quanto na prática de profissionais voltados para o aprimoramento dos aspectos sociais.

Palavras-chave: Análise de ciclo de vida social, Validação de dados, revisão sistemática.

RESUMEN

El análisis de ciclo de vida social (ACV-S) es un método para evaluar los impactos sociales en los productos y servicios (Benoét y Mazjin, 2009). Debido al hecho de que es un área reciente, todavía está en constante desarrollo para llenar las brechas teóricas y metodológicas, y se puede aplicar en diferentes niveles de análisis - estado, región, organización o sector económico (Macombe et al. 2013). El primer documento que guía el método fue lanzado en 2009 y desde entonces se han desarrollado varios estudios para la aplicación y mejora del método por investigadores de todo el mundo (Wu et al. 2014). En Brasil, se sabe que la LCA Social sigue siendo poco generalizada, a pesar del gran mérito que la evaluación del impacto social de los productos y servicios podría aportar a la mejora de las distorsiones conocidas del mundo del trabajo, la sociedad, los consumidores y la comunidad del país. Por lo tanto, el presente trabajo tenía por objeto llevar a cabo un examen sistemático de la aplicación de ACV social en Brasil para describir el estado de la técnica del método. Además, el examen trató de identificar las tendencias en el uso del método y las herramientas destinadas a la recopilación de datos y el análisis de impacto que afectan a la aplicación de ACV-S en el Brasil. Finalmente, se elaboró un diagnóstico preliminar de las potencialidades y debilidades del desarrollo de SLCA en el país.

Con este fin, todos los estudios relacionados con la investigación teórica y los estudios de casos sobre ACV-S en Brasil fueron mapeados desde Google Scholar, que tiene varios indexadores científicos asociados con la herramienta de búsqueda. La búsqueda utiliza palabras clave en inglés portugués y no se limitó a ningún espacio de tiempo. Los informes, libros y manuales fueron excluidos del alcance de la revisión, así como de otras obras desarrolladas fuera del contexto brasileño. El análisis de los artículos se centró en la descripción de las tres primeras etapas del estudio: 1) Definición de la unidad objetiva, alcance y funcional; 2) Inventario del ciclo de vida (recopilación de datos primarios y secundarios, integración de datos y creación de indicadores); Análisis de impacto (elección del tipo y método para el cálculo del impacto).

En cuanto a los resultados, en un primer momento, se encontraron 76 estudios, alcanzando un número de 36 de la lectura de todos los títulos y resúmenes para la correcta nivelación del alcance y alcance del examen. Entre los principales hallazgos, se encontró que aproximadamente el 40% eran estudios de revisión teórica sobre ACV-S y el 60% relacionados con estudios empíricos. Sin embargo, los estudios raros han recopilado datos sobre todas las partes interesadas, centrándose en los "trabajadores". Entre los estudios empíricos, la mayoría realizó la recopilación genérica de datos en detrimento de la recopilación de datos específicos. Se contemplaron varios sectores económicos, con especial atención a la energía, la agricultura y el extractivismo. Para la recopilación de datos, las diferencias entre las prácticas abordadas son notables. En general, los estudios siguen las directrices del UNEP/SETAC, con las estructuras de trabajo de las partes interesadas y subcategorías como una forma de caracterizar los temas sociales que deben abordarse. Pero hay una falta de información sobre los métodos adoptados para la recopilación de datos o indicadores representativos de estos temas sociales. De hecho, no hay consenso que haga referencia al tipo de datos, ya que se observa la recopilación de datos específicos o genéricos de acuerdo con la conveniencia o situación del trabajo de investigación.

Tampoco está claro cómo se realizaron los datos utilizados para analizar o validar los datos utilizados. Especialmente en estudios con datos secundarios de una base de datos consolidada.

A partir de la revisión de estudios relacionados con la aplicación de ACV Social en Brasil, se puede concluir que el área está poco extendida y aplicada, ya sea en círculos académicos y de consultoría en el desarrollo sostenible de productos y servicios. Hay pocos estudios que traten efectivamente de realizar el método en su totalidad, limitando la selección de pocas partes *interesadas*, así como seleccionando subcategorías de posible facilidad de acceso a los datos. La hegemonía de los estudios dirigidos a recopilar datos genéricos puede indicar inexactitud en retratar la realidad de los procesos productivos de las organizaciones evaluadas y, por último, raras innovaciones y pocas contribuciones al desarrollo teórico-metodológico de ACV Social a partir de la investigación desarrollada en el contexto brasileño, indicando que es urgente tanto fortalecer la difusión de la zona académica como en la práctica diaria de los profesionales enfocados en la mejora de los aspectos sociales relacionados con el desarrollo sostenible.

Palabras clave: Análisis del ciclo de vida social, Validación de datos validación, revisión sistemática.

ANÁLISIS SOCIAL DEL CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS EN BRASIL: PROBANDO LOS INDICADORES DE PSILCA PARA LOS TRABAJADORES

Edilene Pereira Andrade ^{1,2,*}, Laureano Jimenez Esteller ², Assumpcio Antón Vallejo ¹

¹ Institute of Agrifood Research and Technology. Torre Marimon, 08140 Caldes de Montbui, Barcelona, Spain. edilene.pereira@irta.cat, assumpcio.anton@irta.cat

² Departament d'Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili, Av. Països Catalans, 26, 43007 Tarragona, Spain. laureano.jimenez@urv.cat

RESUMEN

Brasil es el cuarto principal productor de cerdos del mundo (EMBRAPA, 2019). Los impactos ambientales de esa producción han sido evaluados en diferentes trabajos (Ito et al., 2016; Andretta et al., 2018), pero los impactos sociales necesitan más estudios. Hasta ahora, los trabajos con enfoque social tratan de las potenciales molestias debidas al ruido y gases producidos (Sampaio et al., 2005 y 2007) y trabajo cooperativo (Giongo y Montero, 2015). Sin embargo, de acuerdo con el *Banco Nacional de Desenvolvimento* (BNDES, 2016), el sector genera 126 mil puestos de trabajos directos y 924 mil de indirectos siendo esencial, por tanto, la evaluación de otros aspectos sociales de esa producción, bien relacionada con los propios trabajadores como las influencias que sobre la sociedad local en particular tiene dicha actividad.

Una herramienta para dicha evaluación es la Análisis Social del Ciclo de Vida (ASCV). La ASCV considera toda la cadena de producción, incluyendo insumos utilizados y procesos fuera del país, evitando así la externalización de problemas. La base de datos sociales PSILCA, que contiene información de indicadores sociales por país y/o por sectores resulta útil para una primera evaluación de los impactos sociales de la producción de cerdos en Brasil.

El objeto del presente estudio es doble, por un lado, se pretende evaluar los impactos sociales de la producción de cerdos en Brasil, enfocado principalmente a los trabajadores implicados en dicha actividad, y por otro juzgar la utilidad de los indicadores presentados en la base de datos para esta actividad en particular.

Este trabajo utiliza la base de datos PSILCA y el software OpenLCA para calcular los impactos a los trabajadores del sector porcino en Brasil. 21 indicadores relacionados con ocho categorías de impacto han sido utilizados para caracterizar los impactos de la producción de 1 dólar del producto final, los cerdos vivos.

Con relación a los riesgos asociados, 38% de los indicadores fueron respondidos como 'muy bajo riesgo', 26% 'bajo riesgo', 38% medio riesgo, 0% 'alto riesgo', 9% 'muy alto riesgo', 9% 'sin riesgo' y para 9% no hay datos disponibles.

El mayor impacto (en horas medias de riesgo) está relacionado a 'Salario justo' (48% del impacto total asociado a los trabajadores), seguido por 'Sindicalismo' (40%) y 'Gasto sanitario' (9%). Los otros impactos corresponden a menos de 1% del impacto a los trabajadores. Los menores impactos están relacionados a 'Trabajadores afectados por desastres naturales', 'Frecuencia de trabajo forzoso', 'Hombres en el trabajo sectorial' y 'Trabajo infantil, femenino', con un impacto de 0,004% cada uno.

De acuerdo con el BNDES (2016), el sueldo medio mensual en la producción porcina era de \$528.82, incluyendo desde trabajos con alto nivel técnico y los productores familiares. Sin embargo, para PSILCA, hay riesgos medios y altos para los indicadores de 'Salario Justo' debido el bajo valor a unas categorías de trabajadores. En concordancia con PSILCA, en Hadlich y Scheibe (2007), se mostró que hay familias productoras de porcino que viven con menos del sueldo mínimo (\$ 201.60 en 2007), indicando un riesgo social.

Con relación al 'Sindicalismo', PSILCA clasifica como alto riesgo para la producción en Brasil, pero hay un contrapunto en Giongo y Monteiro (2015). Ellos discuten los impactos de una cooperativa porcina, indicando que el cooperativismo puede ser un factor de precarización, que puede resultar en sufrimiento mental para los porcicultores. Este aspecto no es considerado en PSILCA, mostrando que el indicador necesitaría más profundidad en su discusión.

Los indicadores considerados en PSILCA son un promedio del sector, por lo tanto, para cada sistema porcino evaluado socialmente es necesario incluir indicadores específicos para una evaluación más completa. Entre los principales impactos relacionados para los trabajadores del sector porcino serian el ruido y los gases producidos en la granja. Sin embargo, no hay indicador de ruido en PSILCA, y con relación a los gases producidos ('DALYs de-

bido a la contaminación del aire y el agua en interiores y exteriores'), el dato es de 2004 y se refiere a la agricultura como un todo. Además, siempre es necesaria una investigación más completa en los indicadores de 'Trabajo infantil' y 'Trabajo forzoso' una vez que hay diversos relatos de prácticas como estas en la agricultura en Brasil.

El uso del ASCV y PSILCA mostró que no hay muchos altos riesgos para los trabajadores en la producción porcina en Brasil, estando los impactos más altos relacionados a los sueldos y asociaciones de trabajadores. Además, PSILCA muestra poco riesgo relacionado a la salud y seguridad del trabajador y trabajos infantiles. Sin embargo, es fundamental destacar que la base de datos trae datos de promedios, algunas veces alocados a la producción porcina. Por lo tanto, con PSILCA se puede tener un panorama general sobre el sector, pero que seguramente puede variar cuando la evaluación social sea caso a caso y, por lo tanto, indicadores específicos son necesarios para evaluar estudios de caso específicos.

Palabras-clave: Impactos Sociales, Producción porcina, Trabajadores, PSILCA.

ABSTRACT

Brazil is the fourth largest pig producer in the world (EMBRAPA, 2019). The environmental impacts of this production have been evaluated in different studies (Ito et al., 2016; Andretta et al., 2018), but the social impacts need more studies. Until now, the works with a social focus deal with potential annoyances due to noise and gases produced (Sampaio et al., 2005 and 2007) and cooperative work (Giongo and Montero, 2015). However, according to the Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES, 2016), the sector generates 126 thousand direct jobs and 924 thousand indirect jobs, being essential, therefore, the evaluation of other social aspects of this production, well related to the workers themselves and the influences that this activity has on local society in particular.

One tool for such an assessment is the Social Life Cycle Analysis (S-LCA). The S-LCA considers the entire value chain, including inputs used and processes outside the country, thus avoiding the outsourcing of problems. The PSILCA social database, which contains information on social indicators by country and / or by sector, is useful for a first evaluation of the social impacts of pig production in Brazil.

The purpose of this study is twofold, on the one hand, it is intended to evaluate the social impacts of pig production in Brazil, mainly focused on the workers involved in said activity, and on the other to judge the usefulness of the indicators presented in the base of data for this particular activity.

This work uses the PSILCA database and the OpenLCA software to calculate the impacts on workers in the pig sector in Brazil. 21 indicators related to eight impact categories have been used to characterize the impacts of the production of \$ 1 of the final product, live pigs.

Regarding the associated risks, 38% of the indicators were answered as 'very low risk', 26% 'low risk', 38% medium risk, 0% 'high risk', 9% 'very high risk', 9% 'no risk' and for 9% no data is available.

The greatest impact (in average hours of risk) is related to 'Fair salary' (48% of the total impact associated with workers), followed by 'Trade unionism' (40%) and 'Health expenditure' (9%). The other impacts correspond to less than 1% of the impact to workers. The lowest impacts are related to 'Workers affected by natural disasters', 'Frequency of forced labor', 'Men in sectoral work' and 'Child labor, female', with an impact of 0.004% each.

According to BNDES (2016), the average monthly salary in pig production was \$ 528.82, including from jobs with a high technical level and family producers. However, for PSILCA, there are medium and high risks for the 'Fair Salary' indicators due to the low value of some categories of workers. In agreement with PSILCA, in Hadlich and Scheibe (2007), it was shown that there are pig-producing families living with less than the minimum wage (\$ 201.60 in 2007), indicating a social risk.

Regarding 'Unionism', PSILCA classifies it as a high risk for production in Brazil, but there is a counterpoint in Giongo and Monteiro (2015). They discuss the impacts of a pig cooperative, indicating that cooperativism can be a factor of precariousness, which can result in mental suffering for pig farmers. This aspect is not considered in PSILCA, showing that the indicator would need more depth in its discussion.

The indicators considered in PSILCA are an average of the sector, therefore, for each socially evaluated pig system it is necessary to include specific indicators for a more complete evaluation. Among the main related impacts for workers in the pig sector would be noise and gases produced on the farm. However, there is no noise indicator in PSILCA, and in relation to the gases produced ('DALYs due to indoor and outdoor air and water pollution'), the data is from 2004 and refers to agriculture as a sector. In addition, a more complete investigation into the indicators of 'Child labor' and 'Forced labor' is always necessary, since there are several reports of practices like these in agriculture in Brazil.

The use of the ASCV and PSILCA showed that there are not many high risks for workers in swine production in Brazil, the highest impacts being related to wages and worker associations. Furthermore, PSILCA shows little

risk related to the health and safety of the worker and child labor. However, it is essential to highlight that the database brings average data, sometimes allocated to pig production. Therefore, with PSILCA you can have an overview about the sector, but that surely can vary when the social evaluation is case by case and, therefore, specific indicators are necessary to evaluate specific case studies.

Keywords: Social Impacts, Swine Production, Workers, PSILCA

RESUMO

O Brasil é o quarto maior produtor de suínos do mundo (EMBRAPA, 2019). Os impactos ambientais dessa produção foram avaliados em diferentes estudos (Ito et al., 2016; Andretta et al., 2018), mas os impactos sociais precisam de mais estudos. Até o momento, os trabalhos com enfoque social tratam de incômodos potenciais por ruídos e gases produzidos (Sampaio et al., 2005 e 2007) e trabalho cooperativo (Giongo e Montero, 2015). No entanto, de acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES, 2016), o setor gera 126 mil empregos diretos e 924 mil indiretos, sendo imprescindível, portanto, a avaliação de outros aspectos sociais dessa produção, bem relacionados à os próprios trabalhadores e as influências que esta atividade tem na sociedade local em particular.

Uma ferramenta para tal avaliação é a Avaliação Social do Ciclo de Vida (ASCV). O ASCV considera toda a cadeia produtiva, incluindo insumos utilizados e processos fora do país, evitando assim a terceirização de problemas. A base de dados social PSILCA, que contém informações sobre indicadores sociais por país e / ou setor, é útil para uma primeira avaliação dos impactos sociais da produção de suínos no Brasil.

O objetivo deste estudo é duplo, por um lado, pretende-se avaliar os impactos sociais da produção de suínos no Brasil, principalmente com foco nos trabalhadores envolvidos na referida atividade, e, por outro lado, julgar a utilidade dos indicadores apresentados na base de dados para esta atividade específica.

Este trabalho utiliza o banco de dados PSILCA e o software OpenLCA para calcular os impactos sobre os trabalhadores do setor suíno no Brasil. 21 indicadores relacionados a oito categorias de impacto foram usados para caracterizar os impactos da produção de \$ 1 do produto final, suínos vivos.

Em relação aos riscos associados, 38% dos indicadores foram respondidos como 'risco muito baixo', 26% 'risco baixo', 38% risco médio, 0% 'risco alto', 9% 'risco muito alto', 9% 'sem risco' e para 9% não há dados disponíveis.

O maior impacto (em horas médias de risco) está relacionado com 'Salário justo' (48% do impacto total associado aos trabalhadores), seguido de 'Sindicalismo' (40%) e 'Despesas com saúde' (9%). Os demais impactos correspondem a menos de 1% do impacto aos trabalhadores. Os impactos mais baixos estão relacionados a 'Trabalhadores afetados por desastres naturais', 'Frequência do trabalho forçado', 'Homens no trabalho setorial' e 'Trabalho infantil feminino', com um impacto de 0,004% cada.

De acordo com o BNDES (2016), o salário médio mensal na produção de suínos era de R \$ 528,82, inclusive provenientes de empregos de alto nível técnico e de produção familiar. No entanto, para PSILCA, existem riscos médios e altos para os indicadores de 'Salário Justo' devido ao baixo valor de algumas categorias de trabalhadores. De acordo com o PSILCA, em Hadlich e Scheibe (2007), foi demonstrado que existem famílias produtoras de suínos vivendo com menos de um salário mínimo (\$ 201,60 em 2007), indicando risco social.

Em relação ao 'Sindicalismo', PSILCA classifica como de alto risco para a produção no Brasil, mas há contraponto em Giongo e Monteiro (2015). Eles discutem os impactos de uma cooperativa de suínos, indicando que o cooperativismo pode ser um fator de precariedade, que pode resultar em sofrimento psíquico para os suinocultores. Este aspecto não é considerado no PSILCA, mostrando que o indicador necessitaria de maior aprofundamento na sua discussão.

Os indicadores considerados no PSILCA são uma média do setor, portanto, para cada sistema suíno socialmente avaliado é necessário incluir indicadores específicos para uma avaliação mais completa. Entre os principais impactos relacionados aos trabalhadores do setor de suínos estariam o ruído e os gases produzidos na fazenda. No entanto, não há indicador de ruído no PSILCA, e em relação aos gases produzidos ('DALYs devido à poluição do ar e da água interna e externa'), os dados são de 2004 e referem-se à agricultura como um todo. Além disso, uma investigação mais completa sobre os indicadores de 'Trabalho infantil' e 'Trabalho forçado' é sempre necessária, visto que existem diversos relatos de práticas como essas na agricultura no Brasil.

A utilização do ASCV e PSILCA mostrou que não existem muitos riscos elevados para os trabalhadores na produção de suínos no Brasil, sendo os maiores impactos relacionados a salários e associações de trabalhadores. Além disso, a PSILCA apresenta poucos riscos relacionados à saúde e segurança do trabalhador e ao trabalho infantil. Porém, é fundamental destacar que o banco de dados traz dados médios, às vezes alocados à produção

de suínos. Portanto, com PSILCA você pode ter uma visão geral sobre setor, mas isso certamente pode variar quando a avaliação social é caso a caso e, portanto, indicadores específicos são necessários para avaliar estudos de caso específicos.

Palavras-chave: Impactos Sociais, Produção suína, Trabalhadores, PSILCA.

AGRADECIMIENTOS

We thank the project Nutri2cycle (773682) for the full support during this work and the CERCA Programme/ Generalitat de Catalunya.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No. 713679 and from the Universitat Rovira i Virgili (URV).

REFERENCIAS

1. Neves, M. F., Lima Júnior, J. C., Sá, N. C., Pinto, M. J. A., Kalaki, R. B., Gerbasí, T., ... & Vriesekoop, F. (2016). Mapeamento da suinocultura brasileira. *Brasília: ABCS, SEBRAE. Recuperado de <https://bit.ly/2ZLigBf>.*
2. EMBRAPA (2019). Estatísticas. Desempenho de produção. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>
3. Giongo, C. R., & Monteiro, J. K. (2015). Trabalho cooperado na suinocultura: emancipação ou precarização?. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 35(4), 1206-1222.
4. Hadlich, G. M., & Scheibe, L. F. (2007). Condições socioeconômicas e ambientais em área rural de intensa produção suinícola: um exemplo no sul do Brasil. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 14.
5. Ito, M., Guimarães, D. D., & Amaral, G. F. (2016). Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades.
6. Sampaio, C. A. D. P., Nääs, I. D. A., Salgado, D. D., & Queirós, M. P. (2007). Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(4), 436-440.
7. Sampaio, C. A. D. P., Nääs, I. D. A., & Nader, A. (2005). Gases e ruídos em edificações para suínos: aplicação das normas NR-15, CIGR e ACGIH. *Engenharia Agrícola*.



Buildings, mobility and smart cities

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE DOS SISTEMAS DE PAVIMENTACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO

LIFE CYCLE ANALYSIS OF TWO PAVING SYSTEMS IN MEXICO CITY

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE DOIS SISTEMAS DE PAVIMENTAÇÃO NA CIDADE DO MÉXICO

Carlos Enrique Caballero-Güereca ^{1,*}, Noe Hernandez-Fernandez ¹, Alexandra Ossa ¹, Leonor Patricia Güereca ¹

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Consorcio para el Análisis de Ciclo de Vida de la Infraestructura. Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, México. CCaballeroG@iingen.unam.mx, NHernandezF@iingen.unam.mx, AOssaL@iingen.unam.mx, LGuerecaH@iingen.unam.mx

RESUMEN

Las calles y vías primarias constituyen una infraestructura fundamental para el desarrollo socioeconómico de las ciudades. Por esa razón, es importante mantenerlas en una condición adecuada que asegure una movilidad eficiente, buscando generar los menores impactos ambientales posibles. En este sentido, las actividades de mantenimiento y rehabilitación de las vialidades deben asegurar su eficiencia y al mismo tiempo contribuir a la sustentabilidad. En la Ciudad de México (CDMX) se cuenta con más de 25 mil calles y vialidades, por las cuales más de 6 millones de vehículos circulan diariamente, por lo que es necesario establecer programas ambientalmente eficientes para la conservación de las vialidades, los cuales permitan a la CDMX acercarse a un modelo de Ciudad Sustentable. Actualmente, el tratamiento de conservación de pavimentos utilizado en la CDMX (Escenario Base), consta de un fresado parcial y reencarpetado que rehabilita los 7 centímetros más superficiales de la carpeta asfáltica, cuando ésta tiene una profundidad total de 15 centímetros. Este método no ha resultado eficiente, ya que las grietas y el deterioro profundo dentro del pavimento, causa que al transcurso de tres años, las grietas se reflejen en la superficie de rodamiento. Por esta razón, se propone un tratamiento de conservación alternativo (Escenario Alternativo), que consta del fresado total y reencarpetado del pavimento, reemplazando los 15 centímetros en su totalidad y así proporcionando una vida útil más larga, la cual se espera ser de 15 años y manteniendo las mismas propiedades de la vía, por lo cual esto no implica una diferencia en las características de rodamiento de los vehículos (etapa de uso). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar los impactos ambientales de los dos sistemas de conservación de pavimentos, mediante Análisis de Ciclo de Vida. La Unidad Funcional de este trabajo es 1 kilómetro-carril (km-carril), con un ancho de tres metros y medio, y un marco de tiempo de 30 años de servicio en condiciones óptimas. El Inventario de Ciclo de Vida fue construido de manera prospectiva, utilizando referencias bibliográficas y con el apoyo del Consorcio del Análisis de Ciclo de Vida de la Infraestructura del Transporte (CAIT) del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para ambos sistemas analizados, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad que consistió en considerar la reutilización del concreto asfáltico recuperado, como insumo en los tratamientos de conservación subsecuentes, sustituyendo con ello 20% de agregados gruesos en la mezcla asfáltica. En la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida se modelaron las siguientes categorías de impacto: agotamiento de agua, eutrofización de agua dulce, toxicidad humana, agotamiento de combustibles fósiles, formación de oxidantes fotoquímicos, acidificación terrestre y cambio climático. El método utilizado fue ReCiPe 2008 de punto medio (H), versión 1.13 y se empleó el software Umberto LCA+ versión 10.0 y la base de datos Ecoinvent versión 3.6. Los resultados indican que, en el Escenario Alternativo los impactos son menores para todas las categorías de impacto, en comparación con el Escenario Base, aun cuando en el primero se repone un mayor espesor de material. Lo anterior se debe a que la vida útil considerada es cinco veces mayor en el Escenario Alternativo que en el Escenario Base, debido a que en este último la presencia de grietas permanece porque sólo se remueven 7 cm, lo que ocasiona el resurgimiento de estas grietas, disminuyendo su vida útil. Por lo anterior, se requiere repetir 10 veces el proceso del Escenario Base durante el periodo de análisis de 30 años. El análisis de sensibilidad muestra que, en ambos sistemas, la reutilización de materiales reduce los impactos ambientales de manera significativa en todas las categorías (hasta un 14% en la categoría de agotamiento de agua, debido a que el agua es necesaria en el proceso de explotación, procesado y manufactura del material utilizado como agregado grueso). De todas las etapas de Ciclo de Vida de los dos sistemas de pavimentación

analizados, la etapa de extracción y procesamiento de materias primas, genera los mayores impactos debido a la gran demanda de agregados y cemento asfáltico requeridos para satisfacer el volumen de re-encarpetao necesario. A partir de lo anterior, se identifica la necesidad de cambiar el sistema de conservación de las vialidades de la Ciudad de México, por métodos que garanticen una mayor vida de servicio y favorezcan a la sustentabilidad, modificando los procedimientos constructivos para reciclar los materiales del pavimento existentes y promoviendo una economía circular.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, Sustentabilidad, Economía Circular, Ciudad de México, Pavimentos, Mantenimiento.

ABSTRACT

The streets and primary roads constitute fundamental infrastructure for the socio-economic development of cities. For this reason, it is imperative to keep them in an appropriate condition that ensures efficient mobility, seeking to generate the least possible environmental impacts. In this sense, road maintenance and rehabilitation activities must ensure their efficiency and contribute to sustainability at the same time. In Mexico City (CDMX) there are more than 25 thousand streets and roads, through which more than 6 million vehicles circulate daily, so it is necessary to establish environmentally efficient programs for the conservation of roads, which allow the CDMX to approach a sustainable city model. Currently, the pavement conservation treatment used in the CDMX (Base Scenario) consists of partial pavement milling and re-paving that rehabilitates the 7 most superficial centimeters of the asphalt folder, when it has a total depth of 15 centimeters. This method has not been efficient, as cracks and deep deterioration within the pavement causes cracks to be reflected on the bearing surface over three years. For this reason, an alternative preservation treatment (Alternate Scenario) is proposed, consisting of the total pavement milling and re-paving, replacing the 15 centimeters in its entirety and thus providing a longer service life, which is expected to be 15 years, while maintaining the same properties of the track, so this does not imply a difference in the bearing characteristics of the vehicles (stage of use). Therefore, the objective of this work is to evaluate the environmental impacts of the two pavement conservation systems, using Life Cycle Analysis. The Functional Unit of this work is 1 kilometer-lane (km-lane), with a width of three and a half meters, and a time frame of 30 years of service in optimal conditions. The Life Cycle Inventory was built prospectively, using bibliographic references and with the support of the Transport Infrastructure Lifecycle Analysis Consortium (CAIT) of the UNAM Institute of Engineering. For both scenarios, a sensitivity analysis was carried out which consisted of considering the reuse of the recovered asphalt concrete, as input in subsequent preservation treatments, thereby replacing 20% of thick aggregates in the asphalt mixture. The Life Cycle Impact Assessment modeled the following impact categories: water depletion, freshwater eutrophication, human toxicity, fossil fuel depletion, photochemical oxidizer formation, terrestrial acidification, and climate change. The method used was ReCiPe 2008 midpoint (H), version 1.13 and Umberto LCA+ version 10.0 software with Eco-invent version 3.6 database were also used. The results indicate that, the Altern Scenario has lower impacts for all impact categories, compared to the Base Scenario, even though the Altern Scenario replenishes a higher material thickness on each re-paving process. This is because the service life considered is five times longer in the Altern Scenario or that in the Base Scenario, because in the latter the presence of cracks remains because only 7 cm are replaced, which causes the resurgence of these cracks. Therefore, it is necessary to repeat the Base Scenario process 10 times during the 30-year analysis period. Sensitivity analysis shows that, in both systems, material reuse significantly reduces environmental impacts in all categories (up to 14% in the water depletion category, because water is necessary in the process of extracting, processing, and manufacturing the material used as a thick aggregate). Of all the life cycle stages of the two paving systems analyzed, the stage of extraction and processing of raw materials, generates the greatest impacts due to the high demand for aggregates and asphalt cement required to meet the volume of pavement required throughout the 30 years. From the above, the need to change the system of conservation of the roads of Mexico City is identified, this by methods that guarantee a longer service life and favor sustainability, modifying the construction procedures to recycle existing pavement materials and promoting a circular economy.

Keywords: Life Cycle Analysis, Sustainability, Circular Economy, Mexico City, Pavements, Maintenance.

RESUMO

As ruas e estradas primárias constituem infraestrutura fundamental para o desenvolvimento socioeconômico das cidades. Por essa razão, é impudente mantê-los em uma condição adequada que garanta uma mobilidade eficiente, buscando gerar os mínimos impactos ambientais possíveis. Nesse sentido, as atividades de manutenção e reabilitação de estradas devem garantir sua eficiência e contribuir para a sustentabilidade ao mesmo

tempo. Na Cidade do México (CDMX) existem mais de 25 mil ruas e estradas, por onde circulam diariamente mais de 6 milhões de veículos, por isso é necessário estabelecer programas ambientalmente eficientes para a conservação de estradas, que permitam ao CDMX abordar um modelo de cidade sustentável. Atualmente, o tratamento de conservação do pavimento utilizado no CDMX (Cenário Base) consiste em fresagem parcial do pavimento de uma repavimentação que reabilita os 7 centímetros mais superficiais da pasta asfáltica, quando possui uma profundidade total de 15 centímetros. Este método não tem sido eficiente, pois rachaduras e deterioração profunda dentro do pavimento fazem com que as rachaduras sejam refletidas na superfície de rolamento ao longo de três anos. Por essa razão, propõe-se um tratamento alternativo de preservação (Cenário Alternativo), consistindo na fresagem total do pavimento de uma repavimentação, substituindo os 15 centímetros em sua totalidade e, assim, proporcionando uma vida útil mais longa, que deverá ser de 15 anos, mantendo as mesmas propriedades da pista, de modo que isso não implica uma diferença nas características de rolamento dos veículos (estágio de uso). Por isso, o objetivo deste trabalho é avaliar os impactos ambientais dos dois sistemas de conservação do pavimento, utilizando a Análise do Ciclo de Vida. A Unidade Funcional deste trabalho é de 1 quilômetro de pista (km-pista), com largura de três metros e meio, e um prazo de 30 anos de serviço em condições ideais. O Inventário do Ciclo de Vida foi construído prospectivamente, utilizando referências bibliográficas e com o apoio do Consórcio de Análise do Ciclo de Vida da Infraestrutura de Transporte (CAIT) do Instituto de Engenharia da UNAM. Para ambos, foi realizada uma análise de sensibilidade que consistia em considerar o reaproveitamento do concreto asfáltico recuperado, como insumo em tratamentos de preservação subsequentes, substituindo assim 20% dos agregados espessos na mistura asfáltica. A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida modelou as seguintes categorias de impacto: esgotamento da água, eutrofização da água doce, toxicidade humana, esgotamento de combustíveis fósseis, formação fotoquímica de oxidantes, acidificação terrestre e mudanças climáticas. O método utilizado foi o reCiPe 2008 midpoint (H), versão 1.13 e, Umberto LCA+ versão 10.0 software com base de dados Ecoinvent versão 3.6. Os resultados indicam que, o Cenário Alternativo tem impactos menores para todas as categorias de impacto, em comparação com o Cenário Base, embora o Cenário Alternativo reponha uma espessura material maior em cada processo de re-pavimentação. Isso porque a vida útil considerada é cinco vezes maior no Cenário altern ou no Cenário Base, pois neste último a presença de rachaduras permanece porque apenas 7 cm são substituídos, o que causa o ressurgimento dessas rachaduras. Portanto, é necessário repetir o processo de Cenário Base 10 vezes durante o período de análise de 30 anos. A análise de sensibilidade mostra que, em ambos os sistemas, o reaproveitamento de materiais reduz significativamente os impactos ambientais em todas as categorias (até 14% na categoria esgotamento da água, pois a água é necessária no processo de extração, processamento e fabricação do material utilizado como agregado espesso). De todas as etapas do ciclo de vida dos dois sistemas de pavimentação analisados, a etapa de extração e processamento de matérias-primas, gera os maiores impactos devido à alta demanda por agregados e cimento asfáltico necessário para atender ao volume de pavimento necessário ao longo dos 30 anos. A partir disso, identifica-se a necessidade de mudar o sistema de conservação das estradas da Cidade do México, isso por meio de métodos que garantam uma vida útil mais longa e favoreçam a sustentabilidade, modificando os procedimentos de construção para reciclar materiais de pavimento existentes e promovendo uma economia circular.

Palavras-chave: Análise do Ciclo de Vida, Sustentabilidade, Economia Circular, Cidade do México, Pavimentos, Manutenção.

BRECHAS PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO DE EDIFICACIONES EN TODO SU CICLO DE VIDA

BRECHAS PARA CUANTIFICAR LA PEGADA DE CARBONO DE EDIFICIOS EN TODO O SU CICLO DE VIDA

CHALLENGES TO QUANTIFY THE LIFE CYCLE CARBON FOOTPRINT OF BUILDINGS IN CHILE

Pia Wiche ^{*1}, Bárbara Rodríguez Droguett ², Danilo Granato ¹

¹ EcoEd, Libertad 269, Of. 904, Viña del Mar, Chile. pia@ecoed.cl, danilo@ecoed.cl

² Ministerio de Energía, Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago, Chile. brodriguez@minenergia.cl

RESUMEN

El ciclo de vida de edificaciones residenciales y comerciales es responsable por el 17,5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, más que todo el sector de transporte, que aporta el 15,9% (World Resources Institute 2020). Por lo tanto, el buen manejo del carbono emitido por la industria de la edificación en todo su ciclo de vida es vital para lograr las metas de carbono fijadas en el Acuerdo de París.

La cuantificación nacional de la huella de carbono en todo el ciclo de vida de las edificaciones necesita tres partes clave: metodologías estandarizadas para el levantamiento de datos, sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV) y calculadoras de huella de carbono de edificaciones.

Este estudio hace un análisis del estado del arte nacional e internacional e identifica las brechas existentes para la implementación exitosa de cada una de estas tres partes en Chile. Se consideran aplicaciones a nivel de producto (ej.: cemento, acero), industria (ej.: gremios y constructoras) y sector público (ej.: ministerios y agencias del gobierno).

Se analizan más de 20 sistemas de certificación, metodologías y bases de datos y 30 calculadoras de huella de carbono para el sector construcción. Esta información se sistematiza en una matriz que muestra el alcance de cada elemento analizado en las etapas del ciclo de vida de una construcción según norma ISO 21930:2017 (Rodríguez et al. 2019). Con esta información se define una situación ideal para el país.

Esta información se compara con un análisis cualitativo del estado actual de la industria en Chile. Esto permite comprender las brechas que existen en el país para crear un sistema nacional de medición de huella de carbono en el ciclo de vida de las edificaciones.

Antes de comenzar, se debe decidir el uso de los datos

En primer lugar, se identifica una decisión crítica con respecto al uso de los resultados de la huella de carbono: Por un lado, está orientar el diseño de una edificación con menor intensidad de carbono; por el otro está certificar el desempeño de la edificación.

Los distintos usos que se darán a los resultados impactan los procedimientos de levantamiento de datos, ya que cada uno de estos objetivos requiere datos de distinta calidad y procedencia. Mientras datos secundarios son útiles para direccionar el diseño, para lograr una certificación es necesario contar con datos primarios, a veces recurrentes en el tiempo (ej.: uso de energía). Esto impacta en los costos y complejidad del cálculo de la huella de carbono.

El tipo de uso afecta de forma similar a las calculadoras. Su nivel de precisión y las fuentes de datos varían si es usada para tomar decisiones rápidas en la etapa de diseño o usada para lograr una certificación, como LEED.

La principal complejidad del MRV es generar un sistema de datos que acomode las necesidades de calidad y cantidad de información de los distintos usuarios (productores, constructores y ministerios), manteniendo la comparabilidad y trazabilidad, pero sin vulnerar la privacidad de la información.

Se observa que, en construcción, la mayoría de los sistemas actuales están enfocados en medir, reportar y verificar la calidad de la edificación, y solo algunos informan sobre sus impactos ambientales. Estos MRV de la construcción se han enfocado en la gestión de la energía durante la fase de operación, y deben ser adaptados para considerar todas las actividades que aportan al cambio climático, incluyendo el uso de materiales (carbono incorporado).

Estado de la industria nacional para el cálculo de huellas de carbono

Chile tiene una buena fundación para impulsar el cálculo de huellas de carbono en el ciclo de vida completo de la construcción. El país cuenta con los estándares de base (i.e. ISO 21930), reglas por categoría de productos y algunas declaraciones ambientales de producto, algunas fuentes de datos primarias y secundarias, factores de emisión oficiales y modelos de impacto para calcular la huella de carbono.

También cuenta con sistemas informáticos para facilitar el reporte y, potencialmente, la verificación de la Huella de Carbono de la edificación, como el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Esta plataforma incluye una calculadora y un sistema de revisión para huellas de carbono corporativas (Huella Chile).

Por otro lado, son varios los desafíos y brechas identificadas para implementar un sistema de gestión de la huella de carbono de la edificación en Chile, entre las que están:

- La multiplicidad de actores que están involucrados con las diferentes etapas del ciclo de vida de una edificación;
- Estandarizar las definiciones en la industria, para facilitar la construcción de sistemas informáticos de apoyo al cálculo de la huella;
- Digitalizar la industria de la construcción, especialmente en el diseño, utilizando software y herramientas de amplia aceptación y que puedan ser integradas a sistemas informáticos ya en uso;
- Generar datos locales del ciclo de vida de los materiales de construcción y generar sistemas para levantar datos precisos de la fase de obra;
- Estandarizar un formato de reporte, lo que necesariamente pasa por estandarizar unidades funcionales para diversos tipos de edificaciones;
- Motivar a los diferentes actores de la industria a integrar estas nuevas prácticas y tecnologías en la etapa de diseño y operación;
- Crear capacidades para asegurar la calidad de los cálculos y de la verificación de la huella de carbono;
- Asegurar un modelo económico y de gestión que permita actualizar y perfeccionar el sistema MRV y la calculadora.

Chile cuenta con metodologías para el cálculo de huella de carbono en el ciclo de vida completo de las edificaciones. Sin embargo, su aplicación se hace casi imposible debido a la falta de estandarización de la industria con respecto a la nomenclatura de los materiales y obras y debido a la poca digitalización en la industria.

El país cuenta con sistemas de datos que podrían facilitar la construcción de un sistema MRV para la industria, pero estos sistemas deben ser ajustados para que sean coherentes, comparables y abarquen todo el ciclo de vida de la edificación. Adicionalmente se debe fomentar la colaboración de los distintos actores para adoptar estos sistemas y tomar decisiones que disminuyan la huella de carbono de la edificación.

Palabras clave: Construcción, huella de carbono, ciclo de vida.

RESUMO

O ciclo de vida dos edifícios residenciais e comerciais é responsável pelo 17.5% das emissões mundiais de gases do efeito estufa (GEE), mais do que todo o setor do transporte, que aporta 15.9% (World Resources Institute 2020). Por tanto, a boa gestão do carbono emitido pela construção e operação dos edifícios é vital para alcançar as metas de carbono fixadas no Acordo de Paris.

A quantificação nacional da pegada de carbono em todo o ciclo de vida dos edifícios precisa de três partes chave: metodologias padronizadas para a coleta de dados, sistemas de Mensuração, Relato e Verificação (MRV) e calculadores de pegada de carbono de edifícios.

Este estudo faz uma análise do estado da arte nacional e internacional e identifica as brechas existentes para a implementação bem-sucedida de cada uma de estas partes. Se consideram aplicações ao nível de produto (ex.: cimento, aço), indústria (ex.: grêmios e construtoras) e setor público (ex.: ministérios e agencias do governo).

Se analisam mais de 20 sistemas de certificação, metodologias e bases de dados, e 30 calculadoras de pegada de carbono para o setor da construção. Essa informação se sistematiza numa matriz que mostra o alcance de cada elemento analisado nas etapas do ciclo de vida de uma construção de acordo à norma ISO 21930:2017 (Rodríguez et al. 2019). Com esta informação se define uma situação ideal para o país.

Essa informação é comparada com uma análise qualitativa do estado atual da indústria no Chile. Isso permite entender as brechas que existem no país para criar um sistema nacional de medição da pegada de carbono no ciclo de vida dos edifícios.

Antes de começar, se deve decidir o uso dos dados

Em primeiro lugar, se identifica uma decisão crítica com respeito ao uso dos resultados da pegada de carbono: por um lado, está orientar o desenho de um edifício com menor intensidade de carbono; pelo outro lado está certificar o desempenho do edifício.

Os distintos usos dos resultados impactam os procedimentos de coleta de dados, já que cada um desses objetivos requer dados de diferentes qualidades e procedência. Enquanto dados secundários são úteis para direcionar o desenho, para conseguir uma certificação é necessário contar com dados primários, às vezes recorrentes no tempo (ex.: uso de energia). Isso impacta nos custos e complexidade do cálculo da pegada de carbono.

O tipo de uso afeta as calculadoras de forma parecida. O nível de precisão e a fonte de dados variam se uma calculadora usada para tomar decisões rápidas na etapa de desenho ou usada para conseguir uma certificação como LEED.

A principal complexidade do MRV é gerar um sistema de dados que acomode as necessidades de qualidade e quantidade de informação dos diferentes usuários (produtores, construtoras e ministérios), mantendo a comparabilidade e rastreabilidade, sem infringir a privacidade da informação.

Se observa que, na indústria da construção, a maioria dos sistemas atuais se focam em medir, relatar e verificar a qualidade do edifício. Só alguns sistemas MRV informam sobre os impactos ambientais. Esses sistemas têm o foco na gestão da energia durante a etapa de operação e devem ser adaptados para considerar todas as atividades que aportam à mudança climática, incluindo o uso de materiais (carbono incorporado).

Estado da indústria nacional para o cálculo de pegadas de carbono

Chile tem uma boa fundação para impulsionar o cálculo de pegadas de carbono no ciclo de vida completo da construção. O país conta com os estândares de base (i.e., ISSO 21930), regras por categoria de produtos e algumas declarações ambientais de produtos, algumas fontes de dados primárias y secundárias, fatores de emissão oficiais e modelos de impacto para calcular a pegada de carbono.

Também conta com sistemas informáticos para facilitar o relato e, potencialmente, a verificação de pegada de carbono de edifícios, como o Registro de Emissões e Transferência de Contaminantes (RETC). Essa plataforma inclui uma calculadora y um sistema de revisão para pegadas de carbono corporativa (Huella Chile).

Por outro lado, existem vários desafios e brechas identificadas para implementar um sistema de gestão da pegada de carbono de edifícios no Chile:

- A multiplicidade de atores envolvidos nas diferentes etapas do ciclo de vida de um edifício;
- Padronizar as definições na indústria para facilitar a construção de sistemas informáticos de apoio ao cálculo da pegada de carbono;
- Digitalizar a indústria da construção, especialmente na fase de desenho, usando software e ferramentas de ampla aceitação e que possam ser integradas a sistemas informáticos já em uso;
- Gerar dados locais de ciclo de vida dos materiais de construção e criar sistemas para coletar dados precisos na fase da obra;
- Padronizar um formato de relatório, o que necessariamente passa por padronizar unidades funcionais para diferentes tipos de edifícios;
- Motivar aos distintos atores da indústria a integrar estas novas práticas e tecnologias na etapa de desenho e operação;
- Criar capacidades para garantir a qualidade dos cálculos e da verificação da pegada de carbono;
- Assegurar um modelo económico y de gestão que permita atualizar y melhorar o sistema MRV e a calculadora.

Chile conta com metodologias para calcular a pegada de carbono no ciclo de vida completo das edificações. Entretanto, sua implementação é muito difícil devido à falta de padrões da indústria com respeito à nomenclatura dos materiais e obras e devido à pouca digitalização da indústria.

O país conta com sistemas de dados que podem facilitar a construção de um sistema MRV para a indústria, mas esses sistemas devem ser ajustados para que sejam consistentes, comparáveis e abarquem todo o ciclo de vida do edifício. Adicionalmente, se deve fomentar a colaboração dos diferentes atores para adotar esses sistemas e tomar decisões que diminuam a pegada de carbono do edifício.

Palavras-chave: Construção, pegada de carbono, ciclo de vida.

ABSTRACT

The whole life cycle of commercial and residential buildings is responsible for 17.5% of the global greenhouse gas (GHG) emissions. This is higher than the whole transport industry which is responsible for 15.9% (World Resources Institute 2020). Therefore, to reach the Paris Agreement targets, it is vital to manage the GHG coming from the construction and operation of buildings.

To quantify the life cycle carbon footprint of buildings for a country, it is necessary three key components: standardized methodologies for data collection, systems for Measurement, Reporting and Verification (MRV) and building carbon footprint calculators.

This study analyzes the national and international state of the art and identifies the existing gaps to successfully implement each one of these components in Chile. Applications are considered at the product (e.g., cement, steel), industry (e.g., associations, constructing companies) and public sector levels (e.g., ministries and government agencies).

This study analyzes more than 20 certification systems, methodologies and databases, as well as 30 carbon footprint calculators for the construction sector. This information is systematized in a matrix showing which life cycle stages (according to ISO 21930:2017) are in the scope of each analyzed element (Rodríguez et al. 2019). With this information an ideal scenario for the country is defined.

This information is compared with a qualitative analysis of the current state of the industry in Chile. This allows to identify the existing gaps in the country to implement a national system for measuring the life cycle carbon footprint of buildings.

It all depends on the final use of the data

The first finding is that there's a critical decision on how the carbon footprint data will be used. On one hand there's guiding the design for low carbon intensity. On the other hand, there's certifying the environmental performance of a building.

These distinct uses impact the data collection procedure, given that each objective requires data of different quality and provenance. Secondary data are useful to guide the design, but to obtain a certification it is necessary to use primary data, sometimes even recurrent (e.g., energy usage). This impacts the costs and complexity of the carbon footprint calculations.

The type of usage affects calculators in a similar way. The precision level and data source vary if they are used for quick design decisions or used to get a certification, such a LEED.

Regarding MRV, the main complexity is to generate a data system that caters to the data quality and quantity required by the different users (manufacturers, constructors, ministries), being comparable and traceable while protecting data privacy.

It is observed that in the construction sector, the majority of MRV systems are focused on the building quality, with a few aimed at environmental impact. Still, the latter are mainly focused on the energy use during operation and must be adapted to consider all activities that emit GHG, including the use of materials (embodied carbon).

Current state of the Chilean building industry to calculate the carbon footprint

Chile has a good foundation to foster the carbon footprint calculation for the building life cycle. The country has adopted the base standards (i.e. ISO 21930), it has product category rules with a few environmental product declarations, as well as counting with some primary and secondary data sources, official emission factors and impact models to calculate the carbon footprint.

The country also has information systems that facilitates reporting and, potentially, verification of carbon footprints. One example is the Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) which contains a calculator and a system for corporate carbon footprint (Huella Chile).

On the other hand, there are many challenges and gaps to implement a management system for building carbon footprint in Chile:

- There are many actors involved with the different stages of the building life cycle.
- Standardize industry definitions to help the construction of informatic systems that helps carbon footprint calculations.
- Foster construction building digitization, especially at the design stage, using widely accepted software and tools that could be integrated to informatic systems already in use.
- Generate local data for the life cycle of building materials and generate systems to collect precise data during the building stage.

- Standardize a reporting format, which necessarily entails standardizing the functional units for the different types of buildings.
- Motivate different actor in the industry to integrate these new technologies during the design and construction phases.
- Foster capacity building to ensure calculation and verification quality.
- Ensure an economic and management model that allows to constantly update and improve the MRV system and the calculator.

Chile has well-adopted methodologies to calculate the carbon footprint in the building life cycle. However, their implementation is difficult due to the lack for material and building naming conventions and due to the little digitization of the industry.

The country has data systems that can ease the generation of an MRV system for the industry, but these systems must be adjusted so they are consistent, comparable and encompass all the life cycle. In addition, there must be collaboration among the industry actors to incorporate these systems and to make decisions that reduce the carbon footprint of the building.

Keywords: Building, carbon footprint, life cycle.

USE OF THE LIFE CYCLE ASSESSMENT TO EVALUATE THE IMPLEMENTED OF ALTERNATIVES IN THE TOURIST AREA OF VILLA CLARA

UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NA AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS IMPLEMENTADAS NA ZONA TURÍSTICA DE VILLA CLARA

USO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS IMPLEMENTADAS EN ZONA TURÍSTICA DE VILLA CLARA

Dr. C. Ronaldo Francisco Santos-Herrero^{1,*}, MSc. Teresa Margarita Cárdenas-Ferrer⁽¹⁾, Dr. C. Ana Margarita Contreras-Moya⁽¹⁾, Dr. C. Elena Rosa Domínguez⁽¹⁾, Nilka Ramos Méndez⁽¹⁾ Carla Regla Rodríguez-Marroqui⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Departamento Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba. Carretera a Camajuaní Km. 5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP: 54830. ronaldo@uclv.edu.cu; tcardenas@uclv.cu; anama@uclv.edu.cu; erosa@uclv.edu.cu. Teléfono +53 42222553

ABSTRAC

In coastal areas with tourist activity, the management of waste generated by human activity and natural phenomena, requires efficient management of waste. The tourist development of Villa Clara has involved the generation of waste that impacts on the environment. Those classified as solid urban waste, occupying an important and general form, they were deposited in landfill, without the due approval of the treatment of these. In the present work, the current waste management system generated in the north of Villa Clara, Cuba, using the SimaPro 8,2 software to evaluated 11 impact categories and three of danger. The result were compared after the alternatives evaluated and recommended to mitigate the impact to the environment, due to the inadequate disposal of waste in the study zone. The results demonstrate the reduction of the pollutant load and the environmental impacts by the classification and reuse of materials in the built-up transfer plant and the reduction of waste disposed in the new landfill designed according to the rules of solid waste dumping in force in the Republic of Cuba. The life cycle analysis showed the reduction of environmental impacts while generating economic gains.

Keywords: Municipal Solid Waste, Environmental Impact and Economical Analysis.

RESUMO

Nas zonas costeiras com atividade turística, a gestão integral dos resíduos gerados pela atividade humana e dos fenômenos naturais, requer uma gestão eficiente dos resíduos. O desenvolvimento turístico de Villa Clara envolveu a geração de resíduos com impacto no meio ambiente. Entre estes, são classificados como resíduos sólidos urbanos, ocupando uma forma importante e geral, são depositados em vertedouros, sem a devida aprovação do tratamento dos mesmos. No presente trabalho, avaliou-se o atual sistema de gerenciamento de resíduos gerado na área turística ao norte de Villa Clara, Cuba, aplicando o software SimaPro 8,2 para o Análise do Ciclo de Vida onde foram avaliadas 11 categorias de impacto y três de danos. Os resultados foram comparados após as alternativas avaliadas e recomendadas para mitigar o impacto ao meio ambiente, devido à inadequada disposição de resíduos na área de estudo. Os resultados mostram a redução da carga de poluentes e os impactos ambientais pela classificação e reutilização de materiais na planta de transferência construído e a redução de resíduos dispostos no novo aterro projetado de acordo com os propósitos e padrões de disposição de resíduos sólidos, em vigor na República da Cuba. A análise do ciclo de vida demonstrou a redução dos impactos ambientais ao gerar ganhos econômicos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Municipais, Impacto Ambiental e Análise Econômica.

RESUMEN

En las zonas costeras con actividad turística, el manejo integral de los residuos generados por la actividad humana y los fenómenos naturales, requieren de un eficiente manejo en la gestión de los residuos. El desarrollo turístico de Villa Clara ha implicado la generación de residuos que impactan sobre el medio ambiente. Entre estos, los clasificados como residuos sólidos urbanos ocupan un por ciento importante y en forma general, eran depositados en vertederos, sin el debido aprovechamiento ni tratamiento de los mismos. En el presente trabajo se evaluó el actual sistema de gestión de los residuos generados en la zona turística del norte de Villa Clara, Cuba, aplicando el software SimaPro 8,2 para el Análisis de Ciclo de Vida donde se evaluaron 11 categorías de impacto y tres categorías de daño. Se comparan los resultados obtenidos, después de ejecutadas las alternativas evaluadas y recomendadas para mitigar el impacto al medio, por la inadecuada disposición de los residuos en la zona de estudio. Los resultados demuestran la reducción de la carga contaminante y de los impactos ambientales por la clasificación y reúso de materiales en la planta de transferencia construida y la disminución de residuos dispuestos en el nuevo vertedero diseñado según las normas de vertimientos de residuos sólidos vigente en la República de Cuba. El análisis del ciclo de vida demostró la disminución de los impactos ambientales a la vez que se generan ganancias económicas.

Palabras Clave: Residuos Sólidos Municipales, Impacto Ambiental e Análisis Económica.

ACV DEL SISTEMA DE AGUA DE LA CIUDAD DE MÉXICO: ANÁLISIS DE TRES ESCENARIOS HIPOTÉTICOS DE MEJORA AMBIENTAL

LCA OF THE MEXICO CITY WATER SYSTEM: ANALYSIS OF THREE HYPOTHETIC IMPROVEMENT ENVIRONMENTAL SCENARIOS

ACV DO SISTEMA HÍDRICO DA CIDADE DO MÉXICO: ANÁLISE DE TRÊS CENÁRIOS HIPOTÉTICOS DE MELHORIA AMBIENTAL

Maribel García Sánchez ¹, Leonor Patricia Güereca Hernández ²

^{1,2} Instituto de Ingeniería de la UNAM, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México. ¹MGarciaS@ingen.unam.mx, ²LGuerecaH@ingen.unam.mx

RESUMEN

El sistema de agua de la Ciudad de México es un ejemplo de la complejidad que implica alcanzar la gestión sostenible del agua en las megaciudades. Por ello, para establecer una ruta de transición se requiere del análisis de distintas condiciones de mejora del desempeño ambiental. El objetivo de este estudio es analizar tres escenarios hipotéticos de mejora ambiental comparados con un escenario base mediante el Análisis de Ciclo de Vida.

La unidad funcional es de 1 m³ de agua para consumo humano. El escenario base consideró condiciones del sistema delimitado por García y Güereca (2019), con diferencias en la etapa de uso, tratamiento de agua residual, reúso y vertido en cuerpo receptor. La etapa de uso integró el consumo de agua embotellada, el uso de tinacos y la compra de agua en camiones cisterna a nivel de hogar. Mientras que la etapa de tratamiento consideró el 36.6% de agua residual y el 63.4% de vertido en cuerpos receptores. Los escenarios de mejora comprenden la disminución del 20% de fugas en la red pública de agua potable, el aumento del 30% del tratamiento de agua residual con respecto al escenario base y la disminución del 28% del consumo de agua embotellada en los hogares.

Los datos de inventario para el escenario base se obtuvieron del trabajo previo realizado por García y Güereca (2019), complementados con datos de encuestas telefónicas (realizadas por los autores en el año 2019) sobre el acceso al agua potable. Los datos para la evaluación de escenarios de mejora se obtuvieron de reportes del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) del año 2018 y 2019, así como de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) del año 2017 y 2019. Respecto al método de evaluación utilizado, se seleccionó ReCiPe V1.12 de punto medio (Huijbregts et al., 2017) y ocho categorías de impacto, así como el *software* SIMAPRO versión 9.1. Dicho método permite dar continuidad al análisis previo de García y Güereca (2019) con las modificaciones del sistema antes mencionadas.

Los resultados preliminares muestran los impactos ambientales del escenario base. La etapa de transporte tiene la mayor cantidad de impactos ambientales en seis de ocho categorías, principalmente por el consumo de energía eléctrica del sistema de bombeo del Cutzamala. La energía eléctrica generada en México proviene en un 78.9% de combustibles fósiles y 21.1% de energías limpias (PRODESEN, 2018). Por tanto, estos impactos ambientales se relacionan con el uso de combustibles fósiles. Esto genera 54% de impactos en cambio climático (debidos a las emisiones de CO₂ emitidas a la atmósfera), 67% en acidificación terrestre debido al alto contenido de sulfuro en el combustóleo y 64% en ecotoxicidad terrestre debido a la emisión de metales pesados en las plantas termoeléctricas (Santoyo y Castelazo, 2011).

La siguiente etapa en altos impactos ambientales es el vertido en cuerpo receptor, principalmente en tres categorías: eutrofización de agua dulce (66%) debido al exceso en nutrientes de las aguas residuales como el fósforo y el nitrógeno; ecotoxicidad de cuerpos de agua (42%) y toxicidad humana con efectos no carcinogénicos (34%) ocasionados por el contenido de metales pesados de las aguas residuales.

Por otro lado, el tratamiento de agua residual tuvo los mayores impactos evitados en toxicidad humana no carcinogénica (-35%), eutrofización de agua dulce (-19%) y ecotoxicidad de cuerpos de agua (-11%). Estos impactos evitados representan el tratamiento de agua residual de la planta Atotonilco ubicada fuera de la ciudad (Estado de Hidalgo) y cuya operación inició en 2017.

Se concluye que el inicio de las operaciones de la planta de tratamiento Atotonilco, redujo los impactos del escenario base. Por lo tanto, la combinación de escenarios con la disminución de fugas, del consumo de agua

embotellada y el aumento de tratamiento de agua residual, se espera tenga el mejor desempeño ambiental para transitar hacia la sostenibilidad del sistema de agua.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, sistema de agua urbana, Ciudad de México, escenario base, escenarios de mejora.

ABSTRACT

Mexico City's water system is an example of the complexity of achieving sustainable water management in megacities. Therefore, establishing a path transition requires the analysis of different conditions for improving environmental performance. The objective of this study is to analyze three hypothetical environment scenarios compared with a baseline scenario. Life Cycle Assessment was the methodology used. The functional unit is 1 m³ of water for human consumption. The baseline scenario considered conditions of the system delimited by García and Güereca (2019) with differences in the following stages: use, wastewater treatment, reuse and, discharge into the receiving body. In the use stage, bottled water consumption, private water tanks and tanker water purchasing at a household level considered. While in the wastewater treatment stage, 36.6% of wastewater and 63.4% of discharge into receiving bodies. Improvement scenario conditions include a 20% reduction of leakages, a 30% increase in wastewater treatment and a 28% decrease in bottled water consumption.

Data inventory sources for baseline scenario were obtained from previous work (García y Güereca, 2019), complemented telephone survey data (conducted by the authors in 2019) about potable water access. While the data sources for the hypothetical scenarios were from Water System of Mexico City (SACMEX) reports in the years 2018 and 2019, as well as from the National Water Commission (CONAGUA) in the years 2017 and 2019. With the purpose to continue a previous work (García y Güereca, 2019), the ReCiPe V1.12 midpoint level (Huijbregts et al., 2017) was the method chosen for impact assessment and eight impact categories, as well as SIMAPRO version 9.1 software.

Preliminary results show the environmental impacts of the baseline scenario. The transport stage had the highest environmental impacts in six out of eight categories. For example, in climate change (54%), terrestrial acidification (67%) and, terrestrial ecotoxicity (64%). Mainly due to the electrical power consumption of the Cutzamala pumping system. These environmental impacts also depend on the electricity production mix (Santoyo and Castelazo, 2011). The electricity consumed in Mexico was produced from 78.9% fossil fuels and 21.1% clean energy (PRODESEN, 2018).

Another stage with the highest environmental impacts was the discharge into the receiving body. Mainly in three categories: freshwater eutrophication (66%), freshwater ecotoxicity (42%), and human toxicity non-carcinogenic effects (34%). Furthermore, the wastewater treatment stage had the highest avoided environmental impacts. More specifically, in human carcinogenic toxicity (-35%), freshwater eutrophication (-19%), and ecotoxicity of water bodies (-11%). These avoided impacts represent the wastewater treatment of the Atotonilco plant located outside the city (Hidalgo State) and whose operation began in 2017.

In conclusion, the start of the Atotonilco wastewater treatment plant operation reduced the baseline scenario environmental impacts. Therefore, the combination with the leakage and the bottled water consumption reduction could be the best environmental performance option for moving towards sustainability of the water system in Mexico City.

Keywords: Life Cycle Analysis, urban water system, Mexico City, baseline scenario, improvement scenarios.

RESUMO

O sistema hídrico da Cidade do México é um exemplo da complexidade envolvida em alcançar a gerenciamiento sustentável da água em megacidades. Portanto, estabelecer uma rota de transição requer a análise de diferentes condições para a melhoria do desempenho ambiental. O objetivo deste estudo é analisar três cenários hipotéticos de melhoria ambiental em comparação com um cenário de linha de base usando a Avaliação do Ciclo de Vida.

A unidade funcional é 1 m³ de água para consumo humano. O cenário de linha de base considerou as condições do sistema definido por García e Güereca (2019), com diferenças na etapa de uso, tratamento e reuso das águas residuais, bem como o lançamento no corpo receptor. A etapa de uso considera o consumo de água engarrafada, o uso de caixas d'água e a compra de água potável em caminhões-pipa. Enquanto a etapa de tratamento considera 36,6% de água residual e 63,4% de descarga em corpos receptores. Os cenários de melhoria incluem a redução de 20% nos vazamentos na rede de distribuição de água potável, o aumento de 30% do tratamento de água residual e a diminuição de 28% do consumo de água engarrafada.

Os dados do inventário para o cenário de linha de base foram obtidos de trabalhos anteriores realizados por García e Güereca (2019), complementados com dados de pesquisas telefônicas (realizadas pelos autores em 2019) sobre o acesso à água potável. Os dados para a avaliação de cenários de melhoria foram obtidos a partir de relatórios do Sistema Hídrico da Cidade do México (SACMEX) para 2018 e 2019, bem como da Comissão Nacional de Águas (CONAGUA) para 2017 e 2019. Em relação ao método de avaliação utilizado, o ReCiPe V1.12 *midpoint* foi selecionado (Huijbregts et al., 2017) e oito categorias de impacto, assim como o *software* SIMAPRO versão 9.1. Este método permite dar continuidade à análise anterior de García e Güereca (2019) com as modificações do sistema acima mencionadas.

Os resultados preliminares mostram os impactos ambientais do cenário de linha de base. A etapa de transporte apresenta o maior número de impactos ambientais em seis das oito categorias, principalmente devido ao consumo de energia elétrica do sistema de bombeamento de Cutzamala. A energia elétrica gerada no México vem 78,9% de combustíveis fósseis e 21,1% de energia limpa (PRODESEN, 2018). Portanto, esses impactos ambientais estão relacionados ao uso de combustíveis fósseis.

Outra etapa de maior impacto ambiental foi o lançamento no corpo receptor. Principalmente em três categorias: eutrofização de água doce (66%), ecotoxicidade de água doce (42%) e efeitos não cancerígenos de toxicidade humana (34%). Além disso, a etapa de tratamento teve os maiores impactos ambientais evitados. Mais especificamente, na toxicidade carcinogênica humana (-35%), eutrofização de água doce (-19%) e ecotoxicidade de água doce (-11%). Esses impactos evitados representam o tratamento da planta Atotonilco localizada fora da cidade (Estado de Hidalgo) e cuja operação teve início em 2017.

Em conclusão, o início da operação da estação de tratamento de águas residuais Atotonilco reduziu os impactos ambientais do cenário de linha de base. Portanto, a combinação com o vazamento e a redução do consumo de água engarrafada pode ser a melhor opção de desempenho ambiental para caminhar em direção à sustentabilidade do sistema de água na Cidade do México.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida, sistema de água urbana, Cidade do México, cenário base, cenários de melhoria.

ECONOMIA CIRCULAR E ACV DE EDIFÍCIOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

CIRCULAR ECONOMY AND BUILDINGS LCA: A SYSTEMATIC REVIEW

ECONOMÍA CIRCULAR Y ACV DE EDIFICIOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Brenner, Bruna L. ¹; Timm, Janaine F. G. ^{1*}; Passuello, Ana ¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre, Brasil. brunaabrenner@gmail.com, janainetimm@hotmail.com, ana.passuello@ufrgs.br

RESUMO

A indústria da construção civil consome elevadas quantidades de recursos naturais, além de gerar grande volume de resíduos, graças ao modelo econômico linear predominantemente adotado, onde os materiais são extraídos, processados, utilizados na construção do edifício e, após a finalização da vida útil, são totalmente descartados. Tal dinâmica está atrelada ao conceito de uso único do edifício e seus componentes, desconsiderando a possibilidade de reuso ou reciclagem de suas partes constituintes. Frente aos impactos e à insustentabilidade deste modelo, nas últimas décadas vem ocorrendo, na indústria como um todo, uma mudança de paradigma que propõe a adoção de um modelo de Economia Circular (EC). Este modelo visa reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos.

A implantação deste modelo é um grande desafio para a indústria da construção civil – edificações contam com longo ciclo de vida, são compostas por inúmeras partes e sistemas, entre outros. Um aspecto a destacar está relacionado à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) dos edifícios, apontada como uma das técnicas de avaliação ambiental mais recomendadas para mensurar a circularidade. A EC enfatiza a necessidade de repensar a forma de considerar e alocar alguns destes impactos, já que certas partes constituintes do edifício possuirão múltiplos ciclos de utilização. Por esta ótica, o projeto do edifício pode incorporar princípios do Ecodesign podendo atuar como um banco de materiais a serem reutilizados após o fim de sua vida útil.

Ademais, existem lacunas relativas ao emprego de práticas da EC no *retrofit* de edificações e cidades, bem como tais ações podem ser moldadas pela ACV dinâmica ao considerar cenários de avanços tecnológicos e na composição da matriz energética de cada contexto. O volume de pesquisas neste sentido está em constante crescimento nos últimos anos, mas permanece reduzido para que seja possível conhecer os potenciais benefícios ambientais deste modelo, em se tratando de edificações. Ainda não há também um método consistente para caracterização e quantificação destes benefícios e em que módulo do ciclo de vida dos edifícios estes poderão ser considerados.

Desta forma, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura buscando pesquisas recentes que discutam a ACV dos edifícios dentro da proposta de EC. Para alcançar este objetivo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica na plataforma Scopus entre os anos 2000 e setembro de 2020. A pesquisa visa identificar temas em discussão, modelagens e cenários de ACV, emprego da ACV dinâmica, bem como lacunas de pesquisa relacionadas à temática.

A busca resultou em 54 artigos. Após a eliminação de repetições e trabalhos desalinhados ao estudo, foram analisados 40 trabalhos - 22 artigos de periódicos e 18 de conferências e eventos. O número de publicações tem maior crescimento a partir de 2018 e a Itália se destaca como o país com o maior número de publicações (11 artigos). Os temas abordados nas publicações são a incorporação de resíduos (19 artigos), projeto para desmontagem (16 artigos), reciclagem (3 artigos), reutilização (3 artigos), remanufatura (1 artigo) e relatórios de projetos maiores em desenvolvimento (5 artigos). Dentre os veículos de publicação há destaque para *Sustainability (Switzerland)* com 7 artigos e a *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* com 15 artigos. Nas técnicas de avaliação da aplicação da EC identifica-se: 23 artigos aplicam a ACV, outros 14 artigos a citam e 1 artigo realiza uma ACV dinâmica; 1 artigo aplica o Custo do Ciclo de Vida e outros 3 artigos o citam; e 2 artigos realizam uma Análise dos Fluxos Materiais (AFM).

Nos estudos que aplicam a ACV há predomínio da abordagem do berço ao túmulo (8 artigos), seguida pela análise do berço ao portão (5 artigos), análise somente do fim de vida (5 artigos) e do berço ao berço (2 artigos). Dentre os estudos que comunicam a escolha da modelagem prevalece a abordagem *cut-off* (6 artigos), seguida da expansão do sistema (04 artigos) e consequencial (1 artigo). A base de dados mais utilizada nos estudos de

ACV é a Ecoinvent (15 artigos), seguida pela GaBi (3 artigos), Ökobaudat (3 artigos) e EPDs (3 artigos). Os softwares mais empregados são SimaPro (8 artigos), OpenLCA (3 artigos), e Revit com o Tally (02 artigos).

Os resultados apontam que a introdução de práticas de EC na construção civil tem o potencial de auxiliar na redução dos seus impactos. Frente a isso, são necessários mais estudos que investiguem o alinhamento entre a EC e o ambiente construído. Além disso, a utilização da ACV para mensurar os resultados e benefícios da EC requer estudos que abordem mais fases do ciclo de vida, preferencialmente todo o ciclo de vida da edificação, auxiliando nos processos de tomada de decisão visando menores impactos ambientais e maior circularidade dos insumos.

Palavras-chave: Economia Circular, ACV de edifícios, indústria da construção civil.

ABSTRACT

The construction industry consumes high amounts of natural resources and generates a large amounts of residues, thanks to the predominantly adopted linear economic model, where the materials are extracted, processed, applied in the building construction and, discarded when building service life is reached. Such dynamics are linked to the building's single-use concept and its components, disregarding the possibility of reuse or recycling of its constituent parts. Faced with the impacts and unsustainability of this model, in the last decades, there has been a paradigm shift in the industry as a whole that proposes the adoption of a Circular Economy (CE) model. This model aims to reduce natural resource consumption and waste generation.

This model implementation is a major challenge for the construction industry because buildings have a long-life cycle, are composed of numerous parts and systems, among others. One aspect to highlight is related to the building's Life Cycle Assessment (LCA), one of the most recommended environmental assessment techniques to measure circularity. The CE highlights the need to rethink how to consider and allocate some of these impacts since certain constituent building's materials will have multiple cycles of use. From this perspective, the building design can incorporate ecodesign principles and can act as a bank of materials to be reused after the end of its useful life.

In addition, there are gaps regarding the use of CE practices in the buildings and cities retrofit, as well as such actions can be shaped by the dynamic LCA when considering improvements in technological scenarios and the energy matrix composition in each context. Researches in this regard have been constantly growing in recent years but remain insufficient to measure the potential environmental benefits of this model in buildings. Also, there is no consistent method for characterizing and quantifying those benefits as well as indicate in which building's stage can these benefits be considered.

Thus, this study aims to conduct a systematic literature review seeking recent researches that discuss building's LCA within the proposal of EC. To achieve this objective, a search was carried out on the Scopus platform between the January of 2000 and September of 2020. The research aims to identify topics under discussion, LCA modelling and scenarios, the use of dynamic LCA, as well as research gaps related to the theme.

The search resulted in 54 articles. After eliminating repetitions and researches not aligned with the study, 40 papers are analysed - 22 journal articles and 18 conference articles. The publications have increased the most since 2018 and Italy stands out as the country presenting the highest publications amount (11 articles). The topics covered in the publications are waste incorporation (19 articles), design for disassembly (16 articles), recycling (3 articles), reuse (3 articles), remanufacturing (1 article), and projects reports (5 articles). Among the publication vehicles, Sustainability (Switzerland) with 7 articles and the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science with 15 articles are highlighted. In the techniques for evaluating the CE application, we identified that: 23 articles apply LCA, another 14 articles cite LCA and 1 article performs dynamic LCA; 1 article applies the Life Cycle Cost and another 3 articles mention it; 2 articles perform Material Flows Analysis (MFA).

In studies that apply LCA there is a cradle-to-grave studies predominance (8 articles), followed by the cradle-to-gate analysis (5 articles), end of life analysis (5 articles), and from the cradle to the cradle (2 articles). Among the studies that communicate the modelling choice, the cut-off approach (6 articles) prevails, followed by system expansion (04 articles) and consequential (1 article). The most used database in LCA studies is Ecoinvent (15 articles), followed by GaBi (3 articles), Ökobaudat (3 articles), and EPDs (3 articles). The most used software tools are SimaPro (8 articles), OpenLCA (3 articles), and Revit with Tally (02 articles).

The results show that the CE practices introduction in civil construction has the potential to help reducing its environmental impacts. Because of this, further studies are needed to investigate the alignment between CE and the built environment. In addition, the LCA use to measure CE results and benefits requires studies that address more life cycle stages, preferably the whole building life cycle, assisting in decision-making processes aiming at lower environmental impacts and greater circularity of inputs.

Keywords: Circular Economy, buildings LCA, construction industry.

RESUMEN

La industria de la construcción consume grandes cantidades de recursos naturales, además de generar un gran volumen de residuos. Parte de esto se debe al modelo económico lineal predominantemente adoptado, donde los materiales se extraen, procesan, utilizan en la construcción del edificio y, una vez finalizada su vida útil, son totalmente descartados. Dicha dinámica está conectada al concepto de uso único del edificio y sus componentes, sin tener en cuenta la posibilidad de reutilización o reciclaje de sus partes constituyentes. Ante los impactos y la insostenibilidad de este modelo, en las últimas décadas se ha producido un cambio de paradigma en el conjunto de la industria que propone la adopción de un modelo de Economía Circular (EC). Este modelo tiene como objetivo reducir el consumo de recursos naturales y la generación de residuos.

La implementación de este modelo es un gran desafío para la industria de la construcción civil: los edificios tienen un ciclo de vida largo, están compuestos por numerosas partes y sistemas, entre otros. Entre ellos, un aspecto a destacar está relacionado con el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los edificios, señalada como una de las técnicas de evaluación ambiental más recomendadas para verificar la circularidad. La EC plantea la necesidad de repensar cómo considerar y asignar algunos de estos impactos, ya que ciertas partes constituyentes del edificio tendrán múltiples ciclos de uso. Desde esta perspectiva, el diseño del edificio puede incorporar principios de Eco diseño y puede actuar como un banco de materiales para ser reutilizados una vez finalizada su vida útil.

Además, existen brechas en cuanto al uso de prácticas de la EC en la rehabilitación de edificios y ciudades, así como tales acciones pueden ser moldeadas por el ACV dinámico al considerar escenarios de avances tecnológicos y en la composición de la matriz energética de cada contexto. El volumen de investigación en este sentido está en constante crecimiento en los últimos años, pero sigue siendo insuficiente para evaluar los potenciales beneficios medioambientales de este modelo, en el caso de las edificaciones. Aún no existe un método consistente para caracterizar y cuantificar estos beneficios o en qué módulos del ciclo de vida de los edificios se pueden considerar.

Así, este artículo tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura buscando investigaciones recientes que discutan el ACV de los edificios dentro de la propuesta de EC. Para lograr este objetivo, se realizó una búsqueda bibliográfica en la plataforma Scopus entre enero de 2000 y septiembre de 2020. La investigación tiene como objetivo identificar temas en discusión, modelado y escenarios de ACV, el uso de ACV dinámico, así como huecos de conocimiento relacionados con el tema.

La búsqueda resultó en 54 artículos. Después de eliminar las repeticiones y los trabajos no alineados con el estudio, se analizaron 40 trabajos, 22 artículos de revistas y 18 de congresos y eventos. El número de publicaciones ha aumentado desde 2018, e Italia destaca como el país con el mayor número de publicaciones (11 artículos). Los temas tratados en las publicaciones son la incorporación de residuos (19 artículos), diseño para desmontaje (16), reciclaje (3), reutilización (3), remanufactura (1) e informes de proyectos (5). Entre los vehículos de publicación, se destacan *Sustainability (Switzerland)* con 7 artículos y el *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* con 15. En las técnicas para evaluar la aplicación de la EC, se identifica: 23 artículos aplican ACV, otros 14 la citan y 1 artículo realiza un ACV dinámico; 1 artículo aplica el Coste del Ciclo de Vida y otros 3 lo mencionan; y 2 artículos realizan un Análisis de Flujos de Materiales (AFM).

En los estudios que aplican el ACV, predomina el enfoque *cradle-to-grave* (8 artículos), seguido del análisis de *cradle-to-gate* (5), análisis solo del final de la vida (5) y de *cradle-to-cradle* (2). Entre los estudios que comunican la elección del modelado, predomina el enfoque *cut-off* (6 artículos), seguido de la ampliación del sistema (04) y la ACV consecuencial (1). La base de datos más utilizada en los estudios de ACV es Ecoinvent (15 artículos), seguida de Gabi (3), Ökobaudat (3) y EPD (3). Los softwares más utilizados son SimaPro (8 artículos), OpenLCA (3), y Revit con Tally (2).

Los resultados muestran que la introducción de prácticas de la EC en la construcción civil tiene el potencial de ayudar a reducir los impactos ambientales que genera. En vista de esto, se necesitan más estudios para investigar la alineación entre EC y el entorno construido. Además, el uso de ACV para medir los resultados y beneficios de la EC requiere estudios que aborden más etapas del ciclo de vida, preferiblemente todo el edificio, ayudando en los procesos de toma de decisiones que apuntan a menores impactos ambientales y mayor circularidad de los insumos.

Palabras clave: Economía Circular, ACV de los edificios, industria de construcción.

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE MÉXICO DESDE UNA PERSPECTIVA DE CICLO DE VIDA ORGANIZACIONAL

María Elena Villalba-Pastrana ^{1*}, Leonor Patricia Güereca Hernández ²

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar sin número, Alcaldía Coyoacán, CP. 04510, CDMX, México. MEVPastrana@gmail.com

² Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar sin número, Alcaldía Coyoacán, CP. 04510, CDMX, México. LGuerecaH@iingen.unam.mx

RESUMEN

Las ciudades se caracterizan por presentar múltiples problemas ambientales, sociales y económicos. Es por ello que, los tomadores de decisiones de todos los países se enfrentan al reto de maximizar los beneficios de la urbanización y minimizar las problemáticas asociadas. Tradicionalmente se intenta contener la urbanización y abordar los problemas urbanos de forma independiente en vez de hacerlo con un enfoque sistémico. Para facilitar la transición hacia la sostenibilidad urbana, es crucial que se identifiquen todos los impactos ambientales relevantes ligados a las ciudades, incluyendo aquellos que se presenten fuera de sus límites, así como la afectación de dichos impactos sobre los distintos grupos de interés.

El ODS 11 busca que las ciudades sean sostenibles; sin embargo, actualmente no existe una metodología que logre la evaluación objetiva y sistemática, como consecuencia, no hay consenso sobre cuál herramienta se debe utilizar. El Análisis de Ciclo de Vida Organizacional (ACVO) es una herramienta potencial para evaluar la sostenibilidad urbana porque permite evaluar el Ciclo de Vida de múltiples productos y servicios e identificar una gran cantidad de impactos de actividades indirectas que se realizan “corriente arriba” y “corriente abajo” de la urbe.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales de la Ciudad de México, considerando el Nexo de Alimentos, Agua y Energía, mediante el enfoque de Ciclo de Vida Organizacional, para señalar los puntos críticos a considerar en la urbanización sostenible.

A través del ACVO se evaluaron los impactos directos e indirectos ocasionados por el consumo de alimentos, agua, combustibles y energía eléctrica en la Ciudad de México (CDMX); porque, éstos son fundamentales para el funcionamiento de las actividades económicas de la ciudad, para mantener el bienestar de sus habitantes, y, por lo tanto, imprescindibles para el desarrollo sostenible urbano de cualquier asentamiento.

El inventario se integró a partir de información proveniente de reportes y estadísticas del año 2015, publicadas por distintas dependencias del gobierno mexicano. Los datos de consumo y producción de 84 alimentos se calcularon a partir de lo reportado en la base de datos FAO STAT y en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. La información de consumo de agua potable se obtuvo de reportes del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Los datos correspondientes al consumo de combustibles (gasolina, diésel, gas natural, gas LP y turbosina) y energía eléctrica, se extrajeron de publicaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

La Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida Organizacional se llevó a cabo por medio del software “Umberto NXT LCA” y se utilizó el método de evaluación ReCiPe con un modelo de caracterización de punto medio, con una perspectiva jerárquica que considera efectos a largo plazo (ReCiPe Midpoint (H)).

Se presentan los resultados de cuatro categorías de impacto: Cambio Climático, Toxicidad Humana, Agotamiento de Agua y Agotamiento de Combustibles Fósiles. Las emisiones originadas por el consumo de combustibles en la CDMX representan el 80% de las contribuciones directas al Cambio Climático. En las categorías de impacto de Toxicidad Humana y Agotamiento de Combustibles Fósiles, los impactos se presentan principalmente en la etapa de transformación, mientras que en la categoría de Agotamiento de Agua los impactos se concentran en la etapa de extracción del recurso, de tal forma que 40% corresponden al consumo de agua en la urbe y el 60% restante de los impactos indirectos se encuentran embebidos en los procesos de producción de los alimentos consumidos en la CDMX. Con relación a las actividades indirectas, la mayor cantidad de impactos son causados por los procesos de generación de energía eléctrica y refinación de los combustibles usados en la ciudad. Esto se debe principalmente a que, en el año 2015, el mix eléctrico mexicano utilizaba combustibles fósiles en el 72% de las tecnologías generadoras de electricidad. Cabe resaltar, que en todas las categorías se identificó que los impactos de las actividades llevadas a cabo fuera de la ciudad son mayores que los impactos

de las actividades que se realizan dentro de la CDMX. Por consiguiente, se comprueba que sectores con actividades fuera de los límites geográficos de la CDMX deben ser considerados en el diagnóstico de su desempeño ambiental, debido a que las ciudades no son unidades autónomas que se pueden convertir en sostenibles únicamente a través de acciones endógenas de cambio.

Palabras clave: sostenibilidad urbana, impactos ambientales, ciudades, Ciclo de Vida Organizacional.

ABSTRACT

Cities are characterized by multiple environmental, social and economic problems. That is why decision makers in all countries face the challenge of maximizing the benefits of urbanization and minimizing associated problems. Traditionally, it is in an attempt to contain urbanization and address urban problems independently rather than with a systemic approach. To facilitate the transition to urban sustainability, it is crucial to identify all relevant environmental impacts linked to cities, including those outside their boundaries, as well as how these impacts affect different stakeholders.

SDG 11 seeks to make cities sustainable; however, there is currently no methodology for objective and systematic evaluation, as a result, there is no consensus on which tool should be used. Organizational Life Cycle Analysis (OLCA) is a potential tool for assessing urban sustainability because it allows you to evaluate the life cycle of multiple products and services and identify a large number of impacts of indirect activities that are performed “upstream” and “downstream” of the city.

This work aims to evaluate the environmental impacts of Mexico City, considering the Water, Energy and Food Nexus, through the Organizational Life Cycle approach, to point out the critical points to consider in sustainable urbanization.

Through the OLCA, the direct and indirect impacts caused by the consumption of food, water, fuels and electricity in Mexico City (CDMX, its Spanish acronym) were assessed; because, these are fundamental to the functioning of the economic activities of the city, to maintain the well-being of its inhabitants, and therefore essential for the sustainable urban development of any settlement.

The inventory was compiled based on information from 2015 reports and statistics, published by various Mexican government agencies. Food consumption and production data were calculated from the FAO STAT database and the Agri-Food and Fisheries Information Service. Drinking water consumption information was obtained from reports of the Water System of Mexico City (SACMEX, its Spanish acronym) and the National Water Commission (CONAGUA, its Spanish acronym). Data for fuel consumption (petrol, diesel, natural gas, LP gas and turbosine) and electricity were extracted from publications by the Federal Electricity Commission (CFE, its Spanish acronym) and the Ministry of the Environment of Mexico City (SEDEMA, its Spanish acronym).

The Organizational Life Cycle Impact Assessment was conducted through the “Umberto NXT LCA” software and the ReCiPe evaluation method was used with a midpoint characterization model, with a hierarchical perspective that considers long-term effects (ReCiPe Midpoint (H)).

The results of four impact categories are presented: Climate Change, Human Toxicity, Water Depletion and Fossil Depletion. Emissions from fuel consumption in the CDMX account for 80% of direct contributions to Climate Change. In the impact categories of Human Toxicity and Fossil Depletion, the impacts are mainly presented at the manufacturing stage, while in the Water Depletion category the impacts are concentrated at the resource extraction stage, so that 40% correspond to the water consumption in the city and the remaining 60% of the indirect impacts are embedded in the production processes of the food consumed in the CDMX. With regard to indirect activities, the greatest amount of impacts are caused by the processes of electricity generation and refining of fuels used in the city. This is mainly due to the fact that, in 2015, the Mexican electricity mix used fossil fuels in 72% of the electricity generating technologies. It should be noted that in all categories it was identified that the impacts of activities carried out outside the city are greater than the impacts of activities carried out within the CDMX. Therefore, it is proven that sectors with activities outside the geographical boundaries of the CDMX should be considered in the diagnosis of their environmental performance, because cities are not autonomous units that can become sustainable only through endogenous actions of change.

Keywords: Urban sustainability, environmental impact, Organizational Life Cycle Assessment, cities.

RESUMO

As cidades são caracterizadas por múltiplos problemas ambientais, sociais e econômicos. Como resultado, os tomadores de decisão em todos os países enfrentam o desafio de maximizar os benefícios da urbanização e minimizar os problemas associados. Tradicionalmente, foram feitas tentativas para conter a urbanização e tratar os

problemas urbanos de forma independente, em vez de numa abordagem sistêmica. Para facilitar a transição para a sustentabilidade urbana, é crucial que todos os impactos ambientais relevantes ligados às cidades, incluindo aqueles que ocorrem fora de suas fronteiras, sejam identificados, bem como a forma como esses impactos afetam diferentes partes interessadas.

A ODS 11 procura tornar as cidades sustentáveis; entretanto, não existe atualmente uma metodologia que atinja uma avaliação objetiva e sistemática, de modo que não há consenso sobre qual ferramenta deve ser usada. A Avaliação do Ciclo de Vida Organizacional (ACVO) é uma ferramenta potencial para avaliar a sustentabilidade urbana porque permite avaliar o ciclo de vida de múltiplos produtos e serviços e identificar um grande número de impactos de atividades indiretas que ocorrem “a montante” e “a jusante” da cidade.

Este trabalho visa avaliar os impactos ambientais da Cidade do México, considerando o Nexos de Água, Alimentos, e Energia, através da abordagem do Ciclo de Vida Organizacional, de modo a apontar os pontos críticos a serem considerados na urbanização sustentável.

Através da ACVO, foram avaliados os impactos diretos e indiretos causados pelo consumo de alimentos, água, combustíveis e eletricidade na Cidade do México (CDMX); pois, estes são fundamentais para o funcionamento das atividades econômicas da cidade, para manter o bem-estar de seus habitantes, portanto, essenciais para o desenvolvimento urbano sustentável de qualquer assentamento.

O inventário foi integrado a partir de informações de relatórios e estatísticas do ano de 2015, publicadas por diferentes agências governamentais mexicanas. Os dados de consumo e produção de alimentos foram calculados a partir do banco de dados STAT da FAO e do Serviço de Informação Agroalimentar e Pesqueira. As informações sobre o consumo de água potável foram obtidas de relatórios do Sistema de Água da Cidade do México (SACMEX) e da Comissão Nacional da Água (CONAGUA). Os dados correspondentes ao consumo de combustível (gasolina, gásóleo, gás natural, gás LP e turbina) e energia elétrica foram extraídos de publicações da Comissão Federal de Eletricidade (CFE) e da Secretaria do Meio Ambiente da Cidade do México (SEDEMA).

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida Organizacional foi realizada por meio do software “Umberto NXT LCA” e o método de avaliação ReCiPe foi utilizado com um modelo de caracterização do ponto médio, com uma perspectiva hierárquica que considera os efeitos a longo prazo (ReCiPe Midpoint (H)).

Os resultados são apresentados para quatro categorias de impacto: Mudança Climática, Toxicidade Humana, Esgotamento de Água e Esgotamento de Combustível Fóssil. As emissões do consumo de combustível no CDMX representam 80% das contribuições diretas para a mudança climática. Nas categorias de impacto de Toxicidade Humana e Esgotamento de Combustíveis Fósseis, os impactos ocorrem principalmente na fase de transformação, enquanto na categoria de Esgotamento de Água os impactos se concentram na fase de extração de recursos, de modo que 40% correspondem ao consumo de água na cidade e os 60% restantes de impactos indiretos estão embutidos nos processos de produção dos alimentos consumidos no CDMX. Em relação às atividades indiretas, a maior quantidade de impactos é causada pelos processos de geração de eletricidade e refino de combustíveis utilizados na cidade. Isto se deve principalmente ao fato de que, em 2015, a matriz elétrica mexicana utilizava combustíveis fósseis em 72% das tecnologias de geração de eletricidade. Deve-se notar que em todas as categorias foram identificado que os impactos das atividades realizadas fora da cidade são maiores que os impactos das atividades realizadas dentro do CDMX. Portanto, está provado que setores com atividades fora dos limites geográficos do CDMX devem ser considerados no diagnóstico de seu desempenho ambiental, pois as cidades não são unidades autônomas que só podem se tornar sustentáveis através de ações endógenas de mudança.

Palavras chave: Sustentabilidade urbana, impactos ambientais, cidades, análise do ciclo de vida organizacional.

EVAMED
DISEÑO Y PRIMEROS RESULTADOS DE UNA HERRAMIENTA DE
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE EDIFICIOS CON ENFOQUE DE CICLO DE VIDA

EVAMED
DESIGN AND FIRST RESULTS OF A BUILDING ENVIRONMENTAL
ASSESSMENT TOOL WITH A LIFE CYCLE APPROACH

EVAMED
PROJETO E PRIMEIROS RESULTADOS DE UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO
AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS COM ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA

Víctor Alberto Arvizu-Piña ^{1,*}, José Francisco Armendáriz López ², Andrés Alberto García González ¹, Andrés Tortolero Baena ¹, Rodrigo Roberto Arce Anguiano ¹, Juan Pablo Chargoy Amador ³

¹ Universidad Iberoamericana Ciudad de México, Departamento de Arquitectura, Urbanismo e Ingeniería Civil. Prol. Paseo de la Reforma No. 880, Colonia Lomas de Santa Fé, C.P. 01219, Ciudad de México, México. victor.arvizu@ibero.mx, andres.garcia@ibero.mx, andres.tortolero@ibero.mx, rrrarcea@gmail.com

² Universidad Autónoma de Baja California, Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Blvd. Universitario No. 1000, Unidad Valle de las Palmas, C.P. 21270, Tijuana, Baja California, México. farmendariz@uabc.edu.mx

³ Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, Bosques de Bohemia 2, No. 9, Bosques del Lago, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México. jpchargoy@centroacv.mx

RESUMEN

El sector de la edificación es reconocido generalmente como uno de los de mayor impacto ambiental a nivel global. Es responsable del 36% del uso final de la energía, y del 39% de las emisiones de CO₂ relacionadas con el consumo energético, de las cuales, el 11% corresponde a los procesos de producción y manufactura de los materiales de construcción. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado la implementación de medidas para disminuir el consumo energético durante la fase operativa de los edificios, lo que ha provocado que el resto de las etapas de su ciclo de vida cobren una mayor importancia relativa respecto a sus potenciales impactos ambientales.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta ampliamente reconocida para evaluar, replantear procesos y eventualmente, mejorar el desempeño energético y ambiental de un edificio. No obstante, también se ha reconocido que su aplicación en el sector de la edificación generalmente es compleja y demanda un gran consumo de tiempo. La falta de experiencia y conocimiento sobre esta metodología por parte arquitectos, así como la falta de información sobre productos y procesos de la construcción, son otros de los factores que dificulta su aplicación generalizada.

A pesar de que las decisiones tomadas en las primeras fases del proceso de diseño arquitectónico son las que tienen mayor relevancia en el desempeño ambiental de un edificio, es poca la información con la que se cuenta sobre el edificio en esas etapas para realizar un ACV completo, por ejemplo, no se conocen con exactitud la cantidad ni el tipo de materiales constructivos a utilizar.

En los últimos 10 años han surgido una serie de herramientas que pueden ayudar al arquitecto, desde las primeras fases de diseño, a conocer el desempeño ambiental que podría tener un edificio durante su ciclo de vida completo. Esto ha sido gracias, entre otras cosas, al uso de modelos 3D computacionales (principalmente a través del *Building Information Modeling*, BIM), y a la generación de información ambiental de diversos materiales de construcción (principalmente a través de las Declaraciones Ambientales de Producto, DAP). La interoperabilidad de estas herramientas con diversas bases de datos es otra de las características que marcan en gran medida su utilidad y funcionamiento.

A pesar de que cada vez es más común el uso de este tipo de herramientas para elaborar ACVs de edificios, es importante mencionar que la mayoría de ellas han surgido en países desarrollados, para su uso local, y generalmente no permiten variaciones nacionales o regionales, es decir, las bases de datos que utilizan no suelen ser apropiadas para su uso en contextos diferentes a aquellos para los que han sido desarrolladas. Hasta ahora, no existe algún instrumento de este tipo que esté adecuado a los procesos constructivos, y basado en la información de materiales constructivos de Latinoamérica, o alguna de sus regiones.

Este trabajo presenta el diseño y los primeros avances de la herramienta EVAMED (Evaluación Ambiental de Edificios con enfoque de Ciclo de Vida). Su objetivo es auxiliar a los actores de la construcción en Latinoamérica, desde las primeras fases de diseño, para la creación de edificios con un menor impacto ambiental durante todo su ciclo de vida. Para la fase de producción (A1-A3), EVAMED se basa en los datos de MEXICANIUH (base de datos regional de inventarios de ciclo de vida para Latinoamérica, desarrollada por CADIS), así como en las DAPs que se han generado a través del Hub Latin America (del *International EPD System*). La información del resto de las fases del ciclo de vida es proporcionada por el usuario (consumos energéticos durante el proceso de transporte y construcción (A4-A5), durante la fase de uso (B4 y B6), y durante el fin de vida del edificio (C1-C4)).

En caso de que el usuario esté utilizando un modelo 3D de BIM, EVAMED proporciona un *complemento* que puede ser instalado en Revit[®] para obtener de manera automática la cuantificación de materiales (siempre que se hayan especificado). Además, este *complemento* calcula la cuantificación de materiales de diferentes opciones de sistemas constructivos, basado en la geometría del edificio modelado (calculados en DYNAMO). De igual forma, el usuario puede ingresar la cuantificación de materiales de manera manual, a través de una hoja de cálculo de Excel, o dentro de la misma herramienta.

La interfaz de EVAMED es amigable e intuitiva, pues está dirigida a un usuario no experto en ACV. El ingreso de la información es a través de un proceso tipo 'wizard'. Los resultados que se pueden obtener en esta etapa de desarrollo de la herramienta, son los impactos ambientales por etapas del ciclo de vida, aunque se tienen consideradas dos categorías más: (1) por elementos constructivos, y (2) elementos constructivos por etapas de ciclo de vida.

EVAMED representa un auténtico salto de nivel en la sustentabilidad en el sector de la construcción en Latinoamérica. Su evolución en los próximos años jugará un papel fundamental para favorecer mejores prácticas durante las fases de planeación, diseño, operación y fin de vida de las edificaciones de la región.

Palabras clave: ACV, EPD, MEXICANIUH, BIM, Edificios, Herramienta de Evaluación Ambiental.

ABSTRACT

The building sector is generally recognized as one of the greatest environmental impact. It is responsible for 36% of final energy use, and 39% of CO₂ emissions related to energy consumption, of which 11% corresponds to the production and manufacturing processes of building materials. However, several strategies to reduce energy consumption during the buildings use phase have been increased in the last years. Because of this, the rest of the building life cycle phases have been taken a greater relative importance regarding their potential environmental impacts.

Life Cycle Assessment (LCA) is a widely recognized methodology for evaluating, rethinking processes and eventually improving the energy and environmental performance of buildings. However, it has also been recognized that its application in the building sector is generally complex and time-consuming. The lack of experience and knowledge about this methodology by architects, as well as the lack of information on construction products and processes, are other factors that delay its widespread application.

Despite the fact that the decisions made in the early stages of the architectural design process are those that have the greatest relevance in the environmental performance of a building, few information is available about the building in those design stages to carry out a complete LCA. An example of this is the lack of information about the quantity and type of building materials to be used in the building final propose.

In the last 10 years, a series of tools have emerged to assist architects, from the first design stages, to know the environmental performance that a building could have during its complete life cycle. This has been possible to the 3D computational models (mainly through Building Information Modeling, BIM), and to the generation of environmental information on several building materials (mainly through Environmental Product Declarations, EPD). The interoperability of these tools with several databases is another feature that remark their usefulness and operation.

Although the use of LCA tools for building is increasingly common, it have to be mention that most of them have arisen in developed countries, for local use, and generally do not allow national or regional variations, that

is, the databases they use are not usually appropriate for use in contexts other than those for which they have been developed. Until now, there is no this kind of tool suitable for Latin America, or any of its regions. That is, there are no tools that consider local construction materials and processes.

This paper presents the design and the first advances of the EVAMED tool (Environmental Assessment of Buildings with a Life Cycle approach). Its objective is to assist building actors in Latin America, from the early design phases, to the creation of buildings with a lower environmental impact throughout their life cycle. For the production phase (A1-A3), EVAMED is based on data from MEXICANIUH (regional database of life cycle inventories for Latin America, developed by CADIS), as well as on EPDs that have been generated through the Hub Latin America (from the International EPD System). The information on the rest of the life cycle phases is provided by the user (energy consumption during the transport and construction process (A4-A5), during the use phase (B4 and B6), and during the end of life of the building (C1-C4)).

In case the user is using a 3D BIM model, EVAMED provides a plug-in that can be installed in Revit[®] to automatically obtain the quantification of materials (just if they have been specified on the 3D model from Revit). In addition, this plug-in calculates the quantification of materials from different options of construction systems, based on the geometry of the modeled building (using DYNAMO). Similarly, the user can enter the quantification of materials manually, through an Excel spreadsheet, or within the EVAMED tool.

The EVAMED interface is friendly and intuitive, as it is aimed at a user who is not an expert in LCA. The entry of the information is through a 'wizard' type process. The results that can be obtained in this stage of development of the tool are the environmental impacts by stages of the life cycle, although two more categories are considered: (1) by constructive elements, and (2) constructive elements by Life Cycle stages.

EVAMED represents a step forward in the Latin America building sector sustainability. Its evolution in the coming years will play a fundamental role in favoring the best practices during the planning, design, operation and end-of-life phases of buildings in the region.

Keywords: LCA, EPD, MEXICANIUH, BIM, Buildings, Environmental Assessment Tool.

RESUMO

O setor da construção é geralmente reconhecido como um dos de maior impacto ambiental a nível mundial. É responsável por 36% do uso final de energia e 39% das emissões de CO₂ relacionadas ao consumo de energia, dos quais 11% correspondem aos processos de produção e fabricação de materiais de construção. No entanto, nos últimos anos tem vindo a aumentar a implementação de medidas de redução do consumo de energia durante a fase de exploração dos edifícios, o que tem feito com que as restantes fases do seu ciclo de vida adquiram uma maior importância relativa no que diz respeito às suas potenciais impactos ambientais.

A Análise do Ciclo de Vida (LCA) é uma ferramenta amplamente reconhecida para avaliar, repensar processos e, eventualmente, melhorar o desempenho energético e ambiental de um edifício. No entanto, também foi reconhecido que sua aplicação no setor da construção é geralmente complexa e demorada. A falta de experiência e conhecimento desta metodologia por parte dos arquitetos, bem como a falta de informação sobre os produtos e processos de construção, são outros fatores que dificultam a sua aplicação generalizada.

Apesar de as decisões tomadas nas etapas iniciais do processo de projeto arquitetônico serem as de maior relevância no desempenho ambiental de uma edificação, poucas informações estão disponíveis sobre a edificação nessas etapas para a realização de uma ACV completa. Por exemplo, a quantidade e o tipo de materiais de construção a serem usados não são exatamente conhecidos.

Nos últimos 10 anos, surgiu uma série de ferramentas que podem ajudar o arquiteto, desde as primeiras etapas do projeto, a conhecer o desempenho ambiental que um edifício pode ter durante todo o seu ciclo de vida. Isso se deve, entre outras coisas, ao uso de modelos computacionais 3D (principalmente por meio de Building Information Modeling, BIM) e à geração de informações ambientais sobre diversos materiais de construção (principalmente por meio de Declarações Ambientais de Produto, DAP). A interoperabilidade dessas ferramentas com diversos bancos de dados é outra das características que marcam amplamente sua utilidade e operação.

Embora o uso deste tipo de ferramentas para desenvolver ACVs de edifícios seja cada vez mais comum, é importante mencionar que a maioria delas surgiram em países desenvolvidos, para uso local, e geralmente não permitem variações nacionais ou regionais, ou seja, os bancos de dados que eles usam geralmente não são apropriados para uso em contextos diferentes daqueles para os quais foram desenvolvidos. Até o momento, não existe nenhum instrumento desse tipo que seja adequado para processos construtivos, e baseado em informações sobre materiais de construção da América Latina, ou de qualquer de suas regiões.

Este artigo apresenta o projeto e os primeiros avanços da ferramenta EVAMED (Avaliação Ambiental de Edifícios com uma Abordagem do Ciclo de Vida). Seu objetivo é auxiliar os atores da construção na América Latina, desde as fases iniciais de projeto, até a criação de edifícios com menor impacto ambiental ao longo de seu ciclo de vida. Para a fase de produção (A1-A3), o EVAMED se baseia nos dados do MEXICANIUH (banco de dados regional de inventários de ciclo de vida para a América Latina, desenvolvido pelo CADIS), bem como nos DAPs gerados através do Hub América Latina (do Sistema EPD Internacional). As informações sobre o restante das fases do ciclo de vida são fornecidas pelo usuário (consumo de energia durante o processo de transporte e construção (A4-A5), durante a fase de uso (B4 e B6), e durante o final da vida do edifício (C1-C4)).

Caso o usuário esteja utilizando um modelo 3D BIM, EVAMED fornece um plug-in que pode ser instalado no Revit para obter automaticamente a quantificação dos materiais (desde que tenham sido especificados). Além disso, este plugin calcula a quantificação de materiais a partir de diferentes opções de sistemas construtivos, com base na geometria do edifício modelado. Da mesma forma, o usuário pode inserir a quantificação dos materiais manualmente, por meio de uma planilha do Excel, ou dentro da mesma ferramenta.

A interface EVAMED é amigável e intuitiva, pois é dirigida a um usuário que não é especialista em ACV. A entrada das informações é feita por meio de um processo do tipo 'assistente'. Os resultados que podem ser obtidos nesta fase de desenvolvimento da ferramenta são os impactos ambientais por fases do ciclo de vida, embora sejam consideradas mais duas categorias: (1) por elementos construtivos, e (2) elementos construtivos por fases de ciclo de vida.

EVAMED representa um verdadeiro salto no nível de sustentabilidade do setor da construção na América Latina. Sua evolução nos próximos anos terá um papel fundamental no favorecimento das melhores práticas nas fases de planejamento, projeto, operação e final de vida das edificações da região.

Palavras-chave: ACV, EPD, MEXICANIUH, BIM, Edifícios, Software de avaliação ambiental.

COMPARATIVE EVALUATION OF ELECTRIC PASSENGERS URBAN MOVILITY INTRODUCTION IN PERU

PhD. Berlan Rodríguez-Pérez

Pontificia Universidad Católica del Perú. Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima 32, Perú. Te.: +51 920110391. brodriguezp@pucp.edu.pe

ABSTRACT

Electric urban transport has become a trend for sustainability. Many researchers and people in general already talk about the countless environmental benefits of the electric vehicle. However, it is our responsibility to know in which scenarios we have environmental benefits and which technologies have a positive influence on the environment. In this way, this paper presents a comparative life cycle Assessment (LCA) of urban transportations by an electric busses and internal combustion engine busses, fueled with natural gas. The LCA is evaluated considering the Peruvian electricity and petrol production mix. This document shows a “well to wheel” LCA for electric and conventional busses. We use the ReCiPe methodology it has midpoint and endpoint indicators to evaluate impact on the environment. The planning of the Ministry of Energy and Mines of Peru has been used to establish different evaluation scenarios and perform the calculations of sensitivity analysis of the results. In addition, an evaluation of the cost of acquisition and use of vehicles in the current situation and the projected scenarios has been carried out. In this way we calculate the equilibrium points in the environmental and economic components.

Keywords: Electric Busses, Life Cycle Assessment, Comparative Scenarios.



Management of critical resources for Latin America energy, water and food

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE SISTEMAS PRODUCTIVOS DE GANADO BOVINO EN PASTOREO EN EL TRÓPICO MEXICANO

COMPARATIVE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF TWO TYPES OF PRODUCTIVE SYSTEMS OF GRAZING CATTLE IN THE MEXICAN TROPICS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO CICLO DE VIDA DE DOIS TIPOS DE SISTEMAS PRODUTIVOS DE BOVINOS EM PASTAGEM NOS TRÓPICOS MEXICANOS

PhD. Adriana Rivera-Huerta^{1*}; PhD. Leonor Patricia Güereca ²; PhD. María de la Salud Rubio Lozano ³

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000 Coyoacán, Ciudad Universitaria, 04510, México City, México. arh_rivera@hotmail.com ¹, LGuerecaH@ingen.unam.mx ²

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, Ciudad Universitaria, 04510, México City, México. msalud65@gmail.com ³

RESUMEN

El pastoreo es una práctica común en la industria del ganado bovino en México, principalmente en la región del trópico. El objetivo de este estudio fue evaluar los impactos ambientales de dos sistemas de producción de becerros en el trópico mexicano desde un enfoque de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El inventario de ciclo de vida se generó a partir de datos reales recolectados en salidas de campo, mediante entrevistas semiestructuradas a seis unidades de producción ganadera, clasificadas en dos sistemas productivos: monocultivo y silvopastoril nativo o tradicional. Se evaluaron seis categorías de impacto: 1) cambio climático, 2) acidificación terrestre, 3) eutrofización de agua dulce, 4) uso de suelo, 5) escasez de recursos fósiles, y 6) consumo de agua, incluidas en el método ReCiPe 2016. También se estimó el impacto en la pérdida de biodiversidad mediante factores de caracterización específicos de la intensidad del uso de suelo, calculados con el modelo relación especie-área de campo propuesto por la UNEP/SETAC (2016) y modificado por Chaudhary y Brooks (2018). Los resultados apuntan a que el sistema de monocultivo tiene los menores impactos en cambio climático y en pérdida de especies, en comparación con el silvopastoril nativo. Estos resultados pueden explicarse por la inclusión más alta de concentrado y forrajes de mejor calidad nutricional en la dieta, que mitigan las emisiones de metano entérico, así como por la mayor productividad del sistema por unidad de suelo. El estudio evidenció que con la disminución del 43% del uso de suelo para obtener 1 kg de peso vivo de becerro mediante el sistema de monocultivo, la pérdida de especies se redujo en 52% con respecto al sistema silvopastoril nativo. Sin embargo, el impacto en consumo de agua se incrementó en 99% y la escasez de recursos fósiles en 78%, lo que implica un mayor consumo de insumos producidos fuera de la unidad de producción, como los granos de maíz y soya. De acuerdo con lo anterior, debe ponerse especial atención a la eficiencia productiva del ganado para reducir los impactos en cambio climático y la pérdida de biodiversidad, y debe reducirse el uso de insumos externos al sistema para disminuir el impacto el uso de recursos.

Palabras clave: Ganadería, pastoreo, trópico mexicano, impacto ambiental.

ABSTRACT

Grazing is a common practice in the Mexican cattle industry, mainly in the tropics. The objective of this study was to evaluate the environmental impacts of two calf production systems in the Mexican tropics from a Life Cycle Assessment (LCA) approach. The life cycle inventory was generated from real data collected in field trips, through semi-structured interviews with six livestock production units, classified into two production systems: monoculture and native or traditional silvopastoral. Six impact categories were evaluated: 1) climate change, 2) terrestrial acidification, 3) eutrophication of freshwater, 4) land use, 5) scarcity of fossil resources, and 6) water consumption, included in the ReCiPe 2016 method. The impact on biodiversity loss was also estimated through

specific characterization factors of land use intensity, calculated with the countryside species-area relationship model proposed by UNEP/SETAC (2016) and modified by Chaudhary and Brooks (2018). The results suggest that the monoculture system has the least impacts on climate change and species loss, compared to the native silvopastoral system. These results can be explained by the higher inclusion of concentrate and forages of better nutritional quality in the diet, which mitigates enteric methane emissions, as well as by the higher productivity of the system per unit of soil. The study showed that with the 43% reduction in land use to obtain 1 kg of live weight of calf through the monoculture system, the loss of species was reduced by 52% concerning the native silvopastoral system. However, the impact on water consumption increased by 99% and the scarcity of fossil resources by 78%, which implies a greater consumption of inputs produced outside the production unit, such as corn and soybeans. By the above, special attention should be paid to the productive efficiency of livestock to reduce the impacts of climate change and the loss of biodiversity, and the use of external inputs to the system should be reduced to lower the impact of the use of resources.

Keywords: Livestock, grazing, Mexican tropics, environmental impact.

RESUMO

O pastoreio é uma prática comum na pecuária mexicana, principalmente nos trópicos. O objetivo deste estudo foi avaliar os impactos ambientais de dois sistemas de produção de bezerras nos trópicos mexicanos a partir de uma abordagem de Análise do Ciclo de Vida. O inventário do ciclo de vida foi gerado a partir de dados reais coletados em viagens de campo, por meio de entrevistas semiestruturadas com seis unidades de produção pecuária, classificadas em dois sistemas de produção: monocultura e silvipastoril nativa ou tradicional. Seis categorias de impacto foram avaliadas: 1) mudança climática, 2) acidificação terrestre, 3) eutrofização de água doce, 4) uso da terra, 5) escassez de recursos fósseis e 6) consumo de água, incluído no método ReCiPe 2016 o impacto na perda de biodiversidade também foi estimado por meio de fatores de caracterização específicos da intensidade do uso do solo, calculado com o modelo de relação espécie-área do campo proposto pelo UNEP/SETAC (2016) e modificado por Chaudhary e Brooks (2018). Os resultados sugerem que o sistema de monocultura tem menos impactos nas mudanças climáticas e perda de espécies, em comparação com o sistema silvipastoril nativo. Esses resultados podem ser explicados pela maior inclusão de concentrado e forragens de melhor qualidade nutricional na dieta, o que mitiga as emissões entéricas de metano, bem como pela maior produtividade do sistema por unidade de solo. O estudo mostrou que com a redução de 43% no uso da terra para obtenção de 1 kg de peso vivo do bezerro por meio do sistema de monocultura, a perda de espécies foi reduzida em 52% em relação ao sistema silvipastoril nativo. No entanto, o impacto no consumo de água aumentou em 99% e na escassez de recursos fósseis em 78%, o que implica em um maior consumo de insumos produzidos fora da unidade de produção, como milho e soja. Pelo exposto, atenção especial deve ser dada à eficiência produtiva da pecuária para reduzir os impactos das mudanças climáticas e a perda da biodiversidade, e o uso de insumos externos ao sistema deve ser reduzido para diminuir o impacto do uso dos recursos.

Palavras-chave: Pecuária, pastagem, trópicos mexicanos, impacto ambiental.

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF EXTENSIVE BEEF PRODUCTION IN COLOMBIA

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE EN SISTEMAS EXTENSIVOS EN COLOMBIA

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE CARNE EM SISTEMAS EXTENSOS NA COLÔMBIA

Sara Arcila Sánchez ^{1*}, Natalia Correa Valencia ², Natalia Andrea Cano Londoño ³

¹ Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Grupo de Investigación Política, legislación y gestión ambiental. Av. 80 # 65 - 223, Medellín, Colombia. sarcilas@unal.edu.co

² Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Grupo de Investigación Política, legislación y gestión ambiental. Av. 80 # 65 - 223, Medellín, Colombia. ncorreav@unal.edu.co

³ Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Grupo de Investigación Política, legislación y gestión ambiental. Av. 80 # 65 - 223, Medellín, Colombia. nacanol@unal.edu.co

ABSTRACT

Our current society faces many challenges related to food security and it is important to have a production that meets demand, aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). One of the proteins demanded the most today is beef, which has been widely criticized for its environmental impacts and its greenhouse gas emissions, mainly coming from enteric fermentation. The present study is mainly motivated by the lack of scientific information in Colombia on the environmental impacts of beef cattle production, therefore this research aims to estimate some of the impacts of beef production in extensive systems using Life Cycle Assessment (LCA) method under a particular scenario considering all production phases with a herd of 1711 animals. The study was conducted with data supplied by a farm located in Antioquia - Colombia, and the functional unit (FU) was defined as 1 kg of Live Weight (LW). The scope of this study was gate to gate where all the farm production is included, inputs and outputs of the system are reviewed; in order to calculate of methane and nitrous oxide emissions, the 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories was used, modelling the result with the Umberto LCA + software, utilizing Ecoinvent database v3.0. The obtained carbon footprint for the system was 15.58 kg of CO₂ eq. per kg of Live Weight (LW) and other associated impacts, which allow us to conclude that the consumption of beef has negative effects on the environment, since its primary production generates the greatest environmental impacts, especially associated with greenhouse gas emissions and land-use change. Therefore, some measures are suggested that can help mitigate the environmental impacts of this productive system, such as sustainable consumption that represents a significant change in the market, and it is also suggested that producers implement silvopastoral systems, intensive systems, regenerative livestock and other alternatives that arise for improvement. This study aims to provide scientific information so that the Colombian government can make important decisions about the sustainability of the beef production system in the country.

Key words: beef, environmental impacts, Life Cycle Assessment, enteric fermentation, carbon footprint, environmental decision making.

RESUMEN

Nuestra sociedad actual enfrenta muchos desafíos relacionados con la seguridad alimentaria, por lo cual es importante contar con una producción que satisfaga la demanda, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Una de las proteínas más demandadas en la actualidad es la carne de res, que ha sido ampliamente criticada por sus impactos ambientales y sus emisiones de gases de efecto invernadero, provenientes principalmente de la fermentación entérica. El presente estudio está motivado principalmente por la falta de información científica en Colombia sobre los impactos ambientales de la producción de ganado para carne. Así, esta investigación tiene como objetivo estimar algunos de los impactos de la producción de carne en sistemas extensivos utilizando el método de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) bajo un escenario en particular, considerando todas las fases de producción con un hato de 1711 animales. El estudio se realizó con datos proporcio-

nados por finca ubicada en Antioquia - Colombia, y la unidad funcional (UF) se definió como 1 kg de Peso Vivo (LW). El alcance de este estudio fue puerta a puerta donde se incluye toda la producción agrícola, se revisan los insumos y productos del sistema; Para calcular las emisiones de metano y óxido nitroso, se utilizó el Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, modelando los resultados con el software Umberto LCA +, utilizando la base de datos Ecoinvent v3.0. La huella de carbono obtenida para el sistema fue de 15,58 kg de CO₂ eq. por kg de peso vivo (LW) y la cuantificación de otros impactos asociados, los cuales permiten concluir que el consumo de carne de res tiene efectos negativos sobre el medio ambiente, pues es el alimento que en su producción primaria genera los mayores impactos ambientales, especialmente asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero y cambio en el uso del suelo. Por esto, se sugieren algunas medidas que pueden ayudar a mitigar los impactos ambientales de este sistema productivo como el consumo sostenible que represente un cambio significativo en el mercado, también se sugiere que los productores implementen sistemas silvopastoriles, sistemas intensivos, ganadería regenerativa y otras alternativas innovadoras que surjan con el tiempo para la mejora. Con este estudio se quiere brindar información científica para que el gobierno colombiano tome decisiones importantes acerca la sostenibilidad del sistema productivo de la carne de res en el país.

Palabras clave: carne de res, impactos ambientales, evaluación del ciclo de vida, fermentación entérica, huella de carbono, toma de decisiones ambientales.

RESUMO

A sociedade atual enfrenta muitos desafios relacionados à segurança alimentar, por isso é importante ter uma produção que atenda à demanda, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Uma das proteínas mais procuradas hoje é a carne bovina, que tem sido amplamente criticada por seus impactos ambientais e emissões de gases de efeito estufa, principalmente da fermentação entérica. Este estudo é motivado principalmente pela falta de informações científicas na Colômbia sobre os impactos ambientais da produção de gado de corte. Assim, esta pesquisa tem como objetivo estimar alguns dos impactos da produção de carne em sistemas extensivos utilizando o método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) sob um determinado cenário, considerando todas as fases de produção com um rebanho de 1711 animais. O estudo foi realizado com dados fornecidos por fazenda localizada em Antioquia - Colômbia, e a unidade funcional (UF) foi definida como 1 kg de Peso Vivo (PV). O escopo deste estudo foi de porta em porta onde se inclui toda a produção agrícola, são revisados os insumos e produtos do sistema; Para calcular as emissões de metano e óxido nitroso, foi utilizado o Refinamento de 2019 às Diretrizes do IPCC de 2006 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, modelando os resultados com o software Umberto LCA +, usando o banco de dados Ecoinvent v3. A pegada de carbono obtida para o sistema foi de 15,58 kg de CO₂ eq. por kg de peso vivo (PV) e a quantificação dos demais impactos associados, que permitem concluir que o consumo da carne bovina tem efeitos negativos sobre o meio ambiente, visto que é o alimento que em sua produção primária gera os maiores impactos ambientais, especialmente associados com emissões de gases de efeito estufa e mudança no uso da terra. Portanto, são sugeridas algumas medidas que podem ajudar a mitigar os impactos ambientais deste sistema produtivo, como o consumo sustentável que representa uma mudança significativa no mercado, sugere-se também que os produtores implementem sistemas silvipastoris, sistemas intensivos, pecuária regenerativa e outras alternativas. inovações que surgem com o tempo para melhorias. Este estudo visa fornecer informações científicas para que o governo colombiano possa tomar decisões importantes sobre a sustentabilidade do sistema de produção de carne bovina no país.

Palavras-chave: carne bovina, impactos ambientais, avaliação do ciclo de vida, fermentação entérica, pegada de carbono, tomada de decisão ambiental.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. APLICACIÓN EN LA UEB LOS ATREVIDOS DE VILLA CLARA

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON FOOD PRODUCTION THROUGH THE LIFE CYCLE ANALYSIS. APPLICATION IN THE UEB LOS AREVIDOS DE VILLA CLARA

AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS POR MEIO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA. APLICAÇÃO NA UEB LOS AREVIDOS DE VILLA CLARA

Dra. C. Belkis F. Guerra Valdés^{*1}, Dra.C. Elena R. Rosa Domínguez ², Ing. María Teresa Pérez Padilla ³, MSc. Marlene Dupin Fonseca ¹, MSc. Eusebio Vladimir Ibarra Hernández ¹, Ing. Gladys Leyva Depestre ³

¹Centro de Estudio de Química Aplicada, CEQA. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5¹/₂, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. belkisgv@uclv.edu.cu

²Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5¹/₂, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. erosa@uclv.edu.cu, marlenedf@uclv.edu.cu, eusebioih@uclv.edu.cu

³ Empresa de conserva de frutas y vegetales "Los Atrevidos", Santa Clara, Villa Clara, Cuba. gladys@conserva.alinet.cu

RESUMEN

La industria cubana no se caracteriza por ser la más desarrollada, o por utilizar tecnologías de punta, razón por la cual el cuidado a la gestión medioambiental que se realiza dentro de ellas es vital para su perfeccionamiento. La fábrica Álvaro Barba, perteneciente a la Empresa Los Atrevidos de Santa Clara tiene como misión brindar productos de alta calidad a los clientes. Dentro de la gama de producciones desarrolladas se encuentra una variada línea de productos en conserva.

En la actualidad es tarea común lograr que en cada zona industrial del país se realicen estudios que demuestren la viabilidad ecológica para el medio ambiente de los procesos productivos, por lo que realizar un diagnóstico ambiental como punto de partida para definir e implementar acciones de Producción más Limpia (P+L) que permitan mitigar y/o solucionar los aspectos ambientales identificados en esta entidad, se convierte en prioridad número uno. El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto ambiental generado por el proceso productivo en la fábrica de conserva de frutas y vegetales Álvaro Barba.

Para el desarrollo del trabajo se utiliza la investigación descriptiva, en base al análisis de documentos normativos, revisión del estado del arte sobre el tema de investigación, estudios previos sobre el tema de Análisis de Ciclo de Vida realizados en Cuba (Rosa et al., 2019) combinado con la aplicación de métodos científicos de análisis como balances de masa y energía, caracterización de los residuos y estimación de emisiones a partir de factores de emisión.

Se empleó el software *SimaPro* (Goedkoop y Oele, 2016) a través del cual se obtuvieron los perfiles ambientales de cada uno de los productos analizados (pure de tomate, mermelada de guayaba y encurtido de col), considerando diferentes categorías de impacto con un enfoque desde la cuna hasta la puerta, que tiene como limitación la no consideración de la etapa agrícola de los productos. Se consideró como unidad funcional una (1) tonelada de cada producto analizado. Los datos fueron recolectados en la entidad, de la literatura y de estudios similares. Para la evaluación del impacto se utilizó la metodología *ReCiPe* punto final y punto medio. Se obtuvieron los indicadores de las 22 categorías de impacto y de las tres categorías de daño y la contribución de cada proceso considerado expresado en porcentaje de contribución. Con *ReCiPe* punto final se obtuvieron los perfiles ambientales de los tres sistemas – producto en estudio, expresados en puntos.

Al comparar los casos en estudio, empleando el método *ReCiPe* punto medio, por categorías se puede concluir que, en las categorías de calentamiento global, radiación ionizante, formación de ozono, formación de material particulado, acidificación terrestre, eco toxicidad, toxicidad carcinogénica y no carcinogénica y escasez

de recursos, el puré de tomate tiene la mayor contribución, la causa es que durante este proceso se alcanzan los mayores consumos de electricidad y combustible. Esto conlleva a mayores emisiones de gases. Una contribución importante a la categoría escases de recursos es el uso de envases de aluminio.

Por el método de punto final se obtienen los perfiles ponderados expresados en puntos y se comparan los resultados por categorías de impactos. Se obtuvo que las categorías más impactadas son el calentamiento global, salud humana y la formación de material particulado, el proceso de mayor contribución es el puré de tomate, pues es el proceso que más contribuye a la emisión de gases durante su desarrollo, debido al alto consumo de vapor. La mermelada de guayaba también impacta sobre algunas categorías, aunque en menor escala, esto se debe al baño maría, a la esterilización de las latas con vapor y la cocción en los tachos, pues estas acciones demandan el consumo de vapor, por lo que aumentan las emisiones de gases en la caldera.

Las medidas propuestas se orientan para el uso eficiente de: el agua, la energía, las materias primas e insumos y para la reducción de los residuos y emisiones en el proceso de producción de frutas y vegetales y la sustitución de envases de aluminio por envases plásticos que pueden ser reciclados. Su puesta en práctica logrará no solo beneficios medioambientales sino también técnicos y económicos.

Con el objetivo de comprobar la factibilidad medioambiental de alguna de las propuestas anteriores, se realizó una comparación de cada proceso de producción antes y después de implementar las medidas. Se demostró como a partir de la aplicación de las medidas propuestas, relacionadas fundamentalmente con la disminución de las emisiones de gases, se logra un cambio positivo en los tres sistema- producto estudiados, lográndose reducir los impactos en todos los casos en más de un 50%.

Se muestra como ejemplo el proceso de producción de puré de tomate, donde se obtienen resultados muy positivos, logrando reducir el impacto ambiental en un 75 %.

Palabras claves: Conservas frutas y vegetales, ACV, P+L.

ABSTRACT

Cuban industry is not characterized by being the most developed, or by using state-of-the-art technologies, which is why the care for environmental management that is carried out within them is vital for its improvement. The Álvaro Barba factory, belonging to the Los Atrevidos de Santa Clara Company, has the mission of providing high quality products to customers. Within the range of products developed there is a varied line of canned products.

At present, it is a common task to achieve that in each industrial zone of the country studies are carried out that demonstrate the ecological viability for the environment of the production processes, therefore, carry out an environmental diagnosis as a starting point to define and implement more Production actions. Clean (P + L) that allow mitigating and / or solving the environmental aspects identified in this entity, becomes priority number one. The objective of this research is to evaluate the environmental impact generated by the production process in the Álvaro Barba fruit and vegetable canning factory.

For the development of the work, descriptive research is used, based on the analysis of normative documents, a review of the state of the art on the research topic, previous studies on the topic of Life Cycle Analysis carried out in Cuba (Rosa et al., 2019) combined with the application of scientific methods of analysis such as mass and energy balances, characterization of waste and estimation of emissions based on emission factors.

The SimaPro software (Goedkoop and Oele, 2016) was used through which the environmental profiles of each of the analyzed products were obtained (tomato puree, guava jam and cabbage pickle), considering different impact categories with an approach from the cradle to the door, which is limited by not considering the agricultural stage of the products. One (1) ton of each product analyzed was considered as a functional unit. The data were collected in the entity, from the literature and from similar studies. For the impact evaluation, the ReCiPe endpoint and midpoint methodology was used. The indicators of the 22 impact categories and the three damage categories and the contribution of each process considered expressed in percentage of contribution were obtained. With ReCiPe end point, the environmental profiles of the three systems - product under study were obtained, expressed in points.

When comparing the cases under study, using the ReCiPe midpoint method, by categories, it can be concluded that, in the categories of global warming, ionizing radiation, ozone formation, particulate matter formation, earth acidification, eco-toxicity, carcinogenic toxicity and not carcinogenic and shortage of resources, tomato puree has the greatest contribution, the reason being that during this process the highest consumption of electricity and fuel are reached. This leads to higher gas emissions. An important contribution to the resource scarcity category is the use of aluminum packaging.

Using the end point method, the weighted profiles expressed in points are obtained and the results are compared by impact categories. It was obtained that the most impacted categories are global warming, human health and the formation of particulate material, the process with the greatest contribution is tomato puree, as it is the process that contributes the most to the emission of gases during its development, due to high steam consumption. Guava jam also has an impact on some categories, although on a smaller scale, this is due to the water bath, the sterilization of cans with steam and cooking in the cans, since these actions demand the consumption of steam, so they increase gas emissions in the boiler.

The proposed measures are aimed at the efficient use of: water, energy, raw materials and inputs and for the reduction of waste and emissions in the fruit and vegetable production process and the replacement of aluminum containers by plastic containers that can be recycled. Its implementation will achieve not only environmental benefits but also technical and economic.

In order to verify the environmental feasibility of any of the previous proposals, a comparison of each production process was carried out before and after implementing the measures. It was demonstrated that from the application of the proposed measures, mainly related to the reduction of gas emissions, a positive change is achieved in the three system-product studied, reducing the impacts in all cases by more than 50 %.

The tomato puree production process is shown as an example, where very positive results are obtained, reducing the environmental impact by 75%.

Keywords: Canned fruits and vegetables, ACV, P + L.

RESUMO

A indústria cubana não se caracteriza por ser a mais desenvolvida, nem por utilizar tecnologias de ponta, por isso o cuidado com a gestão ambiental que nela se realiza é vital para o seu aperfeiçoamento. A fábrica de Álvaro Barba, pertencente à empresa Los Atrevidos de Santa Clara, tem como missão fornecer aos clientes produtos de elevada qualidade. Dentro da gama de produtos desenvolvidos encontra-se uma linha variada de produtos enlatados.

Presentemente, é tarefa comum conseguir que em cada zona industrial do país sejam realizados estudos que demonstrem a viabilidade ecológica para o meio ambiente dos processos de produção, por isso, realizar um diagnóstico ambiental como ponto de partida para definir e implementar mais ações de Produção. Limpos (P + L) que permitem mitigar e / ou solucionar os aspectos ambientais identificados nesta entidade, passa a ser a prioridade número um. O objetivo desta pesquisa é avaliar o impacto ambiental gerado pelo processo produtivo da fábrica de conservas de frutas e vegetais Álvaro Barba.

Para o desenvolvimento do trabalho, utiliza-se pesquisa descritiva, com base na análise de documentos normativos, revisão do estado da arte sobre o tema de pesquisa, estudos anteriores sobre o tema Análise do Ciclo de Vida realizados em Cuba (Rosa et al., 2019) combinado com a aplicação de métodos científicos de análise, como balanços de massa e energia, caracterização de resíduos e estimativa de emissões com base em fatores de emissão.

Foi utilizado o software SimaPro (Goedkoop e Oele, 2016) por meio do qual foram obtidos os perfis ambientais de cada um dos produtos analisados (purê de tomate, geleia de goiaba e pickles de repolho), considerando diferentes categorias de impacto com uma abordagem do berço à porta, o que é limitado por não se considerar o estágio agrícola dos produtos. Uma (1) tonelada de cada produto analisado foi considerada uma unidade funcional. Os dados foram coletados na entidade, na literatura e em estudos semelhantes. Para a avaliação de impacto, foi utilizado o parâmetro ReCiPe e a metodologia do ponto médio. Foram obtidos os indicadores das 22 categorias de impacto e das três categorias de danos e a contribuição de cada processo considerado expresso em porcentagem de contribuição. Com o endpoint ReCiPe, foram obtidos os perfis ambientais dos três sistemas - produto em estudo, expressos em pontos.

Na comparação dos casos em estudo, utilizando o método do ponto médio ReCiPe, por categorias, pode-se concluir que, nas categorias aquecimento global, radiação ionizante, formação de ozônio, formação de material particulado, acidificação terrestre, ecotoxicidade, toxicidade carcinogênica e não cancerígeno e com escassez de recursos, o purê de tomate tem a maior contribuição, sendo que durante esse processo se atinge o maior consumo de energia elétrica e combustível. Isso leva a maiores emissões de gases. Uma contribuição importante para a categoria de escassez de recursos é o uso de embalagens de alumínio.

Usando o método do ponto final, os perfis ponderados expressos em pontos são obtidos e os resultados são comparados por categorias de impacto. Obteve-se que as categorias mais impactadas são aquecimento global, saúde humana e formação de material particulado, o processo com maior contribuição é o purê de tomate, pois é o processo que mais contribui para a emissão de gases durante o seu desenvolvimento, devido à alto consumo de vapor. A geleia de goiaba também tem impacto em algumas categorias, embora em menor escala, isso se

deve ao banho-maria, à esterilização das latas com vapor e ao cozimento nas latas, pois essas ações demandam o consumo de vapor, por isso aumentam emissões de gases na caldeira.

As medidas propostas visam o uso eficiente de: água, energia, matérias-primas e insumos e para a redução de resíduos e emissões no processo produtivo de frutas e hortaliças e a substituição de embalagens de alumínio por embalagens plásticas que pode ser reciclado. Sua implementação trará benefícios não apenas ambientais, mas também técnicos e econômicos.

Para verificar a viabilidade ambiental de alguma das propostas anteriores, foi efectuada uma comparação de cada processo de produção antes e depois da implementação das medidas. Foi demonstrado que a partir da aplicação das medidas propostas, principalmente relacionadas à redução das emissões de gases, consegue-se uma mudança positiva nos três sistemas-produto estudados, reduzindo os impactos em todos os casos em mais de 50 %.

O processo de produção do purê de tomate é mostrado como exemplo, onde resultados muito positivos são obtidos, reduzindo o impacto ambiental em 75%.

Palavras chaves: Frutas e vegetais enlatados, ACV, P + L.

A IMPLEMENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ECOEFICIÊNCIA NO DESAFIO DE MÁXIMA PRODUTIVIDADE DO CESB

THE IMPLEMENTATION OF ECO-EFFICIENCY ANALYSIS IN THE CESB “MAXIMUM YIELD CHALLENGE”

LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE ECOEFICIENCIA EN EL RETO DE LA MÁXIMA PRODUCTIVIDAD DEL CESB

Michelle Tereza Scachetti ^{1*}, João Pascoalino ², Luiz Antonio da Silva ²

¹ Fundação Espaço Eco, Estrada Ribeirão do Soldado, 230, São Bernardo do Campo, SP, Brasil. michelle.scachetti@basf.com

² COMITE ESTRATÉGICO SOJA BRASIL - CESB, Rua Paulo Antônio do Nascimento, 145, Sorocaba, SP, Brasil cesb@cesbrasil.org.br

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com produção recorde na safra 2019/20 de 124,8 milhões de toneladas, superior em 4,3% em relação à safra anterior. Com uma área plantada de 36,95 milhões de hectares e registrando nesta safra a terceira maior produtividade média, a cadeia produtiva da soja reúne mais de 243 mil produtores e um mercado de 1,4 milhões de empregos.

A relevância desta commodity para o país e o recente aumento da pressão de stakeholders da cadeia sobre questões de responsabilidade socioambiental, as quais se traduzem em novas certificações, requisitos adicionais de acesso à mercados, entre outros fatores, compreendem fundamental importância para o fomento da produção sustentável pelas entidades e organizações relacionadas a este importante setor.

Neste sentido, o Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) apresenta um papel de destaque devido a sua atuação de longa data no aspecto de estímulo à produtividade e sustentabilidade do produtor de soja. Formado por profissionais e pesquisadores de diversas áreas com o propósito de trabalhar estrategicamente e utilizar os conhecimentos adquiridos nas suas respectivas carreiras em prol da sojicultura nacional. O CESB é uma entidade sem fins lucrativos que possui como ação principal o Desafio Nacional de Máxima Produtividade de Soja.

O Desafio avalia áreas de sojicultores participantes, reconhecendo aqueles que alcançam elevados resultados em produtividade, observando-se critérios legais, contábeis e técnicos de alta diferenciação, considerando ainda aspectos como particularidades geográficas, edafoclimatológicas e categoria de produção, como soja irrigada e sequeiro.

Visando garantir ainda mais robustez no aspecto da sustentabilidade, em 2019 o CESB buscou a Fundação Espaço Eco (FEE) para desenvolver um projeto em caráter piloto, o qual teve como objetivo analisar a Ecoeficiência dos vencedores do Desafio, visando a futura incorporação da ferramenta como um novo critério a ser avaliado nas próximas edições.

A Análise de Ecoeficiência (AEE®) foi desenvolvida pela BASF em 1996 e é aplicada pela FEE, organização sem fins lucrativos criada e mantida pela companhia. A AEE® combina a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com os Custos do Ciclo de Vida (CCV) e segue as diretrizes das normas ISO 14040: 2006 e ISO 14044:2006 e ISO 14045:2012.

A AEE® é validada por organismos de terceira parte e constantemente atualizada, de modo que a versão mais recente foi utilizada neste estudo, tendo como base de dados e software de apoio à análise o GaBi ts (o qual contém a GaBi Database). Para dados de *background*, quando não foi possível obter dados da GaBi Database, utilizou-se a base de dados Ecoinvent V 3.4.

Com relação aos dados de entrada para a modelagem do estudo, foram coletados dados primários, por meio de entrevistas e auditorias realizadas diretamente com os produtores e em suas respectivas áreas de produção de soja, por meio de especialistas técnicos do CESB durante todo o desafio que foi de outubro/2019 a maio/2020, período que engloba o cultivo de soja de norte a sul no Brasil.

Em consonância com os dados coletados, foi delineado para execução do estudo o seguinte escopo: análise comparativa do “berço à porteira” para a unidade de 1 kg de soja produzida na safra 2019/2020 nas regiões Sul (categoria sequeiro e irrigado), Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (categoria sequeiro). Comparou-se produtores com as maiores produtividades versus produtores com produtividades médias de cada região.

De forma geral, observaram-se melhores resultados em Ecoeficiência para os produtores com as maiores produtividades para todas as regiões, com exceção da região Centro-Oeste. Para esta região é importante destacar que houve um manejo específico no período considerado (safra 2019/2020), onde foi observado maior aporte de insumos de origem mineral em comparação com a média, a qual não aplicou gesso agrícola e apresentou menor aporte de defensivos (Fungicidas -76%; Inseticida -66%; Óleo Mineral -95%). A soma desses fatos, resultou em uma alta contribuição para o Esgotamento de Recursos Minerais e Metálicos para esta região, caracterizando um desempenho desfavorável.

Contudo, as necessidades de manejo e aplicações de insumos são específicas para cada safra. Nesse sentido, encontrou-se uma limitação intrínseca à consideração de uma única safra, logo, o comportamento do resultado para a região Centro-oeste pode tomar um rumo bem distinto em safras subsequentes, principalmente em função do planejamento que o produtor irá adotar.

Para uma análise futura, trabalhar com base de dados históricos (mais de uma safra), pode aumentar a representatividade e evitar flutuações distorcidas entre uma safra e outra, bem como considerar o sistema produtivo como um todo, tipo de sistema: convencional ou plantio direto e/ou outras culturas: milho, algodão, trigo, etc.

As recomendações mencionadas anteriormente, bem como o sucesso deste estudo piloto, gerou aprendizados a todos os envolvidos. Cabe destacar que atualmente as organizações, CESB e FEE estão trabalhando juntas a incorporação da AEE no Desafio do CESB, sempre buscando garantir a excelência da execução de todas as etapas de uma Análise de Ecoeficiência.

Palavras-chave: soja, produtividade, Análise de Ecoeficiência

ABSTRACT

Brazil is the world's largest soybean producer, with record production in the 2019/20 harvest of 124.8 million tons, 4.3% higher than the previous harvest. With a planted area of 36.95 million hectares and registering the third highest average productivity in this harvest, the soy production chain brings together more than 243 thousand producers and a market of 1.4 million jobs.

The relevance of this commodity for the country and the recent increase in pressure from stakeholders in the chain on issues of social and environmental responsibility, which translate into new certifications, additional requirements for access to markets, among other factors, comprise fundamental importance for the promotion of production by entities and organizations related to this important sector.

In this sense, the Soy Brasil Strategic Committee (CESB) has a prominent role due to its long-standing role in stimulating the productivity and sustainability of the soy producer. Formed by professionals and researchers from different areas with the purpose of working strategically and using the knowledge acquired in their respective careers in favor of national soybean. CESB is a non-profit entity whose main action is the National Challenge of Maximum Soy Productivity.

The Challenge assesses areas of participating soybean growers, recognizing those that achieve high productivity results, observing highly differentiated legal, accounting and technical criteria, also considering aspects such as geographic, edaphoclimatological particularities and production category, such as irrigated and rainfed soy.

In order to ensure even more robustness in terms of sustainability, in 2019, CESB sought the Espaço Eco Foundation (FEE) to develop a pilot project, which aimed to analyze the Ecoefficiency of the Challenge winners, aiming at the future incorporation of the tool as a new criterion to be evaluated in the next editions.

The Ecoefficiency Analysis (EEA®) was developed by BASF in 1996 and is applied by FEE, a non-profit organization created and maintained by the company. EEA® combines Life Cycle Assessment (LCA) with Life Cycle Costs (LCC) and follows the guidelines of ISO 14040: 2006 and ISO 14044: 2006 and ISO 14045: 2012.

The EEA® is validated by third party organizations and constantly updated, so that the most recent version was used in this study, using the GaBi ts (which contains the GaBi Database) as a database and software to support the analysis. For background data, when it was not possible to obtain data from the GaBi Database, the Ecoinvent V 3.4 database was used.

Regarding the input data for the modeling of the study, primary data were collected, through interviews and audits carried out directly with the producers and in their respective soy production areas, through CESB techni-

cal experts during the entire challenge that was from October / 2019 to May / 2020, a period that encompasses the cultivation of soy from north to south in Brazil.

In line with the data collected, the following scope was outlined for the execution of the study: comparative analysis of the "cradle to gate" for the 1 kg unit of soy produced in the 2019/2020 harvest in the South (dry and irrigated categories), southeast, midwest and northeast (rainfed category). Producers with the highest yields were compared to producers with average yields in each region.

In general, better results were observed in Ecoefficiency for producers with the highest productivity for all regions, with the exception of the Midwest region. For this region, it is important to highlight that there was a specific management in the period considered (harvest 2019/2020), where a greater supply of mineral inputs was observed in comparison with the average, which did not apply agricultural plaster and presented a lower amount of pesticides (Fungicides -76%; Insecticide - 66%; Mineral Oil - 95%). The sum of these resulted in a high contribution to the Depletion of Mineral and Metallic Resources for this region, characterizing an unfavorable performance.

However, the needs for management and application of inputs are specific to each harvest. In this sense, an intrinsic limitation to the consideration of a single harvest was found, therefore, the behavior of the result for the Midwest region may take a very different direction in subsequent harvests, mainly due to the planning that the producer will adopt.

For future analysis, working with historical data (more than one crop), can increase the representativeness and avoid distorted fluctuations between one crop and another, as well as considering the productive system as a whole, type of system: conventional or no-till and / or other crops: corn, cotton, wheat, etc.

The recommendations mentioned above, as well as the success of this pilot study, generated learning for everyone involved. It is worth noting that currently the organizations, CESB and FEE are working together to incorporate EEA into the CESB Challenge, always seeking to guarantee the excellence of the execution of all stages of an Eco-Efficiency Analysis.

Keywords: soybean, yield, Ecoefficiency Analysis

RESUMO

Brasil es el mayor productor de soja del mundo, con una producción récord en la cosecha 2019/20 de 124,8 millones de toneladas, un 4,3% más que la cosecha anterior. Con una superficie sembrada de 36,95 millones de hectáreas y registrando la tercera productividad media más alta en esta cosecha, la cadena de producción de soja aglutina a más de 243 mil productores y un mercado de 1,4 millones de puestos de trabajo.

La relevancia de este commodity para el país y el reciente aumento de la presión de los actores de la cadena en temas de responsabilidad socioambiental, que se traducen en nuevas certificaciones, requisitos adicionales de acceso a los mercados, entre otros factores, comprenden una importancia fundamental para la promoción de la producción. por entidades y organizaciones relacionadas con este importante sector.

En este sentido, el Comité Estratégico de Soy Brasil (CESB) tiene un papel destacado debido a su papel de larga data en el estímulo de la productividad y sostenibilidad del productor de soja. Formado por profesionales e investigadores de diferentes áreas con el propósito de trabajar estratégicamente y utilizar los conocimientos adquiridos en sus respectivas carreras a favor de la soja nacional. CESB es una entidad sin fines de lucro cuya acción principal es el Desafío Nacional de Máxima Productividad de Soja.

El Reto evalúa áreas de los productores de soja participantes, reconociendo aquellos que logran resultados de alta productividad, observando criterios legales, contables y técnicos altamente diferenciados, considerando también aspectos como particularidades geográficas, edafoclimatológicas y categoría de producción, como soja de regadío y de secano.

Con el fin de asegurar aún más robustez en términos de sostenibilidad, en 2019 CESB buscó a la Fundación Espaço Eco (FEE) para desarrollar un proyecto piloto, que tenía como objetivo analizar la Ecoeficiencia de los ganadores del Desafío, apuntando a la futura incorporación de la herramienta como nuevo criterio a evaluar en las próximas ediciones.

El Análisis de Ecoeficiencia (AEE®) fue desarrollado por BASF en 1996 y es aplicado por FEE, una organización sin fines de lucro creada y mantenida por la empresa. AEE® combina la evaluación del ciclo de vida (LCA) con los costos del ciclo de vida (LCC) y sigue las pautas de ISO 14040: 2006 e ISO 14044: 2006 e ISO 14045: 2012.

El AEE® está validado por organizaciones de terceros y se actualiza constantemente, por lo que en este estudio se utilizó la versión más reciente, utilizando GaBi ts (que contiene la base de datos GaBi) como base de

datos y software para respaldar el análisis. Para los datos de background, cuando no fue posible obtener datos de la base de datos GaBi, se utilizó la base de datos Ecoinvent V 3.4.

En cuanto a los datos de entrada para la modelación del estudio, se recolectaron datos primarios, a través de entrevistas y auditorías realizadas directamente con los productores y en sus respectivas áreas de producción de soja, a través de técnicos especialistas del CESB durante todo el desafío que fue de octubre / 2019 a mayo / 2020, período que abarca el cultivo de soja de norte a sur en Brasil.

En línea con los datos recolectados, se delineó el siguiente alcance para la ejecución del estudio: análisis comparativo del “cradle to gate” para la unidad de 1 kg de soja producida en la cosecha 2019/2020 en el Sur (secano y regada), sureste, medio oeste y noreste (categoría de secano). Se comparó a los productores con los rendimientos más altos versus los productores con rendimientos promedio en cada región.

En general, se observaron mejores resultados en Ecoeficiencia para los productores con mayor productividad para todas las regiones, con excepción de la región Medio Oeste. Para esta región, es importante resaltar que hubo un manejo específico en el período considerado (cosecha 2019/2020), donde se observó una mayor oferta de insumos minerales en comparación con la media, que no aplicó yeso agrícola y presentó un menor cantidad de pesticidas (Fungicidas -76%; Insecticida -66%; Aceite Mineral -95%). La suma de estos hechos, resultó en una alta contribución al Agotamiento de Recursos Minerales y Metálicos para esta región, caracterizando un desempeño desfavorable.

Sin embargo, las necesidades de manejo y aplicación de insumos son específicas de cada cosecha. En este sentido, se encontró una limitación intrínseca a la consideración de una cosecha única, por lo que el comportamiento del resultado para la región Medio Oeste puede tomar un rumbo muy diferente en las cosechas posteriores, principalmente debido a la planificación que adoptará el productor.

Para futuros análisis, trabajar con datos históricos (más de un cultivo), puede incrementar la representatividad y evitar fluctuaciones distorsionadas entre un cultivo y otro, así como considerar el sistema productivo en su conjunto, tipo de sistema: convencional o sin labranza y / u otros cultivos: maíz, algodón, trigo, etc.

Las recomendaciones mencionadas anteriormente, así como el éxito de este estudio piloto, generaron aprendizaje para todos los involucrados. Cabe destacar que actualmente las organizaciones, CESB y FEE están trabajando juntas para incorporar el AEE® al Rato de CESB, buscando siempre garantizar la excelencia en la ejecución de todas las etapas de un Análisis de Ecoeficiencia.

Palabra clave: soja, productividad, Análisis de Ecoeficiencia.

EXPANSÃO DO CULTIVO DO CACAU NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS DE ESCASSEZ HÍDRICA UTILIZANDO OS FATORES DE CARACTERIZAÇÃO DO AWARE

Kelly Félix Olegário ^{1*}, Edilene Pereira Andrade ^{2,3}, Maria Cléa de Brito Figueiredo ⁴, José Adolfo de Almeida Neto ⁵

¹ Universidade Estadual de Santa Cruz, campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, km 16, Ilhéus, 45662-900, Brasil. kfolegario@uesc.br

² Institute of Agrifood Research and Technology. Torre Marimon, 08140 Caldes de Montbui, Barcelona, Spain. edilene.pereira@irta.cat

³ Departament d'Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili, Av. Països Catalans, 26, 43007 Tarragona, Spain

⁴ Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Doutora Sara Mesquita 2270 Pici - 60511-110 Fortaleza, Ceará. clea.figueiredo@embrapa.br

⁵ Universidade Estadual de Santa Cruz, campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, km 16, Ilhéus, 45662-900, Brasil. jalmeida@uesc.br

INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao*) é uma importante cultura agrícola no Brasil, sendo o cacau conhecido principalmente por ser matéria-prima na fabricação do chocolate (CONAB, 2019). Há uma tendência de crescimento na demanda por cacau para os próximos anos, impulsionada tanto pelo consumo de chocolates como pela utilização dos ingredientes a base de cacau (Moda et al., 2019).

Entre os fatores limitantes para a produção de cacau, destaca-se a disponibilidade hídrica ou precipitação (Almeida e Valley, 2007). Trabalhos têm demonstrado aumento na produtividade do cacau com o uso da irrigação, além de mitigar os efeitos do déficit hídrico provocado pelos períodos sem precipitações pluviométricas (Babadele, 2018; Begiato et al., 2009; Bessa Leite, 2013; Leite et al., 2012; MAPA, 2017), apresentando viabilidade econômica e oportunidade de investimentos para a cultura em áreas não tradicionais, como as zonas semiáridas do Nordeste (Almeida, 2014; Babadele, 2018).

A expansão do cultivo do cacau para áreas não tradicionais passou a ser uma necessidade para o sucesso do agronegócio (SEAGRI, 2015). Esse processo perpassa pela identificação de áreas potenciais para o cultivo dos cacauzeiros (Grego e Vieira, 2005; Oliveira et al., 2008; Silva et al., 2010). Entretanto, no zoneamento do cacau, os riscos analisados, majoritariamente, foram aqueles associados a condições térmicas e hídricas prejudiciais ou impeditivas à cultura, não levando em consideração o potencial risco de escassez hídrica das regiões consideradas para a expansão do cultivo.

A escassez hídrica é definida como o desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda de água (ISO, 2014). Um dos modelos utilizados para avaliar a escassez hídrica provocado pelo sistema ou produto é o AWARE (BOULAY et al., 2017). Esse modelo, a partir dos seus fatores de caracterização, avalia o potencial relativo da privação de água, tanto para os seres humanos como para os ecossistemas, considerando que quanto menos água estiver disponível por área, maior a probabilidade de que outro usuário seja afetado pela escassez (BOULAY et al., 2016). O modelo foi regionalizado em Andrade et al. (2019) para os limites hidrogeográficos brasileiros, Unidades Hidrográficas Estaduais (UHE) determinados pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Sabe-se que, a região do Nordeste é a que mais sofre com problemas de escassez no Brasil (ANA, 2019). Desse modo, o objetivo desse trabalho é classificar qualitativamente o potencial de escassez hídrica dos municípios considerados no zoneamento agrícola em áreas não tradicionais para a expansão do cultivo do cacau irrigado no Semiárido brasileiro.

Este trabalho utilizou os zoneamentos agroclimáticos do cacau nos estados do Ceará (MAPA, 2019a), Rio Grande do Norte (MAPA, 2019b), Paraíba (MAPA, 2019c) e Pernambuco (Mapa, 2019d), cujo percentual de área inserida no Semiárido brasileiro supera os 85%. A partir dos zoneamentos, os municípios considerados para expansão do cultivo irrigado do cacau foram identificados e, posteriormente, foram associados aos fatores de caracterização regionalizados do modelo AWARE e classificados qualitativamente quanto ao potencial de escassez hídrica do município. Os fatores de caracterização (FC) são classificados qualitativamente em relação

ao potencial de escassez hídrica a partir da seguinte escala (Andrade *et al.*, 2019): (FC <0.1, “Muito Baixo”); (0.2 < FC < 33.3, “Baixo”); (33.4 < FC < 66.6, “Médio”); (66.7 < FC < 99.9, “Alto”); (FC = 100, “Muito Alto”).

Para o Ceará, o zoneamento agroclimático considerou 183 municípios (99.4% do total de municípios no estado) como aptos a cultivar o cacau irrigado. Desses municípios, de acordo com os fatores de caracterização de Andrade *et al.* (2019), 79% são considerados como ‘alto potencial de escassez hídrica’ e 21% como ‘muito alto potencial de escassez hídrica’. Já no zoneamento da Paraíba considerou 222 municípios (99,1% do total), 56% são considerados como ‘Alto’, 3% ‘Muito Alto’ e 41% ‘médio potencial de escassez hídrica’. Para o Pernambuco também foi considerado 99,1% dos municípios para o zoneamento, ou seja, 184 municípios, dos quais 27% são considerados como ‘Alto’, 30% ‘Muito Alto’, 36% ‘Médio’ e 7% ‘Baixo’. No Rio Grande do Norte, 58% dos municípios são ‘Alto’, 13% ‘Muito Alto’ e 30% ‘Médio’, considerando 99,4% dos 166 municípios.

A partir dos resultados mostrados, identificou-se que 54,6% e 16% dos municípios considerados para expansão do cultivo do cacau irrigado estão em áreas cujo potencial de escassez hídrica são “Muito Alto” e “Alto”, respectivamente. O Ceará é o que possui o maior número de municípios com alto potencial de escassez hídrica e o Pernambuco foi o único que apresentou municípios com baixo potencial de escassez. Assim, a irrigação nesses locais deve ser feita de maneira adequada, evitando desperdícios, principalmente, para que não comprometa as demandas essenciais dos municípios. Desse modo, percebeu-se que o uso de fatores de caracterização de escassez hídrica podem auxiliar os zoneamentos agroclimáticos ao agregar um novo parâmetro a ser considerado nos estudos, o potencial de escassez hídrica do município. O uso desse fator, não necessariamente excluiria o município para a expansão do cultivo, no entanto, áreas com menor potencial de escassez hídrica deveriam ser tomadas como prioridade para expansão.

Palavras-chave: expansão do cacau, zoneamento agrícola, AWARE, gestão pública, Semiárido brasileiro.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo agrícola importante en Brasil, siendo el cacao conocido principalmente por ser una materia prima en la fabricación de chocolate (CONAB, 2019). Existe una tendencia creciente en la demanda de cacao para los próximos años, impulsada tanto por el consumo de chocolates como por el uso de ingredientes a base de cacao (Moda *et al.*, 2019).

Entre los factores limitantes para la producción de cacao, se destaca la disponibilidad de agua o las precipitaciones (Almeida y Valley, 2007). Los estudios han demostrado un aumento de la productividad del cacao con el uso del riego, además de mitigar los efectos del déficit hídrico provocado por períodos sin lluvias (Babadele, 2018; Begiato *et al.*, 2009; Bessa Leite, 2013; Leite *et al.*, 2012; MAPA, 2017), presentando viabilidad económica y oportunidades de inversión para la cultura en áreas no tradicionales, como las zonas semiáridas del Nordeste (Almeida, 2014; Babadele, 2018).

La expansión del cultivo del cacao a áreas no tradicionales se ha convertido en una necesidad para el éxito de la agroindustria (SEAGRI, 2015). Este proceso pasa por la identificación de áreas potenciales para el cultivo de árboles de cacao (Grego y Vieira, 2005; Oliveira *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010). Sin embargo, en la zonificación del cacao, los riesgos analizados, en su mayoría, fueron los asociados a condiciones nocivas e impedimentos térmicos y hídricos para el cultivo, sin tomar en cuenta el riesgo potencial de escasez de agua en las regiones consideradas para la expansión del cultivo.

La escasez de agua se define como el desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua (ISO, 2014). Uno de los modelos utilizados para evaluar la escasez de agua provocada por el sistema o producto es AWARE (BOULAY *et al.*, 2017). Este modelo, a partir de sus factores de caracterización, evalúa el potencial relativo de privación de agua, tanto para humanos como para ecosistemas, considerando que a menor disponibilidad de agua por área, mayor probabilidad de que otro usuario se vea afectado por la escasez (BOULAY *et al.*, 2016). El modelo fue regionalizado por Andrade *et al.* (2019) para los límites hidrogeográficos brasileños, Unidades Hidrográficas Estatales (UHE) determinadas por la Agencia Nacional del Agua (ANA).

Se sabe que la región Nordeste es la que más sufre problemas de escasez en Brasil (ANA, 2019). Así, el objetivo de este trabajo es clasificar cualitativamente el potencial de escasez de agua en los municipios considerados en la zonificación agrícola en áreas no tradicionales para la expansión del cultivo de cacao de riego en el semiárido brasileño.

Este trabajo utilizó la zonificación agroclimática del cacao en los estados de Ceará (MAPA, 2019a), Rio Grande do Norte (MAPA, 2019b), Paraíba (MAPA, 2019c) y Pernambuco (Mapa, 2019d), cuyo porcentaje de área insertada en el El semiárido brasileño supera el 85%. A partir de la zonificación se identificaron los municipios considerados para la expansión del cultivo de cacao de regadío y, posteriormente, se asociaron con los factores de caracterización regionalizados del modelo AWARE y se clasificaron cualitativamente en cuanto al potencial

de escasez de agua en el municipio. Los factores de caracterización (FC) se clasifican cualitativamente en relación con el potencial de escasez de agua de la siguiente escala (Andrade et al., 2019): (FC <0,1, "Muy bajo"); (0,2 <FC <33,3, "Bajo"); (33,4 <FC <66,6, "Medio"); (66,7 <FC <99,9, "Alto"); (FC = 100, "Muy alto").

Para Ceará, la zonificación agroclimática consideró a 183 municipios (99,4% del total de municipios del estado) como capaces de cultivar cacao de riego. De estos municipios, según los factores de caracterización de Andrade et al. (2019), el 79% se considera "alto potencial de escasez de agua" y el 21% tiene "muy alto potencial de escasez de agua". En la zonificación de Paraíba se consideraron 222 municipios (99,1% del total), 56% se considera 'Alto', 3% 'Muy Alto' y 41% 'escasez potencial promedio de agua'. Para Pernambuco, el 99,1% de los municipios también fueron considerados para la zonificación, es decir, 184 municipios, de los cuales el 27% se consideran 'Alto', 30% 'Muy alto', 36% 'Medio' y 7% 'Bajo'. En Rio Grande do Norte, el 58% de los municipios son 'Alto', el 13% 'Muy Alto' y el 30% 'Medio', considerando el 99,4% de los 166 municipios.

De los resultados mostrados se identificó que el 54,6% y el 16% de los municipios considerados para ampliar el cultivo de cacao de regadío se encuentran en zonas cuyo potencial de escasez de agua es "Muy Alto" y "Alto", respectivamente. Ceará tiene el mayor número de municipios con alto potencial de escasez de agua y Pernambuco fue el único que presentó municipios con bajo potencial de escasez. Por ello, el riego en estos lugares debe realizarse de forma adecuada, evitando el desperdicio, sobre todo para que no comprometa las exigencias esenciales de los municipios. Así, se notó que el uso de factores de caracterización de la escasez de agua puede ayudar a la zonificación agroclimática al agregar un nuevo parámetro a ser considerado en los estudios, el potencial de escasez de agua del municipio. El uso de este factor no necesariamente excluiría al municipio para la expansión del cultivo, sin embargo, las áreas con menor potencial de escasez de agua deben tomarse como una prioridad para la expansión.

Palabras-clave: expansión del cacao, zonificación agrícola, AWARE, gestión pública, semiárido brasileño.

INTRODUCTION

Cocoa (*Theobroma cacao*) is an important agricultural crop in Brazil, with cocoa being known mainly for being a raw material in the manufacture of chocolate (CONAB, 2019). There is a growing trend in demand for cocoa for the coming years, driven both by the consumption of chocolates and by the use of cocoa-based ingredients (Moda et al., 2019).

Among the limiting factors for cocoa production, water availability or precipitation stands out (Almeida and Valley, 2007). Studies have shown an increase in cocoa productivity with the use of irrigation, in addition to mitigating the effects of water deficit caused by periods without rainfall (Babadele, 2018; Begiato et al., 2009; Bessa Leite, 2013; Leite et al., 2012; MAPA, 2017), presenting economic viability and investment opportunities for culture in non-traditional areas, such as the semiarid areas of the Northeast (Almeida, 2014; Babadele, 2018).

The expansion of cocoa cultivation to non-traditional areas has become a necessity for the success of agribusiness (SEAGRI, 2015). This process goes through the identification of potential areas for the cultivation of cocoa trees (Grego and Vieira, 2005; Oliveira et al., 2008; Silva et al., 2010). However, in the zoning of cocoa, the risks analyzed, mostly, were those associated with harmful and impeding thermal and water conditions to the crop, without taking into account the potential risk of water scarcity in the regions considered for the expansion of the crop.

Water scarcity is defined as the imbalance between water availability and demand (ISO, 2014). One of the models used to assess water scarcity caused by the system or product is AWARE (BOULAY et al., 2017). This model, based on its characterization factors, assesses the relative potential of water deprivation, both for humans and ecosystems, considering that the less water available per area, the greater the likelihood that another user will be affected by scarcity (BOULAY et al., 2016). The model was regionalized by Andrade et al. (2019) for the Brazilian hydrogeographic limits, State Hydrographic Units (UHE) determined by the National Water Agency (ANA).

It is known that the Northeast region is the one that most suffers from problems of scarcity in Brazil (ANA, 2019). Thus, the objective of this work is to qualitatively classify the potential for water scarcity in the municipalities considered in agricultural zoning in non-traditional areas for the expansion of irrigated cocoa cultivation in the Brazilian Semiarid.

This work used the agroclimatic zoning of cocoa in the states of Ceará (MAPA, 2019a), Rio Grande do Norte (MAPA, 2019b), Paraíba (MAPA, 2019c) and Pernambuco (Mapa, 2019d), whose percentage of area inserted in the Brazilian Semiarid exceeds 85%. From the zoning, the municipalities considered for the expansion of irrigated cocoa cultivation were identified and, later, were associated with the regionalized characterization factors of the AWARE model and classified qualitatively as to the potential of water scarcity in the municipality. The

characterization factors (FC) are classified qualitatively in relation to the potential for water scarcity from the following scale (Andrade et al., 2019): ($FC < 0.1$, "Very Low"); ($0.2 < FC < 33.3$, "Low"); ($33.4 < FC < 66.6$, "Medium"); ($66.7 < FC < 99.9$, "High"); ($FC = 100$, "Very High").

For Ceará, agroclimatic zoning considered 183 municipalities (99.4% of the total municipalities in the state) as able to grow irrigated cocoa. Of these municipalities, according to the factors of characterization of Andrade et al. (2019), 79% are considered to be 'high potential for water scarcity' and 21% are 'very high potential for water scarcity'. In the zoning of Paraíba, 222 municipalities were considered (99.1% of the total), 56% are considered to be 'High', 3% 'Very High' and 41% 'average potential water scarcity'. For Pernambuco, 99.1% of the municipalities were also considered for zoning, that is, 184 municipalities, of which 27% are considered 'High', 30% 'Very High', 36% 'Medium' and 7% 'Low'. In Rio Grande do Norte, 58% of the municipalities are 'Alto', 13% 'Very Alto' and 30% 'Medium', considering 99.4% of the 166 municipalities.

From the results shown, it was identified that 54.6% and 16% of the municipalities considered for expanding the cultivation of irrigated cocoa are in areas whose potential for water scarcity are "Very High" and "High", respectively. Ceará has the largest number of municipalities with a high potential for water scarcity and Pernambuco was the only one that presented municipalities with low potential for scarcity. Thus, irrigation in these places must be done properly, avoiding waste, especially so that it does not compromise the essential demands of the municipalities. Thus, it was noticed that the use of water scarcity characterization factors can help agroclimatic zoning by adding a new parameter to be considered in the studies, the municipality's water scarcity potential. The use of this factor would not necessarily exclude the municipality for the expansion of cultivation, however, areas with less potential for water scarcity should be taken as a priority for expansion.

Keywords: cocoa expansion, agricultural zoning, AWARE, public management, Brazilian semi-arid.

PEGADA HÍDRICA NA GESTÃO EMPRESARIAL: EL AGUA NOS UNE

WATER FOOTPRINT IN BUSINESS MANAGEMENT: EL AGUA NOS UNE

HUELLA DE AGUA EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL: EL AGUA NOS UNE

Juliana Picoli ^{1,*}, Ricardo Dinato ¹, Beatriz Kiss ¹

¹Fundação Getúlio Vargas, Centro de Estudos em Sustentabilidade – FGVces, Av. 9 de Julho, 2029 - 11º andar - São Paulo - SP - Brasil. juliana.picoli@fgv.br, beatriz.kiss@fgv.br, ricardo.dinato@fgv.br

RESUMO

A pandemia da covid-19 trouxe à tona problemas relacionados aos impactos ambientais causados pela atividade humana e reforçou a necessidade do cumprimento das metas estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) até 2030. O estabelecimento do Sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6) – “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e do saneamento para todos” – reflete o aumento da atenção para os problemas relacionados com a água e o saneamento no cenário mundial, especialmente no contexto pandêmico atual. No setor empresarial esse interesse é visível, mas ainda faltam instrumentos para colocar em prática as metas do ODS 6. A Iniciativa El Agua nos Une – SuizAgua América Latina (EAU) pode contribuir para endereçar este problema nas empresas. Financiada pela Agência Suíça de Desenvolvimento e Cooperação e presente no Peru, Colômbia, México, Chile e Brasil, essa rede latino-americana promove a gestão empresarial dos recursos hídricos, por meio da pegada hídrica (PH). No Brasil, a iniciativa é implementada pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas e conta com a participação das empresas Companhia Brasileira de Alumínio, Klabin e Votorantim Cimentos. Ao aderir a iniciativa as empresas se comprometem não só a mensurar os impactos ambientais relacionados à quantidade e qualidade da água, mas também a implementar ações para sua redução. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados e recomendações da avaliação da pegada de escassez hídrica dos seguintes produtos: alumínio, celulose e concreto. O método utilizado é baseado na norma ISO 14046: 2014. Em todos os casos estudados, a ferramenta permitiu quantificar os impactos ambientais relacionados a quantidade da água utilizada. A análise desses resultados permitiu identificar os pontos críticos ao longo de suas cadeias de valor, ampliando o conhecimento dos impactos diretos e indiretos relacionados aos produtos. Como resultado, um gerenciamento mais eficaz poderá ser implementado, ajudando a reduzir a PH. Para além de resultados técnicos, a participação das empresas no EAU proporcionou o compartilhamento de conhecimentos e lições aprendidas no Brasil e na América Latina, incentivando outros atores a um uso mais eficiente da água. Com a disseminação de técnicas e iniciativas como a apresentada neste artigo, as empresas podem obter diagnósticos mais completos para traçar metas de redução dos impactos hídricos ao longo de sua cadeia de valor, contribuindo para o atingimento das metas do ODS 6.

Palavras-chave: Pegada hídrica, Gestão empresarial, Cadeia de valor, Avaliação do ciclo de vida (ACV), Brasil.

ABSTRACT

The covid-19 pandemic brought up problems related to the environmental impacts caused by human activity and reinforced the need to meet the goals established by the United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDGs) by 2030. The establishment of the Sixth Sustainable Development Objective (SDG 6) - “Ensuring availability and sustainable management of water and sanitation for all” - reflects increased attention to issues related to water and sanitation worldwide, especially in the current pandemic context. In the business sector, this interest is noticeable, but there is still a lack of instruments to put the goals of SDG 6 into practice. The El Agua nos Une - SuizAgua América Latina (EAU) initiative can contribute to address this problem in companies. Financed by the Swiss Agency for Development and Cooperation and present in Peru, Colombia, Mexico, Chile and Brazil, this Latin American network promotes business management of water resources, through water footprint (WF). In Brazil, the initiative is implemented by the Center for Sustainability Studies of Fundação Getúlio Vargas and has the participation of the companies Companhia Brasileira de Alumínio, Klabin and Votorantim Cimentos. By joining the initiative, companies are committed not only to measure the environmental impacts related to the quantity and quality of water, but also to implement actions to reduce it. This work aims to present

the results and recommendations of the assessment of the water scarcity footprint of the following products: aluminum, cellulose and concrete. The method used is based on ISO 14046: 2014 standard. In all cases studied, the tool allowed to quantify the environmental impacts related to the amount of water used. The analysis of these results brought attention to the hotspots along its value chains, expanding the knowledge of direct and indirect impacts related to the products. As a result, a more effective management can be implemented, helping reduce the WF of the products. In addition to technical results, the participation of companies in the EAU provided the sharing of knowledge and lessons learned in Brazil and Latin America, encouraging other actors to a more efficient water use. With the dissemination of techniques and initiatives like the one presented in this article, companies can obtain more complete diagnoses to set goals for reducing water impacts along their value chain, contributing to the achievement of the SDG 6 targets.

Keywords: Water footprint, Business management, Value chain, Life cycle assessment (LCA), Brazil.

RESUMEN

La pandemia de covid-19 planteó problemas relacionados con los impactos ambientales causados por la actividad humana y reforzó la necesidad de cumplir los objetivos establecidos por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (ONU) para el año 2030. El establecimiento del Sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) - "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos" - refleja una mayor atención a los problemas relacionados con el agua y el saneamiento en el escenario mundial, especialmente en el contexto pandémico actual. En el sector empresarial este interés es visible, pero aún faltan instrumentos para poner en práctica las metas del ODS 6. La iniciativa El Agua nos Une - SuizAgua América Latina (EAU) puede contribuir a abordar este problema en las empresas. Financiada por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación y presente en Perú, Colombia, México, Chile y Brasil, esta red latinoamericana promueve la gestión empresarial de los recursos hídricos, por medio de la huella de agua (HA). En Brasil, la iniciativa es implementada por el Centro de Estudios en Sostenibilidad de la Fundação Getulio Vargas y cuenta con la participación de las empresas Companhia Brasileira de Alumínio, Klabin y Votorantim Cimentos. Al sumarse a la iniciativa, las empresas se comprometen no solo a medir los impactos ambientales relacionados con la cantidad y calidad del agua, sino también a implementar acciones para reducirla. Este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados y recomendaciones de la evaluación de la huella de escasez de agua de los siguientes productos: aluminio, celulosa y hormigón. El método utilizado se basa en la norma ISO 14046: 2014. En todos los casos estudiados, la herramienta permitió cuantificar los impactos ambientales relacionados con la cantidad de agua utilizada. El análisis de estos resultados permitió identificar los puntos críticos a lo largo de sus cadenas de valor, ampliando el conocimiento de los impactos directos e indirectos relacionados con los productos. Como resultado, se puede implementar un manejo más efectivo, ayudando a reducir la HA. Además de los resultados técnicos, la participación de empresas en la iniciativa EAU brindó el intercambio de conocimientos y lecciones aprendidas en Brasil y América Latina, fomentando a otros actores al uso más eficiente del agua. Con la difusión de técnicas e iniciativas como la que se presenta en este artículo, las empresas pueden obtener diagnósticos más completos para establecer metas de reducción de impactos hídricos a lo largo de su cadena de valor, contribuyendo al logro de las metas de los ODS 6.

Palabras clave: Huella de agua, Gestión empresarial, Cadena de valor, Análisis del Ciclo de Vida.

ACV DE ENERGÍA DEL OCÉANO

OCEAN ENERGY LCA

OCEAN ENERGY LCA

Sergio Agustín Zamorano Guzmán ¹, María del Rosario León Lira ¹, María Guadalupe Paredes Figueroa ^{1,2*}, Leonor Patricia Güereca Hernández ¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Av. Universidad 3000, Ciudad de México, México. serguzamo@gmail.com, MLeonLi@iingen.unam.mx, MParedesF@iingen.unam.mx*, LGuerecaH@iingen.unam.mx

² Universidad de Monterrey, Departamento de Diseño Industrial, San Pedro Garza García, Monterrey, México.

RESUMEN

La energía del océano cuenta con un alto potencial para satisfacer la demanda energética actual, con una gran capacidad de aprovechamiento y adaptación^{1,2}. Estas tecnologías cuentan con el potencial para reducir impactos ambientales asociados a la generación de energía, aunque tampoco están exentas de producirlos³.

La transición del uso de fuentes de energía renovables requiere de una evaluación ambiental que permita minimizar los posibles efectos negativos en el ambiente. En este sentido, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que permite evaluar los impactos ambientales de productos o servicios de una forma holística, ya que considera todas las etapas del ciclo de vida, así como todos los vectores involucrados: aire, agua y suelo (ISO 14040, 2006) siendo sus principales objetivos la reducción del uso de recursos y de los impactos ambientales generados.

Este trabajo presenta la evaluación de impactos ambientales utilizando ACV para sistemas de generación de energía del océano, específicamente OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*, por sus siglas en inglés), gradiente salino, un dispositivo de aprovechamiento de corrientes llamado IMPULSA y un aerogenerador *offshore*.

Siguiendo la metodología de Ciclo de Vida y otros estudios similares revisados en la literatura^{4,5}, se definió la función y unidad funcional del estudio como 1kWh promedio producido durante el tiempo de vida de los dispositivos evaluados.

Para los tres escenarios tecnológicos se obtuvieron datos específicos de los grupos de investigación que desarrollan la tecnología dentro del Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano), así como de fuentes bibliográficas.

La modelación de sistemas se realizó con la ayuda del software GaBi, y la base de datos Ecoinvent, Versión 3.4, se empleó el método ReCiPe v 1.08 con un enfoque "de la cuna a la tumba". Se seleccionaron como relevantes las categorías de impacto de Cambio Climático, Toxicidad Humana y Eco-toxicidad Marina y se identificaron tres etapas para cada uno de los sistemas: construcción, que comprende desde la extracción de materiales hasta las fases de producción y procesamiento de los diferentes componentes y equipos que integran a cada uno de los sistemas evaluados, la generación que se refiere a la operación y mantenimiento para la obtención de energía y fin de vida, que consiste en el desmantelamiento de los sistemas involucrando un proceso de deconstrucción, reciclaje y/o disposición final en relleno sanitario⁶.

Entre los resultados para el aerogenerador *offshore*, tenemos que la etapa de construcción es la que mayores impactos genera a lo largo del ciclo de vida en las tres categorías analizadas. Esto se debe principalmente al uso del acero en la producción y procesamiento de los diferentes componentes y equipos que lo integran. De igual forma se confirma la importancia de la correcta gestión de cada uno de los materiales que integran el dispositivo una vez que termina su vida útil, puesto que se presenta una reducción de los impactos del 25, 67 y 12% para las categorías de cambio climático, toxicidad humana y ecotoxicidad marina respectivamente, cuando se implementan estrategias de reciclaje en la etapa de Fin de Vida.

El dispositivo de gradiente salino presenta un 97% del valor de impacto de cambio climático, asociado a la etapa de construcción, mientras que para las categorías de toxicidad humana y ecotoxicidad humana es del 78% y 67 % respectivamente. En las tres categorías, el impacto es debido a la elaboración de las membranas, elaboradas con materiales como el estireno.

Los resultados del dispositivo OTEC, demuestran la relevancia del fluido refrigerante, debido a que la producción del amoníaco representa un 90 %, 91% y 83% del impacto en las categorías de cambio climático, toxi-

ciudad humana y ecotoxicidad marina. Por su parte, en la etapa de construcción, la estructura tiene el 51%, 48% y 54% del impacto en las categorías antes mencionadas, respectivamente.

El hidrogenerador IMPULSA, por otro lado, demuestra la relevancia del reciclaje, siendo que exceptuando el concreto, sus demás componentes pueden ser reciclados, lo que resulta en una recuperación de impactos del 60%, 36% y 53 % para cambio climático, toxicidad humana y ecotoxicidad marina. En la etapa de construcción para la categoría de cambio climático el 78% del impacto se debe a las alabes fabricadas con aluminio, mientras que en toxicidad humana y ecotoxicidad marina representa el 88% y 80% respectivamente.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, Energías del Océano, Corrientes Marinas, Aerogenerador Offshore, OTEC, Gradiente Salino.

ABSTRACT

Ocean energy has a high potential to meet current energy demand, with a great capacity for use and adaptationⁱⁱⁱ. These technologies have the potential to reduce environmental impacts associated with power generation, although they are not exempt from producing them eitherⁱⁱⁱ.

The transition from the use of renewable energy sources requires an environmental assessment that allows minimizing the possible negative effects on the environment. In this sense, the Life Cycle Analysis (LCA) is a methodological tool that allows evaluating the environmental impacts of products or services in a holistic way, since it considers all the stages of the life cycle, as well as all the vectors involved: air, water and soil (ISO 14040, 2006) being its main objectives the reduction of the use of resources and the environmental impacts generated.

This paper presents the evaluation of environmental impacts using LCA for ocean power generation systems, specifically OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion), saline gradient, an ocean currents device called IMPULSA and an offshore wind turbine.

Following the Life Cycle methodology and other similar studies reviewed in the literature^{iv,v}, the functional unit of the study was defined as 1kWh average produced during the lifetime of the devices evaluated .

For the three technological scenarios, specific data were obtained from the research groups that develop the technology within the Mexican Center for Innovation in Ocean Energy (CEMIE-Ocean), as well as from bibliographic sources.

The systems modeling was carried out with the help of the GaBi software, and the Ecoinvent database, Version 3.4, the ReCiPe v 1.08 method was used with a "cradle to grave" approach. The impact categories of Climate Change, Human Toxicity and Marine Eco-toxicity were selected as relevant and three stages were identified for each of the systems: construction, which includes from the extraction of materials to the production and processing phases of the different components and equipment that make up each of the evaluated systems, the generation that refers to the operation and maintenance to obtain energy and end of life, which consists of the dismantling of the systems involving a process of deconstruction, recycling and / or final disposal in a sanitary landfill^{vi}.

Among the results for the offshore wind turbine, we have that the construction stage is the one that generates the greatest impacts throughout the life cycle in the three categories analyzed. This is mainly due to the use of steel in the production and processing of the different components and equipment that make it up. Similarly, the importance of the correct management of each of the materials that make up the device is confirmed once its useful life ends, since there is a reduction in impacts of 25, 67 and 12% for the change categories climate, human toxicity and marine ecotoxicity respectively, when recycling strategies are implemented in the end of life stage.

The saline gradient device presents 97% of the climate change impact value, associated with the construction stage, while for the categories of human toxicity and human ecotoxicity it is 78% and 67% respectively. In all three categories, the impact is due to the elaboration of the membranes, made with materials such as styrene.

The results of the OTEC device demonstrate the relevance of the refrigerant fluid, because the production of ammonia represents 90%, 91% and 83% of the impact in the categories of climate change, human toxicity and marine ecotoxicity. For its part, in the construction stage, the structure has 51%, 48% and 54% of the impact in the aforementioned categories, respectively.

The IMPULSA hydrogenerator, on the other hand, demonstrates the relevance of recycling, being that except for concrete, its other components can be recycled, which results in a recovery of impacts of 60%, 36% and 53% for climate change, human toxicity and marine ecotoxicity. In the construction stage for the climate change category 78% of the impact is due to blades made of aluminum, while in human toxicity and marine ecotoxicity it represents 88% and 80% respectively.

Keywords: Life Cycle Assessment, Ocean energy, Ocean current, Offshore wind turbine, OTEC, Salinity gradient.

RESUMO

A energia oceânica apresenta um alto potencial para atender à demanda energética atual, com grande capacidade de uso e adaptaçãoⁱⁱ. Essas tecnologias têm o potencial de reduzir os impactos ambientais associados à geração de energia, embora também não estejam isentas de produzi-lasⁱⁱⁱ.

A transição do uso de fontes renováveis de energia requer uma avaliação ambiental que permita minimizar os possíveis efeitos negativos sobre o meio ambiente. Nesse sentido, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta metodológica que permite avaliar os impactos ambientais de produtos ou serviços de forma holística, uma vez que considera todas as etapas do ciclo de vida, bem como todos os vetores envolvidos: ar, água e solo (ISO 14040, 2006) tendo como principais objetivos a redução do uso de recursos e os impactos ambientais gerados.

Este artigo apresenta a avaliação de impactos ambientais usando LCA para sistemas de geração de energia oceânica, especificamente OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion), gradiente de saída, um dispositivo de aproveitamento de corrente denominado IMPULSA e uma turbina eólica offshore.

Seguindo a metodologia do Ciclo de Vida e outros estudos semelhantes revisados na literatura^{iv}, a função e unidade funcional do estudo foi definida como 1 kWh médio produzido durante a vida dos dispositivos avaliados.

Para os três cenários tecnológicos, foram obtidos dados específicos dos grupos de pesquisa que desenvolvem a tecnologia do Centro Mexicano de Inovação em Energia Oceânica (CEMIE-Ocean), bem como de fontes bibliográficas.

A modelagem dos sistemas foi realizada com o auxílio do software GaBi, e o banco de dados Ecoinvent, Versão 3.4, o método ReCiPe v 1.08 foi utilizado com uma abordagem “do berço ao túmulo”. As categorias de impacto Mudanças Climáticas, Toxicidade Humana e Ecotoxicidade Marinha foram selecionadas como relevantes e três etapas foram identificadas para cada um dos sistemas: construção, que inclui desde a extração de materiais até as fases de produção e processamento dos diferentes componentes e equipamentos que compõem cada um dos sistemas avaliados, a geração que se refere à operação e manutenção para obtenção de energia e fim de vida, que consiste na desmontagem dos sistemas envolvendo um processo de desconstrução, reciclagem e / ou disposição final em uma instalação sanitária aterro^{vi}.

Dentre os resultados para o aerogerador offshore, temos que a etapa de construção é a que gera os maiores impactos ao longo do ciclo de vida nas três categorias analisadas. Isso se deve principalmente ao uso do aço na produção e processamento dos diversos componentes e equipamentos que o compõem. Da mesma forma, confirma-se a importância do correto manejo de cada um dos materiais que compõem o dispositivo, uma vez que termina sua vida útil, visto que há uma redução nos impactos de 25, 67 e 12% para as categorias de mudanças clima, toxicidade humana e marinha ecotoxicidade, respectivamente, quando as estratégias de reciclagem são implementadas na fase de fim de vida.

O dispositivo gradiente salino apresenta 97% do valor do impacto das mudanças climáticas, associado à fase de construção, enquanto para as categorias de toxicidade humana e ecotoxicidade humana é de 78% e 67% respectivamente. Nas três categorias, o impacto se deve à elaboração das membranas, feitas com materiais como o estireno.

Os resultados do dispositivo OTEC demonstram a relevância do fluido refrigerante, pois a produção de amônia representa 90%, 91% e 83% do impacto nas categorias de mudanças climáticas, toxicidade humana e ecotoxicidade marinha. Já na fase de construção, a estrutura tem 51%, 48% e 54% do impacto nas citadas categorias, respectivamente.

O hidrôgerador IMPULSA, por sua vez, demonstra a relevância da reciclagem, sendo que exceto para o concreto, seus demais componentes podem ser reciclados, o que resulta em uma recuperação de impactos de 60%, 36% e 53% para as mudanças climáticas, toxicidade humana e ecotoxicidade marinha. Na fase de construção para a categoria de mudanças climáticas 78% do impacto deve-se às lâminas de alumínio, enquanto na toxicidade humana e ecotoxicidade marinha representa 88% e 80% respectivamente.

Palavras chave: Análise do ciclo de vida, Energias do oceano, Correntes marinhas, Turbina eólica offshore, OTEC, Gradiente salino.

1 Energy, B.(2014). Action needed to deliver on the potential of ocean energy in European seas and oceans by 2020 and beyond. *European Commission, January*.

2 Bruciaga, W., Escobar, C. (2016) Cemie-océano, con la mirada puesta en la energía del mar. Recuperado de: <http://proyectorse.mx/2016/04/06/cemie-océano-y-la-energía-del-mar/>

3 Pelc, R., & Fujita, R. M.(2002). Renewable energy from the ocean. *Marine Policy*, 26(6), 471-479.

4 Douziech, M., Hellweg, S., & Verones, F. (2016). Are Wave and Tidal Energy Plants New Green Technologies? *Environmental science & technology*, 50(14), 7870-7878.

5 Uihlein, A.(2016). Life cycle assessment of ocean energy technologies. *The international journal of life cycle assessment*, 21(10), 1425-1437.

6 Nugent, D. & Sovacool, B.K. (2014). Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey. *Energy Policy*.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE *SPARTINA ARGENTINENSIS*

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE ENERGIA DE *SPARTINA ARGENTINENSIS*

LIFE CYCLE ANALYSIS OF ENERGY PRODUCTION FROM *SPARTINA ARGENTINENSIS*

Emiliano Jozami ^{1*}, Fernando D. Mele ², Roxana Piastrellini ³, Bárbara M. Civit ³; Susana R Feldman ^{1,4}

¹ Climatología Agrícola, Ciencias Agrarias, UNR. *ejojami@unr.edu.ar

² Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán - CONICET.

³ CLIOPE - Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza.

⁴ Biología, CIUNR & IICAR, Ciencias Agrarias, UNR.

RESUMEN

La producción de biocombustibles ha crecido en forma sostenida en las últimas décadas dado el reconocimiento de los mismos en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, el hecho de que un combustible sea producido a partir de fuentes renovables, no significa que sea un producto ambientalmente benigno. Esto se debe a que, en su cadena de producción, la generación de emisiones al aire, al suelo y al agua podrían vulnerar la supuesta sustentabilidad que se les adjudica. El análisis de ciclo de vida (ACV) se ha posicionado globalmente como la herramienta a utilizar para evaluar la sustentabilidad de los biocombustibles. Existen barreras paraarancelarias para su importación en muchos países que establecen umbrales de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), respecto a las emisiones de los combustibles fósiles a reemplazar, por debajo de los cuales son rechazados. Estas emisiones deben calcularse mediante ACV. Los Bajos Submeridionales ubicados al norte de la provincia de Santa Fe (Argentina), abarcan una superficie de más de 2 millones de hectáreas, donde existe un recurso renovable actualmente subutilizado. Se trata del espartillo, *Spartina argentinensis* Parodi. Es una gramínea perenne con metabolismo fotosintético C4, que presenta altas tasas de crecimiento, incluso en condiciones desfavorables para la mayoría de las plantas (sequías y anegamientos frecuentes, salinidad, etc.), por tanto, es la especie dominante de una alta proporción de la región. Los sistemas productivos que allí prevalecen, son sistemas ganaderos pastoriles de baja carga animal y en consecuencia, de baja rentabilidad. El manejo del fuego en estos sistemas es una práctica frecuente que se emplea para remover la abundante biomasa del espartillo y fomentar el crecimiento de rebrotes de mayor digestibilidad para el ganado. Esta combustión a campo libera GEI a la atmósfera (si bien buena parte del carbono se libera como CO₂ biogénico, existen otros gases de combustión con potencial de calentamiento global) sin aprovechar la energía liberada. Asimismo, se genera material particulado nocivo para las vías respiratorias de las poblaciones aledañas a las quemadas. Nuestra propuesta se basa en encontrar vías de aprovechamiento energético de este material, manteniendo el estado actual de estos sistemas ganaderos, reemplazando la quema por la cosecha de la biomasa. El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial de calentamiento global (PCG) del uso de esta biomasa como fuente de energía (electricidad vía gas de síntesis producido por gasificación del espartillo) y su comparación con los sistemas actuales para cumplir con la misma función. Para ello, llevamos a cabo el análisis de ciclo de vida siguiendo las normas ISO 14040 y 14044. Se evaluó el sistema propuesto "producción de gas de síntesis para generar energía eléctrica" y se lo comparó con el sistema de referencia actual (mix eléctrico argentino). La unidad funcional es entregar 1 MWh de electricidad a la red. Se evaluó la categoría de impacto *Global Warming Potential* de la metodología IPCC en un horizonte de tiempo de 100 años. El alcance del sistema, de la cuna a la puerta, incluye la etapa de campo, que comprende el acondicionamiento del terreno, corte con segadora, hilerado, rotoenfardado y transporte de los rollos hasta la planta de procesamiento. Se optó por hacer una expansión de los límites del sistema incluyendo en el mismo las funciones de los co-productos que fueron contabilizadas como productos evitados. En la etapa de campo, se incluyó la quema como proceso evitado, considerando emisiones de carbono biogénico y no biogénico según propone el IPCC para "Savanna and grassland". El sistema-producto evaluado produce calor

como proceso evitado tanto a partir de la combustión del gas de síntesis como del biochar. Para la gasificación, se considera que todas aquellas etapas de la planta industrial, que insumen energía eléctrica, son abastecidas por la misma planta. En base a ello, para entregar 1 MWh de electricidad a la red, es necesario producir 1,22 MWh (0,22 MWh para abastecer a la planta y el resto para entregar a la red). Las etapas que insumen electricidad son el picado y molido del pasto, pelleteado y equipamiento auxiliar (transporte, bombas, ventiladores, etc.). El sistema propuesto emite a la atmósfera 203 kg de CO_{2,eq} por cada MWh de electricidad inyectada a la red y evita emitir por las quemaduras, el calor de la combustión del biochar y del gas de síntesis 301, 273 y 583 kg de CO_{2,eq}, respectivamente. El resultado es prometedor si se lo compara con el valor publicado para la Argentina en Ecoinvent “market for electricity, low voltage - AR” equivalente a 454 kg de CO_{2,eq}.

Palabras claves: bioenergía, biomasa, gasificación.

RESUMO

A produção de biocombustíveis tem crescido de forma constante nas últimas décadas devido ao reconhecimento dos biocombustíveis na mitigação das mudanças climáticas. No entanto, o fato de um combustível ser produzido a partir de fontes renováveis não significa que seja um produto ambientalmente benigno. Isso porque, em sua cadeia produtiva, a geração de emissões para o ar, solo e água pode comprometer a suposta sustentabilidade que lhes é atribuída. A avaliação do ciclo de vida (ACV) foi posicionada globalmente como a ferramenta a ser usada para avaliar a sustentabilidade dos biocombustíveis. Existem algumas barreiras para sua importação em muitos países que estabelecem limites para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), no que diz respeito às emissões dos combustíveis fósseis a serem substituídos, que precisam ser superados para não serem rejeitados. Essas emissões devem ser calculadas usando ACV. Os Baixos Submeridionais é uma região localizada ao norte da província de Santa Fé (Argentina), cobre uma área de mais de 2 milhões de hectares, onde existe um recurso renovável que atualmente é subutilizado. É o espartillo, *Spartina argentinensis* Parodi. É uma gramínea perene com metabolismo fotossintético C4, que apresenta elevadas taxas de crescimento, mesmo em condições desfavoráveis para a maioria das plantas (secas e inundações frequentes, salinidade, etc.), portanto, é a espécie dominante desta região. Os sistemas produtivos que prevalecem ali são sistemas de pecuária pastoril com baixa carga animal e, conseqüentemente, baixa lucratividade. O manejo do fogo nesses sistemas é uma prática frequente usada para remover a biomassa abundante do espartillo e promover o crescimento de brotos mais digestíveis para o gado. A combustão desse campo libera GEE para a atmosfera (embora grande parte do carbono seja liberado como CO₂ biogênico, existem outros gases de combustão com potencial de aquecimento global) sem aproveitar a energia liberada. Da mesma forma, é gerado material particulado nocivo para o trato respiratório das populações do entorno das queimadas. Nossa proposta se baseia em encontrar formas de aproveitamento desse material para energia, mantendo o estado atual desses sistemas pecuários, substituindo a queima pela colheita de biomassa. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de aquecimento global (PAG) do uso desta biomassa como fonte de energia (eletricidade via gás de síntese produzido pela gaseificação do espartillo) e sua comparação com sistemas atuais para cumprir a mesma função. Para isso, realizamos a análise do ciclo de vida seguindo as normas ISO 14040 e 14044. O sistema proposto “produção de gás de síntese para gerar eletricidade” foi avaliado e comparado com o sistema de referência atual (o mix elétrico argentino). A unidade funcional é entregar 1 MWh de eletricidade à rede. A categoria de impacto do PAG da metodologia do IPCC foi avaliada em um horizonte de tempo de 100 anos. O escopo do sistema, do berço à porta, inclui a etapa de campo, que inclui o condicionamento do campo, corte com segadeira, enfileiramento, enfaixamento rotativo e transporte dos rolos para a planta de beneficiamento. Decidiu-se expandir os limites do sistema, incluindo nele as funções dos coprodutos que eram contados como produtos evitados. Na etapa de campo, a queima foi incluída como processo evitado, considerando as emissões de carbono biogênicas e não biogênicas propostas pelo IPCC para “Savana e pastagem”. O produto do sistema avaliado produz calor como um processo evitado tanto da combustão do gás de síntese quanto do biochar. Para a gaseificação, considera-se que todas as etapas da planta industrial, que consomem energia elétrica, são abastecidas pela mesma planta. Com base nisso, para entregar 1 MWh de eletricidade à rede, é necessário produzir 1,22 MWh (0,22 MWh para abastecer a usina e o restante para entregar à rede). As etapas que consomem eletricidade são o corte e a trituração da grama, a peletização e os equipamentos auxiliares (transporte, bombas, ventiladores, etc.). O sistema proposto emite 203 kg de CO_{2,eq} na atmosfera por MWh de eletricidade entregue à rede. Além disso, evita emissões de 301, 273 e 583 kg de CO_{2,eq} para evitar a queima de pastagem e o calor de combustão do biocarvão e do gás de síntese, respectivamente. O resultado é promissor quando comparado com o valor publicado para a Argentina na Ecoinvent “market for electricity, low voltage - AR” equivalente a 454 kg de CO_{2,eq}.

Palavras-chave: bioenergía, biomassa, gaseificação.

ABSTRACT

The production of biofuels has grown steadily in recent decades given the recognition of biofuels in mitigating climate change. However, the fact that a fuel is derived from renewable sources does not necessarily mean that it is an environmentally friendly product. The reason is that in their production chain, the generation of emissions to air, soil and water could undermine the environmental benefits of being a renewable source. Life cycle analysis (LCA) is positioned globally as the tool to be used to assess the sustainability of biofuels. There are some barriers for their importation in many countries that establish thresholds for reducing greenhouse gas (GHG) emissions, with respect to the emissions of the fossil fuels to be replaced, that need to be surpassed in order not to be rejected. These emissions must be calculated using LCA. The Submeridional Lowlands located north of the province of Santa Fe (Argentina), cover an area of more than 2 million hectares, where there is a renewable resource that is currently underutilized. It is the espartillo, *Spartina argentinensis* Parodi. It is a perennial grass with C4 photosynthetic metabolism, which shows high growth rates, even under unfavorable conditions for most plants (frequent droughts and flooding, salinity, etc.). Therefore, it is the dominant species within a high proportion of the region. The productive systems that prevail there are cattle raising systems with low animal load and, consequently, low profitability. Fire management in these systems is a frequent practice used to remove the abundant biomass of grass and promote the growth of more digestible shoots for livestock. This field combustion releases GHG into the atmosphere (although much of the carbon is biogenic CO₂, there are other combustion non-biogenic gases with global warming potential) without taking advantage of the energy released. Likewise, particulate material is generated which is harmful for the respiratory tract of the populations surrounding the burnt area. Our proposal is based on finding energetic alternative uses for this material, maintaining the current state of these livestock systems, replacing burning with biomass harvesting. The objective of this work is to assess the global warming potential (GWP) of the use of this biomass as an energy source (electricity via synthesis gas produced by gasification of the wire) and its comparison with current systems to fulfill the same function. To do this, we carried out the life cycle analysis following the ISO 14040 and 14044 standards. The proposed system "production of synthesis gas to generate electricity" was evaluated and compared with the current reference system (Argentine electricity mix). The functional unit is to deliver 1 MWh of electricity to the grid. The Global Warming Potential impact category of the IPCC methodology was evaluated over a 100-year time horizon. The scope of the system, from cradle to gate, includes the field stage, which comprise the conditioning of the field, cutting with a mower, windrowing, rotary banding and transporting the rolls to the processing plant. It was decided to expand the limits of the system, including the functions of the co-products that were accounted as avoided products. In the field stage, burning was included as an avoided process, considering biogenic and non-biogenic carbon emissions as proposed by the IPCC for "Savanna and grassland". The system-product produces heat that is accounted, both from the combustion of synthesis gas and biochar, as an avoided process. For gasification, it is considered that all those stages of the industrial plant, which consume electrical energy, are supplied by the same plant. Based on this, to deliver 1 MWh of electricity to the grid, it is necessary to produce 1.22 MWh (0.22 MWh to supply the plant and the rest to deliver to the grid). The stages that consume electricity are the chopping and grinding of the grass, pelletizing and auxiliary equipment (transport, pumps, fans, etc.). The proposed system emits 203 kg of CO_{2eq} into the atmosphere per MWh of electricity delivered to the grid. Moreover, it avoids emissions of 301, 273 and 583 kg of CO_{2eq}, for avoided rangeland burn and heat of combustion of biochar and synthesis gas, respectively. The result is promising when compared with the value published for Argentina in Ecoinvent "market for electricity, low voltage - AR" equivalente a 454 kg de CO_{2eq}.

Keywords: bioenergy, biomass, gasification.

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF LATENT HEAT STORAGE TECHNOLOGIES USED FOR THE SUPPLY OF HEAT IN HOUSEHOLDS

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE CALOR LATENTE PARA CALEFACCIÓN EN HOGARES

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF LATENT HEAT STORAGE TECHNOLOGIES USED FOR THE SUPPLY OF HEAT IN HOUSEHOLDS

Daniel Chocontá Bernal ^{*}, Dr Edmundo Muñoz ^{**}, Dr Giovanni Manente ^{***}, Dr Adriano Sciacovelli ^{****}, Dr Hossein Ameli ^{*****}, Dr Alejandro Gallego-Schmid ^{*****}

^{*} **The University of Manchester**, School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, MSc Renewable Energy and Clean Technology Student, Pariser Building, Sackville Street, Manchester M13 9PL, UK. Email: Daniel.chocontabernal@postgrad.manchester.ac.uk

^{**} **Universidad Andrés Bello**, Center for Sustainability Research, Republica 440, Santiago Chile. Email: Edmundo.munoz@unab.cl

^{***} **University of Birmingham**, School of Chemical Engineering, Research Fellow, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, UK. Email: G.manente@bham.ac.uk

^{****} **University of Birmingham**, School of Chemical Engineering, Birmingham Centre for Energy Storage Researcher, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, UK. Email: a.sciacovelli@bham.ac.uk

^{*****} **Imperial College London**, School of Electrical Engineering, Research Associate, Exhibition Rd, South Kensington, London, SW7 2BU, UK. Email: h.ameli14@imperial.ac.uk

^{*****} **The University of Manchester**, School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, Tyndall Centre for Climate Change Research, Pariser Building, Sackville Street, Manchester M13 9PL, UK. Email: alejandro.gallegoschmid@manchester.ac.uk

ABSTRACT

In 2015 around 192 countries signed the Paris Agreement to tackle climate change and mitigate its effects. The main goal is to maintain the global temperature rise below 2 °C with respect to preindustrial levels and if possible, below 1.5°C. Various countries such as the United Kingdom (UK) have been working towards a low carbon economy. In 2019, 48.5% of UK electricity came from clean sources. However, to achieve the goals stated in the Paris Agreement, the emissions related to the heating sector need to be reduced to a great extent, since this sector is responsible for a third of the total emissions of the country.

Thermal energy storage (TES) can be a viable solution to reduce the environmental impact of the heating sector since it would help balance the demand and supply on a daily, monthly or seasonal basis. Additionally, it will prompt the incorporation of new clean energy technologies like heat pumps. Currently, there are three TES technologies:

i) sensible heat storage (SHS), latent heat storage (LHS), and thermochemical heat storage (THS). At present, only SHS is being used at a commercial level. Nonetheless, LHS technologies have potential due to their higher energy density, meaning the system can be more compact. In LHS technologies the system charges and discharges when the storage medium changes its phase at a constant temperature. The most common materials used as a medium are phase change materials (PCM) because of their high heat of fusion. There are various PCM in the market such as paraffins and sodium acetate trihydrate (SAT). The latter has potential in thermal applications because of its good properties in the supercooling state. Even though various studies have analysed the technical viability of using SAT, no scientific work has analysed its environmental impact when being used for heat storage in a household.

The purpose of this project is to analyse, through life cycle assessment (LCA) the environmental impact and identify critical points of using SAT as a phase change material for an LHS system. The system to analyse is a household in the UK that produces heat with solar collectors to heat water and for space heating. For this project, the selected functional unit was 1 kWh_(stored). The study included raw material production, manufacturing,

and disposal of the essential components. These embrace: i) solar collectors, ii) heat exchangers, iii) hot water tank, iv) pipes, v) pumps, vi) expansion vessels, vii) valves, viii) phase change material and ix) steel tanks for the storage of the PCM. The 9.1.1 version of the Simapro software was used to create the model of the LCA and the methodology "Recipe 2016 Midpoint (H)" was used to measure the 18 impact categories. At this stage of the project, we are in the last stage of the analysis of the results.

The present study is beneficial for exploring potential environmental improvements before being commercially implemented. This type of system can help meet the political, economic, and environmental commitments of different countries, particularly those related to climate change. Latin American countries where heating is required during the winter would benefit. For example, in Argentina, there is no district heating system, instead, buildings have their natural gas boilers. Taking into account that a third of carbon emissions in Argentina come from energy consumption in buildings (heating, cooking, and the use of electricity), the implementation of the system studied in this project could potentially be favourable.

Keywords: thermal energy storage, latent heat storage, phase change materials, climate change.

RESUMEN

En 2015, alrededor de 192 países firmaron el Acuerdo de París para combatir el cambio climático y mitigar sus efectos. La principal meta era mantener el incremento de la temperatura global por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y en la medida de lo posible debajo de 1,5 °C. Desde hace años, varios países como el Reino Unido están trabajando por una economía baja en emisiones de carbono. Este país, en 2019, logró que el 48,5% de la electricidad provenga de fuentes de energía bajas en carbono. Sin embargo, para poder lograr las metas establecidas en París, las emisiones causadas por la calefacción en hogares o negocios debe reducirse significativamente, debido a que este sector es responsable de un tercio de todas las emisiones del país.

En este sentido, el almacenamiento de energía térmica (AET) puede ser una solución viable para reducir los impactos ambientales que tiene la producción de calor, ya que ayudaría a balancear la demanda y oferta en el mercado. Asimismo, incentivaría la incorporación de nuevas tecnologías limpias en el sistema, como por ejemplo las bombas de calor. Existen tecnologías para almacenar tres tipos de energía térmica: i) almacenamiento de calor sensible (ACS), ii) almacenamiento de calor latente (ACL) y iii) almacenamiento de calor termoquímico (ACT). Actualmente sólo los sistemas de ACS están siendo usados a nivel industrial. No obstante, las tecnologías de ACL tienen mucho potencial, ya que su densidad de energía es mayor que las de ACS, permitiendo sistemas mucho más compactos. En las tecnologías de ACL, el sistema se carga o descarga cuando el medio cambia de fase a una temperatura constante. Los materiales más usados como medio son materiales con cambio de fase (MCF), porque tienen un alto calor latente de fusión. Existen varios MCF en el mercado como las ceras de parafina o acetato de sodio trihidrato (AST). Este último tiene mucho potencial en aplicaciones térmicas debido a sus buenas propiedades en estado de sobre enfriamiento. Si bien varios estudios han analizado la viabilidad técnica del uso de AST ningún trabajo científico ha analizado su impacto ambiental.

El propósito de este proyecto ha sido analizar, mediante análisis del ciclo de vida (ACV) el impacto ambiental, identificar los puntos críticos y proponer mejoras para el uso de AST como material con cambio de fase para el ACL. El sistema estudiado es una casa en el Reino Unido que produce calor mediante colectores solares para calentar agua y para la calefacción de la casa. Para este proyecto la unidad funcional seleccionada ha sido 1 kWh_(almacenado). Respecto a los límites del sistema, se incluyó la extracción de la materia prima, la manufacturación, y el fin de vida de todos los componentes esenciales. Esto incluye los colectores solares, el tanque de agua caliente, los intercambiadores de calor, la tubería, el material con cambio de fase y los tanques para almacenarlo. Actualmente se está utilizando la versión 9.1.1 del programa Simapro, para crear el modelo del análisis del ciclo de vida y se va a usar la metodología "Recipe 2016 Midpoint (H)" para medir 18 categorías de impacto. El proyecto se encuentra en la última fase de análisis de los resultados.

El presente estudio es beneficioso para explorar potenciales mejoras ambientales antes de ser implementado comercialmente. Este tipo de sistema puede ayudar a cumplir sus compromisos políticos, económicos y ambientales de los distintos países, particularmente aquellos relacionados con el cambio climático. Los países de Latinoamérica donde se requiere calefacción durante el invierno se podrían ver beneficiados. Por ejemplo, en la Argentina no hay un sistema de calefacción urbana, si no que la mayoría de los edificios obtienen calefacción mediante calderas de gas natural. Teniendo en cuenta que un tercio de las emisiones de carbono en la Argentina provienen del consumo de energía en edificios (la calefacción, la cocina y el uso de electricidad), la implementación del sistema estudiado en este proyecto podría ser potencialmente favorable.

Palabras Clave: almacenamiento de energía térmica, almacenamiento de calor latente, materiales de cambio de fase, cambio climático.

RESUMO

Em 2015, cerca de 192 países assinaram o Acordo de Paris para combater as mudanças climáticas e assim mitigar seus efeitos no meio ambiente. O objetivo principal era limitar o aumento da temperatura média global abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e, na medida do possível, abaixo de 1,5 °C. Deste modo, há anos países como o Reino Unido se esforçam para atingir uma economia com baixa emissão de carbono. Este país conseguiu que, em 2019, cerca de 48,5% da eletricidade fosse proveniente de fontes de energia com baixa emissão de carbono. No entanto, para atingir os objetivos fixados em Paris, as emissões causadas pelo sistema de calefação de residências ou empresas devem ser reduzidas mais significativamente, uma vez que este setor é responsável por um terço das emissões de carbono do país.

O armazenamento de energia térmica (TES) pode ser uma solução viável para reduzir o impacto ambiental desse setor, pois ajudaria a equilibrar a relação entre oferta e demanda em uma base diária, mensal ou sazonal. Além disso, também levaria à incorporação de novas tecnologias de energia limpa, como bombas de calor. Atualmente, existem três tecnologias de TES: i) armazenamento de calor sensível (SHS), armazenamento de calor latente (LHS) e armazenamento de calor termoquímico (THS). No momento, apenas o SHS está disponível comercialmente. No entanto, as tecnologias LHS também possuem potencial devido à sua maior densidade de energia, o que significa que o sistema pode ser mais compacto. Nas tecnologias SHS, o sistema carrega e descarrega quando o meio de armazenamento muda de fase a uma temperatura constante. Os materiais mais comuns usados como meio são os materiais de mudança de fase (PCM) devido ao seu alto calor de fusão. Existem vários PCM no mercado, como parafinas e acetato de sódio trihidratado (SAT). Este último tem potencial em aplicações térmicas devido às suas boas propriedades quando em estado de super-resfriamento. Embora vários estudos tenham analisado a viabilidade técnica do uso do SAT, ainda nenhum trabalho científico analisou seu impacto ambiental quando usado para armazenamento de calor em uma residência.

O objetivo deste projeto é analisar, por meio da avaliação do ciclo de vida (LCA), os impactos ambientais e identificação dos pontos críticos do uso do SAT como material de mudança de fase de um sistema LHS. O sistema analisado é acoplado a uma casa no Reino Unido, que produz calor através de coletores solares para aquecimento de água e calefação. Para este projeto, a unidade funcional selecionada foi o armazenamento de 1 kWh. O estudo incluiu a produção de matéria-prima, fabricação e descarte de componentes essenciais. Estes incluem: i) coletores solares, ii) trocadores de calor, iii) tanque de água quente, iv) tubos, v) bombas, vi) vasos de expansão, vii) válvulas, viii) material de mudança de fase e ix) tanques de aço para o armazenamento do PCM. A versão 9.1.1 do software Simapro foi usada para criar o modelo do LCA e a metodologia "Recipe 2016 Midpoint (H)" foi usada para estimar 18 categorias de impacto. No momento estamos na última etapa de análise dos resultados.

O presente estudo é benéfico para explorar potenciais melhorias no sistema para que este produza menos impactos ambientais antes de ser implementado comercialmente. Esse tipo de sistema pode ajudar a cumprir os compromissos políticos, econômicos e ambientais de diferentes países, especialmente aqueles relacionados às mudanças climáticas. Os países da América Latina onde a calefação é necessária durante o inverno seriam os mais beneficiados. Por exemplo, na Argentina não existe um sistema de aquecimento urbano, e seus edifícios geralmente possuem caldeiras a gás natural. Levando em consideração que um terço das emissões de carbono na Argentina provém do consumo de energia em edificações (calefação, alimentação e uso de eletricidade), a implantação do sistema estudado neste projeto pode ser potencialmente favorável.

Palavras chave: armazenamento de energia térmica, armazenamento de calor latente, materiais de mudança de fase, mudança climática.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA INCORPORACIÓN DE TECNOLOGÍAS SOLARES ACTIVAS Y PASIVAS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN ARGENTINA: GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA, CALENTAMIENTO DE AGUA Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE INCORPORATION OF ACTIVE AND PASSIVE SOLAR TECHNOLOGIES IN SOCIAL INTEREST HOUSING IN ARGENTINA: PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION, WATER HEATING AND BIOCLIMATIC DESIGN

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA INCORPORAÇÃO DE TECNOLOGIAS SOLARES ATIVAS E PASSIVAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NA ARGENTINA: GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA, AQUECIMENTO DE ÁGUA E PROJETO BIOCLIMÁTICO

Alejandro P. Arena ^{1,2}, Roxana Piastrellini ^{1*}, Silvia Curadelli ¹, Paula Rodríguez ^{1,2}, Fernando Arce Bastias ^{1,2}

¹Grupo CLIOPE – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza. Cnel. Rodríguez 273 – C. P. 5500 – Mendoza, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CCT – Avenida Ruiz Leal s/n. C. P. 5500 – Mendoza, Argentina.

aparena@gmail.com, roxana.ppp@gmail.com, silvia.curadelli@gmail.com, pdanielarodriguez@gmail.com, farcebastias@gmail.com

RESUMEN

Frente a la necesidad de minimizar los impactos producidos por los sistemas convencionales de calefacción, refrigeración, iluminación y suministro de agua caliente en edificios residenciales, ha surgido una fuerte tendencia en el diseño de viviendas que intentan encontrar el equilibrio entre estrategias pasivas y activas para el ahorro energético. Estas viviendas aprovechan las características climáticas de cada región de manera de incrementar la eficiencia térmica y energética, entendiendo esto, también, como una posibilidad de ahorro en los gastos económicos asociados al consumo de servicios. Existe una variedad de estrategias pasivas, cuya efectividad y oportunidad de aplicación dependen fuertemente del clima. Algunos ejemplos son la aplicación de aislaciones térmicas en los elementos de la envolvente, la captación solar a través superficies transparentes en invierno, el bloqueo solar en verano, la ventilación cruzada, las coberturas vegetales, la construcción de muro de Trombe-Michel, etc. En cuanto a las estrategias activas, se destacan la generación de energía eléctrica fotovoltaica y la incorporación de colectores solares para calentamiento de agua sanitaria y de calefacción.

El presente trabajo ha sido desarrollado en el marco del Proyecto GEF AR-G1002 “Eficiencia Energética y Energía Renovable en la Vivienda Social Argentina”, el cual pretende mejorar la eficiencia energética en las viviendas de interés social y, de este modo, contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. El proyecto abarcó ocho provincias y seis regiones bioclimáticas del país, y en cada una de ellas el respectivo Instituto Provincial de la Vivienda-IPV desarrolló 4 prototipos de vivienda, a partir de un diseño típico (vivienda de referencia), e incrementando los niveles de mejora incorporando por ejemplo aislación térmica en muros y techos, mejores ventanas, nuevos materiales, nuevos diseños y tecnologías solares activas, específicamente paneles solares fotovoltaicos y colectores solares.

Sobre los diseños de cada provincia se realizó una serie de Análisis de ciclo de vida comparativos, totalizando 32 prototipos de vivienda evaluados. El estudio se desarrolló de acuerdo a las normas ISO 14040 y 14044, a efectos de contar con un inventario y perfil ambiental de los materiales, tecnologías aplicadas y prototipos. Se trabajó con un esquema modular común, abordando las siguientes etapas: adquisición de materias primas, transporte hasta el sitio de manufactura, manufactura, transporte hasta sitio de construcción, construcción/ins-

talación, ocupación de la vivienda (con consideración exclusiva del uso de energía). Los datos primarios fueron suministrados por los IPV de las provincias involucradas y complementados con información obtenida mediante consultas a profesionales del sector. La información secundaria se obtuvo de bases de datos y, en la mayoría de los casos, se adaptó a las condiciones locales. Se evaluó el Potencial de Calentamiento Global (PCG) con el método IPCC 2013 y el Consumo Acumulado de Energía (CAE) en base al poder calorífico inferior.

El análisis que considera desde la extracción de materias primas hasta la construcción y puesta en obra, muestra que la incorporación de estrategias de eficiencia energética, de climatización pasivas y de estrategias activas produce incrementos en el PCG, que son variables según la provincia y el prototipo de vivienda, siendo superiores para los prototipos más eficientes. Comparados con los prototipos de referencia, estos incrementos van desde un mínimo de un 6,44 % para el prototipo 1 de Mendoza, hasta casi un 45 % para el prototipo 4 de Tucumán. Se encuentran también incrementos en el CAE, que van desde un 3.79 % para el prototipo 1 de Mendoza, hasta un 9815 % para el prototipo 4 de Buenos Aires.

Cuando además se tiene en cuenta la etapa de operación de las viviendas, durante toda su vida útil, los resultados se revierten, encontrándose en todos los casos una disminución en el PCG, que va desde un 7 % para el prototipo 1 de Formosa, hasta un 96 % para el prototipo 4 de Salta. En el caso del CAE, se logran reducciones que oscilan entre un mínimo de 6,1 % para el prototipo 1 de Formosa, y un máximo de 99,32 % para el prototipo 4 de Salta.

El estudio abordado es, sin duda, inédito en el país, por su extensión, oportunidad y profundidad en el sector. La realización de trabajos similares, que involucren la construcción de inventarios locales de distintos bienes y su posterior análisis, son elementos clave para lograr afianzar el camino hacia la sustentabilidad. De esta manera, proyectistas, desarrolladores y/o productores podrán contribuir y/o disponer de información asociada a las implicancias ambientales de distintos productos, y así, proveer al tomador de decisiones de herramientas objetivas y de base científica que ayuden a su gestión.

Palabras clave: edificación, cambio climático, eficiencia energética.

ABSTRACT

Faced with the need to minimize the impacts produced by conventional heating, cooling, lighting and hot water supply systems in residential buildings, a strong trend has emerged in the design of housing that try to find the balance between passive and active strategies for the energy saving. These housings take advantage of the climatic characteristics of each region in order to increase thermal and energy efficiency, understanding this also as a possibility of saving in economic expenses associated with the consumption of services. There is a variety of passive strategies, the effectiveness and timeliness of which depend heavily on the climate. Some examples are the application of envelope thermal insulation, solar uptake through transparent surfaces in winter, solar blocking in summer, green roofs, the construction of a Trombe-Michel wall, etc. As for active strategies, the generation of photovoltaic electricity and the incorporation of solar collectors for heating sanitary and heating water stand out.

This work has been developed within the framework of the GEF AR-G1002 Project "Energy Efficiency and Renewable Energy in Argentine Social Housing", which aims to improve energy efficiency in social housing and, thus, contribute to the reduction of greenhouse gas emissions and improve the quality of life of its inhabitants. The project covered eight provinces and six bioclimatic regions of the country, and in each of them the respective Provincial Housing Institute-IPV developed 4 housing prototypes, starting from a typical design (reference housing), and increasing the levels of improvement by incorporating, for example, thermal insulation in walls and roofs, better windows, new materials, new designs and active solar technologies, specifically photovoltaic solar panels and solar collectors.

A series of comparative life cycle analyses were carried out on the designs of each province, totaling 32 housing prototypes evaluated. The study was developed based on the recommendations of the ISO 14040 and 14044 standards, in order to have an inventory and environmental profile of the materials, applied technologies and prototypes. We worked with a common modular scheme, addressing the following stages: acquisition of raw materials, transportation to the manufacturing site, manufacturing, transportation to the construction site, construction / installation, housings occupation (with exclusive consideration of energy use). The primary data were provided by the IPV of the involved provinces and supplemented with information obtained through consultations with professionals in the sector. Secondary information was obtained from databases and, in most cases, it was adapted to local conditions. The Global Warming Potential (GWP) was evaluated with the IPCC 2013 method and the Cumulative Energy Consumption (CEC) based on the lower calorific value.

The analysis, which takes into consideration all stages from the extraction of raw materials to construction and commissioning, shows that the incorporation of energy efficiency, passive and active strategies produces

an increase in the GWP, which vary according to the province and the housing prototype, being higher for the most efficient ones. Compared to the reference prototypes, these increases range from a minimum of 6.44% for prototype 1 in Mendoza, to almost 45% for prototype 4 in Tucumán. There are also increases in the CEC, ranging from 3.79 % for prototype 1 in Mendoza to 9815 % for prototype 4 in Buenos Aires.

When the operation stage of the houses is also taken into account, during their entire useful life, the results are reversed, finding in all cases a decrease in the GWP, ranging from 7 % for prototype 1 in Formosa, to 96 % for prototype 4 in Salta. In the case of CEC, reductions ranging from a minimum of 6.1% for prototype 1 in Formosa to a maximum of 99.32% for prototype 4 in Salta were achieved.

The study addressed is, without a doubt, unprecedented in the country, due to its scope, opportunity and depth in the sector. Carrying out similar works, which involve the construction of local life cycle inventories of different products and their subsequent analysis, are key elements to consolidate the path towards sustainability. In this way, designers, developers and / or producers will be able to contribute and / or have information associated with the environmental implications of the different products, and thus, provide the decision maker with objective and science-based tools to help their management.

Keywords: building, climate change, energy efficiency.

RESUMO

Diante da necessidade de minimizar os impactos produzidos pelos sistemas convencionais de aquecimento, resfriamento, iluminação e abastecimento de água quente em edifícios residenciais, surgiu uma forte tendência nos projetos de habitações que buscam encontrar o equilíbrio entre estratégias passivas e ativas de economia de energia. Essas moradias aproveitam as características climáticas de cada região para aumentar a eficiência térmica e energética, entendendo isso também como uma possibilidade de economia nos gastos econômicos associados ao consumo de serviços. Existe uma variedade de estratégias passivas, cuja eficácia e oportunidade dependem fortemente do clima. Alguns exemplos são a aplicação de isolamento térmico de envelope, captação solar através de superfícies transparentes no inverno, bloqueio solar no verão, telhados verdes, a construção de uma parede Trombe-Michel, etc. Quanto às estratégias ativas, a geração de eletricidade fotovoltaica e a incorporação de coletores solares para aquecimento de águas sanitárias e aquecimento de águas.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projecto GEF AR-G1002 "Eficiência Energética e Energias Renováveis na Habitação Social Argentina", que visa melhorar a eficiência energética na habitação social e assim contribuir para a redução das emissões de gases com efeito de estufa e melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes. O projecto cobriu oito províncias e seis regiões bioclimáticas do país, e em cada uma delas o respectivo Instituto de Habitação Provincial-IPV desenvolveu quatro protótipos de habitação, baseados num desenho típico (habitação de referência), e aumentando os níveis de melhoria através da incorporação, por exemplo, de isolamento térmico em paredes e telhados, melhores janelas, novos materiais, novos desenhos e tecnologias solares activas, especificamente painéis solares fotovoltaicos e coletores solares.

Foi realizada uma série de análises comparativas do ciclo de vida dos projectos de cada província, totalizando 32 protótipos de habitação avaliados. O estudo foi desenvolvido com base nas recomendações das normas ISO 14040 e 14044, de forma a ter um inventário e perfil ambiental dos materiais, tecnologias aplicadas e protótipos. Trabalhamos com um esquema modular comum, abordando as seguintes etapas: aquisição de matéria-prima, transporte até o canteiro de obras, fabricação, transporte até o canteiro de obras, construção / instalação, ocupação das habitações (com consideração exclusiva do uso de energia). Os dados primários foram fornecidos pelos IPV das províncias envolvidas e complementados com informações obtidas através de consultas a profissionais do setor. As informações secundárias foram obtidas em bancos de dados e, na maioria dos casos, foram adaptadas às condições locais. O Potencial de Aquecimento Global (PAG) foi avaliado com o método IPCC 2013 e o Consumo de Energia Acumulado (CEA) com base no menor valor calorífico.

A análise, que considera desde a extracção de matérias-primas até à construção e comissionamento, mostra que a incorporação de estratégias de eficiência energética passivas e ativas produz aumentos no PCG, que são variáveis de acordo com a província e o protótipo de habitação, sendo mais elevados para os protótipos mais eficientes. Em comparação com os protótipos de referência, estes aumentos variam entre um mínimo de 6,44% para o protótipo 1 em Mendoza, e quase 45% para o protótipo 4 em Tucumán. Há também aumentos na CAE, variando de 3,79 % para o protótipo 1 de Mendoza, a 9815 % para o protótipo 4 de Buenos Aires.

Quando a fase de funcionamento das casas é também tida em conta, durante toda a sua vida útil, os resultados são invertidos, encontrando-se em todos os casos uma diminuição do PCG, variando entre 7 % para o protótipo 1 de Formosa, e 96 % para o protótipo 4 de Salta. No caso da CAE, são conseguidas reduções que vão desde um mínimo de 6,1% para o protótipo 1 em Formosa até um máximo de 99,32% para o protótipo 4 em Salta.

O estudo abordado é, sem dúvida, inédito no país, por sua extensão, oportunidade e profundidade no setor. A realização de trabalhos semelhantes, que envolvem a construção de inventários locais de diferentes bens e a sua posterior análise, são elementos essenciais para consolidar o caminho para a sustentabilidade. Desta forma, designers, desenvolvedores e / ou produtores poderão contribuir e / ou ter informações associadas às implicações ambientais dos diferentes produtos e, assim, fornecer ao tomador de decisão ferramentas detalhadas para auxiliar na sua gestão.

Palavras-chave: construção, mudanças climáticas, eficiência energética.

USO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA MATRIZ ENERGÉTICA CUBANA

Dra.C. Elena R. Rosa Domínguez ¹, Dra. C. Ana M. Contreras Moya ¹, Dr. C. Ronaldo Santos Herrero ¹, Dr. C. Idalberto Herrera Moya ² Ing. Maria Nela Ruiz Guirola ¹

¹ Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5^{1/2}, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. erosa@uclv.edu.cu, anama@uclv.edu.cu, ronaldo@uclv.edu.cu, marianela@uclv.edu.cu

² Centro de Estudios Energéticos. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5^{1/2}, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. idalbertohm@uclv.edu.cu

RESUMEN

En Cuba existe hoy una voluntad política clara de que el actual esquema energético del país requiere ser transformado en aras de producir una energía más limpia, diversa y eficiente. Aunque ya se han dado pasos en el marco regulatorio, sin dudas el Análisis de Ciclo de Vida resulta imprescindible elevar la cultura que hoy tienen los tomadores de decisiones en tal sentido, para entender ese cambio como una de las bases más sólidas en las que descansa el desarrollo sostenible. Los **Problemas Fundamentales de la Energía en Cuba son:** Alta dependencia de combustibles importados para la generación, Alto costo promedio de la energía entregada, Alta contaminación ambiental y Baja utilización de las fuentes renovables de energía.

En este trabajo se realiza un análisis de ciclo de vida de la matriz energética cubana actual y se evalúan diferentes escenarios que tienen como base la incorporación de fuentes energías renovable. Estos análisis están basados fundamentalmente en las inversiones necesarias en el desarrollo de las fuentes renovables de energía ascienden a 3 700 millones de dólares que se buscará financiar a través de créditos gubernamentales conveniados con otros países y la inversión extranjera directa. Entre las inversiones más relevantes se encuentra la instalación de bioléctricas, a partir del programa de crecimiento cañero, la disponibilidad de marabú en las áreas aledañas a los centrales y su sincronización al Sistema Electroenergético Nacional, con una infraestructura agrícola e industrial distribuida en toda la isla, lo que reduce las pérdidas de distribución. Además se prevé inversiones en la generación de energía a partir del viento, la solar y los recursos hídricos.

Para la realización del mismo se estudiaron todos los procesos de generación y transmisión existentes en Cuba actualmente y los mismos fueron modelados utilizando en Software Simapro 9. 1 de Precosultant Se utiliza la metodología Recipe Mid Point. Los resultados muestran las considerables contribuciones a las categorías de impacto cambio climático, formación de material particulado y uso de combustibles fósiles como las más relevantes, producto de una matriz basada fundamentalmente el uso de combustibles fósiles. Los escenarios evaluados incorporando energías renovables muestran importantes reducciones en todas las categorías de impacto.

Palabras claves: Matriz energética, Análisis de ciclo de vida, energías renovables.



Life Cycle Assessment Databases

THE CONTRIBUTION OF THE GLOBAL LCA DATA ACCESS NETWORK (GLAD) TO ENHANCED DATA ACCESSIBILITY AND INTEROPERABILITY

Carolina Scarinci ^{1,*}, Tiago Braga ², Thiago Rodrigues ², Claudia Giacobelli ³, Llorenç Mila I Canals ³, Jonathas De Mello ³, Gregor Wernet ⁴, Wesley Ingwersen ⁵, Peter Arbuckle ⁵, Simone Fazio ⁶, Koichi Shobatake ⁷, Katarzyna Cenian ⁸

¹ Red ACV Chile, Santiago, Chile. carolina.scarinci@gmail.com

² Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Brasília, Brasil. tiagobraga@ibict.br, thiagorodrigues@ibict.br

³ United Nations Environment Programme, Life Cycle Unit, Economy Division, Paris, France. claudia.giacobelli@un.org, llorenç.milaicanals@un.org, jonathas.demello@un.org

⁴ ecoinvent, Zurich, Switzerland. wernet@ecoinvent.org

⁵ US EPA Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, Atlanta, USA. ingwersen.wesley@epa.gov, Peter.Arbuckle@ARS.USDA.GOV

⁶ European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy. Simone.FAZIO@ec.europa.eu

⁷ TCO2 Co. Ltd, Tokio, Japan. shobatake@tco2.com

⁸ PRé Sustainability, Amersfoort, Netherlands. Cenian@pre-sustainability.com

ABSTRACT

Life Cycle Assessment (LCA) is a widely used methodology to assess the impact of human's activities on nature by quantifying the externalities of production and consumption. LCA has been proposed as an appropriate methodology to create specific business-relevant indicators to measure and achieve the targets set in the Sustainable Development Goals. However, mainstream uptake of LCA might be hampered by poor availability and access to data.

The Global LCA Data Access (GLAD) network aims to increase data accessibility and interoperability, offering benefits for different user profiles: users from industry can base their sustainability decisions on more diverse and accurate information; researchers can obtain more comprehensive results for their studies in a more time-efficient way; and governments can enhance public policy related to Sustainable Consumption and Production, Climate Change, Circular Economy and Environmental Labelling.

The GLAD platform launched a functional beta version in 2018 for iterative development based on real use, and was officially launched in 2020. It enables users to search, filter, compare, and access life cycle inventory datasets from different sources in a single open access digital interface. Databases continue to be operated independently by each data provider who becomes a node of GLAD. To become a node, that is to connect their database to GLAD, providers need to comply with a set of minimum metadata descriptors and use a common data exchange format as well as the agreed nomenclature mapping system of the network. GLAD provides open access to the metadata for each dataset connected, and directs users to the node's website for downloading datasets, which can be available either free or for a license fee. Nodes connected to GLAD benefit from increased visibility in the LCA community, with increasing number of users visiting and downloading such data. Currently, 13 nodes are connected to GLAD, providing over 80,000 datasets.

Users, typically LCA practitioners, can search among a vast number of connected LCA databases, compare documented metadata to define fitness for purpose, and convert a dataset from its native format provided by the node into another format convenient for them. The latter functionality is currently available in a limited number of dataset, to be expanded in the coming months. In this way, LCA practitioners benefit from instantaneous access to data sources from around the world, transparency, less time in choosing appropriate data for a particular topic or region, reducing LCA costs, and enhanced accuracy of studies.

Keywords: database, dataset, interoperability, accessibility.

RESUMO

Avaliação do Ciclo de Vida é uma metodologia usada amplamente para calcular o impacto das atividades humanas na natureza ao qualificar as externalidades advindas da produção e consumo. Recentemente, ela foi proposta como uma ferramenta relevante para criar indicadores de negócio específicos a fim de medir e alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU. No entanto, a adoção da LCA pode ser prejudicada pela dificuldade de acesso a dados.

A rede Global LCA Data Access (GLAD) tem como objetivo promover melhor acessibilidade e interoperabilidade dos dados, o que resulta em benefícios específicos para os diferentes perfis de usuários da ACV: usuários do setor produtivo serão capazes de basear suas decisões sobre sustentabilidade em informações mais precisas; pesquisadores irão obter resultados mais robustos ao mesmo tempo que investem menos tempo em seus estudos; e representantes de governo poderão melhorar a criação de políticas públicas relacionadas à produção e consumo sustentável, mudanças climáticas, economia circular e selos ambientais.

A plataforma GLAD está ativa desde 2018, mas foi lançada oficialmente em 2020. Ela habilita os usuários a encontrarem e acessarem inventários do ciclo de vida de fontes distintas em uma interface digital única, construída em acesso aberto. As diferentes bases de dados continuarão a ser operadas independentemente por cada provedor que se tornar um nó da GLAD. Para fazer parte da rede, ou seja, conectar sua a sua base à GLAD, um provedor de dados precisará enviar um conjunto mínimo de descritores de metadados e usar um formato de troca de dados, assim como a nomenclatura estabelecida para a rede. A GLAD provê acesso livre aos metadados de cada conjunto de dados conectado à rede e direciona o usuário ao site originário para acesso ao conjunto de dados, que podem ser disponibilizados gratuitamente ou por meio de licenças pagas. Os nós conectados à GLAD se beneficiam pelo aumento da visibilidade na comunidade praticante de ACV, com um número crescente de usuários visitando e acessando seus dados. Atualmente, 13 nós estão conectados na GLAD e oferecem mais de 80.000 conjuntos de dados.

Os usuários, geralmente especialistas em ACV, podem procurar em um amplo número de bases de ACV e comparar pelos metadados quais são mais adequados ao propósito pretendido; e converter os dados oferecidos pelo nó para o formato mais adequado para seu uso. Esta última funcionalidade ainda é oferecida de forma limitada, mas está sendo expandida. Desta forma, os praticantes de ACV se beneficiam do acesso instantâneo a fontes de dados de várias partes do mundo, o que se traduz em menos tempo na identificação dos dados relevantes sobre um tópico ou região particular, reduzindo os custos de estudos de ACV e melhorando seus resultados.

Palavras-chave: banco de dados, conjunto de dados, interoperabilidade, acessibilidade

RESUMEN

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología usada ampliamente para evaluar el impacto de la actividad humana sobre la naturaleza, mediante la cuantificación de las externalidades de la producción y el consumo. Actualmente, se considera al ACV como una herramienta relevante para crear indicadores de negocio orientados a medir y alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sustentable definidos por Naciones Unidas. Sin embargo, el uso extendido del ACV podría estar siendo obstaculizado por la escasa disponibilidad y acceso a los datos.

La red Global LCA Data Access (GLAD) tiene como objetivo una mejor accesibilidad e interoperabilidad de los datos, lo que tiene como resultado beneficios específicos para cada perfil de usuario: el sector productivo podrá basar sus decisiones en materia de sustentabilidad en información más precisa; los investigadores obtendrán resultados más robustos invirtiendo menos tiempo en sus estudios; y los gobiernos podrán potenciar las políticas públicas referidas a Producción y Consumo Sustentables, Cambio Climático, Economía Circular, y Etiquetado Ambiental.

La plataforma GLAD ha estado activa desde 2018, pero su lanzamiento oficial fue en 2020. GLAD permite que usuarios busquen y accedan a set de datos de inventario provenientes de diferentes fuentes utilizando una única interfaz digital de libre acceso. Las bases de datos siguen siendo operadas independientemente por cada proveedor de datos que son nodos de GLAD. Para ser un nodo, es decir para conectar su propia base de datos a GLAD, los proveedores deben cumplir con un set mínimo de descriptores de metadata y utilizar un formato de intercambio de datos común, además del sistema de mapeo de nomenclatura acordado en la red. GLAD entrega acceso libre a la metadata de cada set de datos conectado, y dirige a los usuarios al sitio web del nodo para la descarga completa, la que puede estar disponible de manera gratuita o mediante el pago de licencias. Los nodos que se conectan a GLAD se benefician de una mayor visibilidad en la comunidad ACV, con aumento en las visitas y descargas de sus datos. Actualmente, hay 13 nodos conectados a GLAD, entregando sobre 80,000 set de datos.

Los usuarios, generalmente practicantes de ACV, pueden: buscar datos de una extensa variedad de bases de datos, comparar la metadata para definir si son adecuados para el propósito previsto, y convertirlos desde el formato nativo del nodo a otro que mejor se adecue a sus necesidades. Por el momento, esta última funcionalidad se encuentra disponible para un número limitado de set de datos, aunque se encuentra en expansión. De esta manera, los beneficios para los practicantes de ACV son un acceso instantáneo a fuentes de datos de alrededor del mundo, lo que se traduce en menores tiempos para la identificación de data relevante para un determinado tema o región, reduciendo los costos de ejecución de un ACV y aumentando la precisión de los estudios.

Palabras clave: base de datos, datos de inventario, accesibilidad, interoperabilidad.

NATIONAL LIFECYCLE INVENTORY DATABASE DEVELOPMENT IN AFRICA: AN OVERVIEW OF OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Israel Dunmade ^{1,*}, Michael Daramola ², Esther Akinlabi ³

¹ Mount Royal University, Faculty of Science & Technology, Earth & Environmental Sciences Department. 4825 Mount Royal Gate SW, Calgary, Canada. idunmade@mtroyal.ca

² University of Pretoria, Department of Chemical Engineering. Room 8-20, Engineering Building I, Hatfield Campus, South Africa. michael.daramola@up.ac.za

³ Pan African University Life And Earth Sciences Institute, Appleton Rd, Ibadan, Nigeria. etakinlabi@gmail.com

ABSTRACT

There is an ever-increasing concern regarding the sustainability of our consumption and production activities. Lifecycle impact assessment has emerged as a credible approach to evaluating the sustainability of products, processes and activities. Relevant and quality data are necessary for accurate assessment of various impact categories. There is an ongoing multinational and multi-stakeholders' effort towards the development of national databases needed for lifecycle impact assessment of our resource consumption and production activities. The goal of this study was to evaluate the trends in the development of national LCA databases across the countries of Africa, identify opportunities, and articulate potential challenges and possible solutions. The study was based on intensive literature survey of scholarly journals, conference proceedings, and websites for information on African countries where there were/are ongoing national LCA databases development projects. The study also examined motivations, approaches used, progress made and available supports for such projects in Africa. Results of the study showed that while there are many LCA studies by academics and consultants in South Africa, Nigeria, Ghana, Uganda and some other African countries, only South Africa and Uganda have established networks for national LCA database development. There are thus lots of opportunities for other African countries to take cue from South Africa and Uganda in developing their national LCA databases. This will facilitate widespread utilization of LCA tools for evaluating progression towards achieving sustainable development goals across various sectors in Africa. United Nations Environment Programme (UNEP), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), and Theecoinvent Organisation are some of the potential supports for national LCA database development projects in Africa. The main challenge to developing national LCA databases in Africa is in assembling and eliciting the support/involvement of necessary stakeholders. However, the problem can be overcome with persistence and patience. Government policy and financial support will also go a long way in facilitating the achievement of the project goals. Development of national LCA databases across African countries would consequently lead to clean energy development, improved air quality, reduced climate change impacts, and reduced environmental pollution.

Keywords: Africa, LCA database, LCI dataset, Lifecycle inventory, Life Cycle Networks, Lifecycle Initiatives.

INCREASING INTEROPERABILITY IN NATIONAL DATABASES: THE CASE OF PERU LCA

INTEROPERABILIDAD CRECIENTE EN BASES DE DATOS NACIONALES: EL CASO DE PERÚ LCA

AUMENTANDO A INTEROPERABILIDADE EM BANCOS DE DADOS NACIONAIS: O CASO DO PERU LCA

Ian Vázquez-Rowe ¹, Kurt Ziegler-Rodriguez ¹, Lucia Valsasina ², Carl Vadenbo ², Emilia Moreno Ruiz ²

¹ Peruvian Life Cycle Assessment and Industrial Ecology Network (PELCAN), Department of Engineering, Pontificia Universidad Católica del Perú, Avenida Universitaria 1801, San Miguel 15088, Lima, Peru

² Ecoinvent association, Technoparkstrasse 1, 8005, Zurich, Switzerland

ABSTRACT

Perú LCA (<http://perulca.com/>) is the national life-cycle database for Peru. It was launched in May 2019, and in early 2020 it was linked as a node to the Global LCA Data Access (GLAD) network. It currently contains approximately 70 datasets representing different productive sectors, namely fishing and aquaculture, waste management or cement production. Moreover, through recent efforts the total number of datasets is being raised to over 100. Despite this important advance in terms of traceability and open accessibility in the national repository, however, the data in Perú LCA so far lack interoperability. This implies that the datasets exist in isolation, i.e. without functional internal linking nor with other data sources for a full life cycle perspective. To overcome this important limitation, the organizations behind Perú LCA and the ecoinvent LCI database have developed a joint framework, in which available datasets from Perú LCA are hybridized with the most recent version of the ecoinvent database to deliver a functional database adapted to Peruvian conditions. The advantages of this approach include that: i) the best available datasets from both databases can be linked to provide a national-oriented database embedded in international value chains; ii) the interoperability of Perú LCA can be enhanced through the support of a more comprehensive background database as ecoinvent; and, iii) it increases the usefulness of Perú LCA in the national context, since the datasets are integrated in a manner that permits life cycle impact assessment computation. We present in this study the initial steps undergone to establish this framework and discuss the main methodological and computational challenges that were identified along the way. Finally, we argue that these initiatives between smaller national-based databases and more comprehensive background databases may foster a higher level of visibility and utility of the former, especially in developing and emerging economies.

RESUMEN

Perú LCA (<http://perulca.com/>) es la base de datos nacional del ciclo de vida de Perú. Se lanzó en mayo de 2019 y, a principios de 2020, se vinculó como un nodo a la red Global LCA Data Access (GLAD). Actualmente contiene aproximadamente 70 conjuntos de datos que representan diferentes sectores productivos, como pesca y acuicultura, gestión de residuos o producción de cemento. Además, gracias a esfuerzos recientes, el número total de conjuntos de datos se está elevando a más de 100. A pesar de este importante avance en términos de trazabilidad y accesibilidad abierta en el repositorio nacional, los datos en Perú LCA hasta ahora carecen de interoperabilidad. Esto implica que los conjuntos de datos existen de forma aislada, es decir, sin vínculos internos funcionales ni con otras fuentes de datos para una perspectiva de ciclo de vida completo. Para superar esta importante limitación, las organizaciones detrás de Perú LCA y la base de datos ecoinvent LCI han desarrollado un marco conjunto, en el que los conjuntos de datos disponibles de Perú LCA se hibridan con la versión más reciente de la base de datos ecoinvent para entregar una base de datos funcional adaptada a las condiciones peruanas. Las ventajas de este enfoque incluyen que: i) los mejores conjuntos de datos disponibles de ambas bases de datos se pueden vincular para proporcionar una base de datos de orientación nacional integrada en las cadenas de valor internacionales; ii) la interoperabilidad de Perú LCA puede mejorarse mediante el apoyo de una base de datos de antecedentes más completa como ecoinvent; y, iii) aumenta la utilidad de Perú LCA en el

contexto nacional, ya que los conjuntos de datos están integrados de una manera que permite el cálculo de la evaluación del impacto del ciclo de vida. Presentamos en este estudio los pasos iniciales que se dieron para establecer este marco y discutimos los principales desafíos metodológicos y computacionales que se identificaron en el camino. Finalmente, argumentamos que estas iniciativas entre bases de datos nacionales más pequeñas y bases de datos más holísticas pueden fomentar un mayor nivel de visibilidad y utilidad de las primeras, especialmente en las economías en desarrollo y emergentes.

RESUMO

Perú LCA (<http://perulca.com/>) é o banco de dados nacional de ciclo de vida do Peru. Foi lançado em maio de 2019 e, no início de 2020, estava vinculado como um nó à rede Global LCA Data Access (GLAD). Atualmente contém cerca de 70 conjuntos de dados que representam diferentes setores produtivos, como pesca e aquicultura, gestão de resíduos ou produção de cimento. Além disso, por meio de esforços recentes, o número total de conjuntos de dados está sendo elevado para mais de 100. Apesar desse avanço importante em termos de rastreabilidade e acessibilidade aberta no repositório nacional, os dados no Peru LCA até agora carecem de interoperabilidade. Isso implica que os conjuntos de dados existem isoladamente, ou seja, sem vinculação interna funcional, nem com outras fontes de dados para uma perspectiva de ciclo de vida completo. Para superar essa limitação importante, as organizações por trás do Perú LCA e do banco de dadosecoinvent LCI desenvolveram uma estrutura conjunta, em que os conjuntos de dados disponíveis do Perú LCA são hibridizados com a versão mais recente do banco de dadosecoinvent para fornecer um banco de dados funcional adaptado às condições peruanas. As vantagens dessa abordagem incluem: i) os melhores conjuntos de dados disponíveis de ambos os bancos de dados podem ser vinculados para fornecer um banco de dados de orientação nacional embutido em cadeias de valor internacionais; ii) a interoperabilidade do Perú LCA pode ser aprimorada por meio do suporte de um banco de dados mais abrangente como ecoinvent; e, iii) aumenta a utilidade do Perú LCA no contexto nacional, uma vez que os conjuntos de dados são integrados de forma a permitir o cálculo da avaliação do impacto do ciclo de vida. Apresentamos neste estudo os passos iniciais realizados para estabelecer este framework e discutimos os principais desafios metodológicos e computacionais que foram identificados ao longo do caminho. Finalmente, argumentamos que essas iniciativas entre bancos de dados nacionais menores e bancos de dados de fundo mais abrangentes podem promover um nível mais alto de visibilidade e utilidade dos primeiros, especialmente em economias em desenvolvimento e emergentes.

ROTA ESTRATÉGICA DE BASE DE DADOS NACIONAIS: STATUS E PRÓXIMOS PASSOS

Cássia Maria Lie Ugaya ¹, Thiago Rodrigues ², Juliana Gerhardt ², Marília Folegatti ³, Cristiane Sampaio ⁴, José Paulo Pereira das Dores Savioli ¹, Tiago Braga ²

¹Gyro/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). cassiaugaya@utfpr.edu.br, jpsavioli@hotmail.com

²Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). thiagorodrigues@ibict.br, tiagobraga@ibict.br, julianagerhardt@ibict.br

³Embrapa Meio Ambiente. Rodovia SP 340, km 127, 5, Jaguariúna - SP, Brasil. marilia.folegatti@embrapa.br

⁴Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). cmsampaio@inmetro.gov.br

RESUMO

A disponibilidade e o acesso a dados de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ainda é limitada no Brasil, apesar da existência da base de dados de ACV (SICV Brasil), dos esforços da ONU Meio Ambiente e da disponibilização gratuita dos inventários doecoinvent do projeto Indústria de Reciclagem Sustentáveis (SRI). Com isso, a tomada de decisão do setor público, privado e da sociedade é limitada a poucas informações ambientais. A presente atividade foi parte do projeto Eficiência de Recursos por meio da Aplicação do Pensamento de Ciclo de Vida (REAL) da Iniciativa de Ciclo de Vida da ONU Meio Ambiente com financiamento da Comissão Europeia e visou desenvolver a Rota estratégica de Base de Dados Nacional (BDN) de ACV em diferentes países, avançar na disponibilidade de dados nos países mais adiantados no tema e contribuir internacionalmente com o Apoio Técnico para BDN ACV liderado peloecoinvent. No Brasil, o projeto contou com parceiros do MCTIC, Inmetro e Embrapa, sob coordenação da UTFPR e do IBICT, que analisaram a situação da ACV no país, incluindo o mapeamento e engajamento de partes interessadas. A versão preliminar da Rota Estratégica de BDN de ACV foi elaborada e posteriormente comentada em consulta e audiência públicas no país e pelo Grupo de Trabalho Internacional. Em seguida, a versão final em português foi elaborada e lançada em um evento no MCTIC. O documento resultou na definição de 13 temas para análise, compostos por 18 objetivos, 32 metas e 51 ações, que explicitam os desafios para o aprimoramento e consolidação do SICV Brasil, principalmente no que tange o modelo de negócio, a capacidade da comunidade de ACV brasileira para elaborar inventários, a priorização de setores da economia nacional, a capacitação de profissionais de TI e de ACV, a sensibilização de setores chave do setor privado e das agências de fomento à pesquisa e inovação, o fortalecimento da governança e o incremento da aplicação em políticas públicas para o desenvolvimento sustentável. O objetivo do presente trabalho é averiguar o quanto da Rota Estratégica foi atingido e, no caso de não terem sido alcançados, os principais motivos. Para tanto, verificou-se quantas metas propostas foram alcançadas até 2019. Os resultados mostraram que diversos itens que estão pendentes, sendo que seis metas foram atingidas, no entanto, quatro delas além do prazo estipulado na Rota Estratégica. Notou-se que enquanto algumas ações que dependiam de um grupo mais restritos de pessoas evoluiu, as que dependiam de mais apoio político, estão mais lentas. As duas metas alcançadas dentro do prazo foram as relacionadas à discussão no BRACV 2019 e a divulgação dos resultados obtidos de 2017 a 2019. Quanto às metas que ultrapassaram o prazo, a primeira consistiu na Reunião entre a nova gestão do Inmetro com o IBICT, visando o fortalecimento do Programa Brasileiro de ACV (PBACV). Por decorrência, as atividades do PBACV estão estagnadas. As outras três metas alcançadas são referentes ao conversor de formatos de inventários do Ecospold2 para o ILCD, que foi atrasado em virtude da mudança de pessoal de TI no IBICT. Apesar de não ter sido realizado no prazo estipulado, foi finalizada a correspondência de dados entre os dois formatos, a análise da correspondência entre os campos dos formatos o desenvolvimento do conversor e validação das saídas. Os próximos passos consistem no teste e validação do conversor. A partir do que foi analisado, o cumprimento das ações tem sido realizado em uma velocidade distinta da esperada no momento de elaboração da Rota Estratégica. A fim de agilizar o atingimento das metas, é importante que o Programa Brasileiro de ACV seja consolidado. É importante reforçar este programa, especialmente com a expectativa de recuperação dos efeitos da COVID-19 por meio da economia verde. Espera-se com isso contribuir para o SICV Brasil e, consequentemente, ampliar a realização de estudos de ACV, proporcionando maior disponibilidade de informações ambientais no Brasil.

Palavras-chave: Inventários de Ciclo de Vida, Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), bancos de dados de ACV.

ABSTRACT

The availability and access to Life Cycle Assessment (LCA) data is still limited in Brazil, despite the existence of the LCA database (SICV Brasil), the efforts of UN Environment and the free availability ofecoinvent inventories from the Sustainable Recycling Industry (SRI) project. As a result, decision making in the public and private sector and in society is limited to little environmental information. This activity was part of the project Resource Efficiency through the Application of Life Cycle Thinking (REAL) of the UN Environment Life Cycle Initiative with funding from the European Commission and aimed to develop the strategic LCA National Database Route (NDB) in different countries, increase data availability in the most advanced countries in this issue and contribute internationally with the Technical Support for LCA NDB led by ecoinvent. In Brazil, the project had partners from MCTIC, Inmetro and Embrapa, under the coordination of UTFPR and IBICT, who analyzed the LCA situation in the country, including mapping and stakeholder engagement. The preliminary version of the LCA Strategic LCA Roadmap was elaborated and later commented in public consultation and hearing in the country and by the International Working Group. Next, the final version in Portuguese was elaborated and launched in an event at the MCTIC. The document resulted in the definition of 13 themes for analysis, composed by 18 objectives, 32 goals and 51 actions, that explain the challenges for the improvement and consolidation of the Brazilian LCA, mainly concerning the business model, the capacity of the Brazilian LCA community to elaborate inventories, the prioritization of sectors of the national economy, the training of IT and LCA professionals, the sensitization of key sectors of the private sector and of research and innovation funding agencies, the strengthening of governance and the increase of application in public policies for sustainable development. The objective of the present work is to ascertain how much of the Strategic Route was achieved and, in case it was not achieved, the main reasons. To this end, it was verified how many of the proposed targets were reached by 2019. The results showed that several items are pending, with six goals having been achieved, however, four of them beyond the deadline stipulated in the Strategic Route. It was noted that while some actions that depended on a more restricted group of people evolved, those that depended on more political support are slower. The two goals achieved on time were those related to the discussion at BRACV 2019 and the dissemination of the results obtained from 2017 to 2019. As for the goals that exceeded the deadline, the first consisted of the Meeting between the new management of Inmetro and IBICT, aiming to strengthen the Brazilian LCA Program (PBACV). As a result, the activities of the PBACV are stagnant. The other three goals achieved are related to the converter of inventory formats from Ecospol2 to ILCD, which was delayed due to the change of IT staff at IBICT. Although it was not completed on time, the correspondence of data between the two formats, the analysis of the correspondence between the fields of the formats, the development of the converter, and validation of the outputs were completed. The next steps consist of testing and validating the converter. From what was analyzed, the actions have been carried out at a different speed than the one expected at the time of the Strategic Route's elaboration. In order to speed up the achievement of the goals, it is important that the Brazilian LCA Program is consolidated. It is important to strengthen this program, especially with the expectation of recovery from the effects of COVID-19 through the green economy. This is expected to contribute to the SICV Brazil and, consequently, to expand the conduct of LCA studies, providing greater availability of environmental information in Brazil.

Keywords: Life Cycle Inventories (LCI), Life Cycle Assessment (LCA), LCA Databases.

RESUMEN

La disponibilidad y el acceso a los datos del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) son todavía limitados en Brasil, a pesar de la existencia de la base de datos del ACV (SICV Brasil), de los esfuerzos de ONU Medio Ambiente y de la libre disponibilidad de los inventarios de ecoinventarios del proyecto Industria de Reciclaje Sostenible (ISR). Con ello, la toma de decisiones del sector público y privado y de la sociedad se limita a una escasa información medioambiental. La presente actividad formó parte del proyecto Eficiencia de los Recursos a través de la Aplicación del Pensamiento del Ciclo de Vida (REAL) de la Iniciativa del Ciclo de Vida de ONU Medio Ambiente, con financiación de la Comisión Europea, y tuvo como objetivo desarrollar la Ruta Estratégica de Bases de Datos Nacionales de ACV (NDB) en diferentes países, avanzar en la disponibilidad de datos en los países más avanzados en el tema y contribuir a nivel internacional con el Soporte Técnico para la NDB de ACV liderado por ecoinvent. En Brasil, el proyecto contó con socios del MCTIC, Inmetro y Embrapa, bajo la coordinación de la UTFPR y el IBICT, que analizaron la situación de la ECV en el país, incluyendo el mapeo y la participación de las partes interesadas. La versión preliminar de la Ruta Estratégica LCA NDB fue elaborada y posteriormente comentada en consulta y audiencia pública en el país y por el Grupo de Trabajo Internacional. Después se elaboró la versión final en portugués y se lanzó en un acto en el MCTIC. El documento resultó en la definición de 13 temas de análisis, compuestos por 18 objetivos, 32 metas y 51 acciones, que explican los desafíos para la mejora y consolida-

ción de la ECV brasileña, principalmente en lo que se refiere al modelo de negocio, la capacidad de la comunidad brasileña de ECV para elaborar inventarios, la priorización de los sectores de la economía nacional, la formación de los profesionales de la informática y de la ECV, la sensibilización de los sectores clave del sector privado y de las agencias de promoción de la investigación y la innovación, el fortalecimiento de la gobernanza y el aumento de la aplicación en las políticas públicas para el desarrollo sostenible. El objetivo de este estudio es conocer el grado de consecución de la Ruta Estratégica y, en caso de que no se haya logrado, las principales razones. Para ello, se verificó cuántos objetivos propuestos se alcanzaron en 2019. Los resultados mostraron que varios puntos que están pendientes, siendo que seis objetivos fueron alcanzados, sin embargo, cuatro de ellos fuera del plazo estipulado en la Ruta Estratégica. Se observó que mientras algunas acciones que dependían de un grupo más restringido de personas evolucionaban, las que dependían de un mayor apoyo político son más lentas. Los dos objetivos alcanzados en el plazo previsto fueron los relacionados con el debate en la BRACV 2019 y la difusión de los resultados obtenidos desde 2017 hasta 2019. En cuanto a las metas que superaron el plazo, la primera consistió en el Encuentro entre la nueva dirección de Inmetro y el IBICT, con el objetivo de fortalecer el Programa Brasileño de ACV (PBACV). En consecuencia, las actividades del PBACV están estancadas. Los otros tres objetivos alcanzados están relacionados con la conversión de los formatos de inventario de Ecospold2 a ILCD, que se retrasó debido al cambio de personal informático en el IBICT. Aunque no se llevó a cabo en el plazo estipulado, se finalizó la correspondencia de datos entre los dos formatos, el análisis de la correspondencia entre los campos de los formatos, el desarrollo del convertidor y la validación de los resultados. Los siguientes pasos consisten en probar y validar el convertidor. Por lo analizado, el cumplimiento de las acciones se ha realizado a una velocidad diferente a la esperada en el momento de la preparación de la Ruta Estratégica. Para acelerar la consecución de los objetivos, es importante que el programa brasileño de ACV se consolide. Es importante reforzar este programa, especialmente con la expectativa de recuperación de los efectos del COVID-19 a través de la economía verde. Se espera que contribuya al SICV Brasil y, en consecuencia, amplíe el rendimiento de los estudios de ACV, proporcionando una mayor disponibilidad de información ambiental en Brasil.

Palabras clave: Inventario del Ciclo de Vida, Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Bases de datos de ACV.

CONVERSOR DE INVENTÁRIOS DE CICLO DE VIDA EM FORMATO ECOSPOLD2 PARA ILCD

CONVERSIÓN DE INVENTARIOS DEL CICLO DE VIDA EN FORMATO ECOSPOLD2 A ILCD

A CONVERTER OF LIFE CYCLE INVENTORIES FROM ECOSPOLD2 TO ILCD FORMAT

José Paulo Pereira das Dores Savioli ^{1*}, Cássia Maria Lie Ugaya ¹, Thiago Oliveira Rodrigues ²,
Tiago Emmanuel Nunes Braga ²

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná. jpsavioli@hotmail.com, cassiaugaya@utfpr.edu.br

² Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Ibict. thiagorodrigues@ibict.br, tiagobraga@ibict.br

RESUMO

A utilização de inventários do Ciclo de Vida que contemplem a realidade nacional em estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é essencial para a representatividade e a credibilidade dos resultados destes estudos e podem contribuir para a competitividade ambiental do país. Neste contexto, a Rota Estratégica de Base de Dados Nacional de Avaliação do Ciclo de Vida estabeleceu um plano de ação para popular e aumentar o número de inventários presentes na Base de Dados Nacional de Inventários de Ciclo de Vida (SICV Brasil), mantido pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) no contexto do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida. Um dos desafios mencionados e priorizados pela Rota Estratégica foi a criação de mecanismo para conversão de conjuntos de dados criados no formato Ecospold2, que é o formato mais utilizado por pesquisadores brasileiros, para o formato ILCD, formato livre adotado como padrão no SICV Brasil. Visando alcançar este objetivo de desenvolver o mecanismo de conversão, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em parceria com o IBICT, iniciou um projeto de pesquisa focado na análise e teste de conversores de conjuntos de dados já existentes. Os testes realizados indicaram problemas no processo de conversão e importação do código para o SICV Brasil. Na segunda parte do projeto, priorizou-se o estabelecimento de critérios para construção de um conversor capaz de atender aos requisitos necessários para importação de inventários criados inicialmente em formato Ecospold2 para o SICV Brasil. Como decorrência, foi realizada uma análise detalhada de diversos conjuntos de dados, culminando na base para o desenvolvimento de uma ferramenta de conversão. A presente pesquisa apresenta o mecanismo de conversão de formatos e como ele será utilizado pelo SICV Brasil para permitir a inclusão de arquivos Ecospold2 em sua base de dados. Mostra ainda o processo de conversão, seus desafios e soluções propostas. O conversor, chamado Lavoisier, é capaz de converter os campos qualitativos e grande parte dos metadados de Ecospold2 para ILCD, dependendo da disponibilidade de campos equivalentes entre os dois formatos. Os próximos passos consistem na validação de dados e *feedback* das informações de conversão para melhoria da capacidade de conversão, bem como a incorporação nativa dele no SICV Brasil.

Palavras-chave: Conversão de Formatos, ICV, SICV Brasil, ACV, Ecospold2, ILCD.

RESUMEN

El uso de Inventarios de Ciclo de Vida que abarca la realidad nacional en los estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es esencial para la representatividad y credibilidad de los resultados de estos y puede aportar a la competitividad ambiental del país. En este contexto, la Ruta Estratégica de la Base de Datos Nacional de Evaluación del Ciclo de Vida estableció un plan de acción para difundir y aumentar el número de inventarios presentes en la Base de Datos Nacional de Inventarios del Ciclo de Vida (SICV Brasil), a cargo del Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología (IBICT) en relación al Programa Brasileño de Análisis de Ciclo de Vida. Uno de los retos mencionados y priorizados por la Ruta Estratégica fue la creación de un mecanismo para convertir los conjuntos de datos creados en el formato Ecospold2, que es el más utilizado por los investigadores brasileños, al formato ILCD, un formato libre adoptado como estándar en el SICV Brasil. Para lograr este objetivo de desarrollo del mecanismo de conversión, la Universidade Tecnológica Federal do Paraná, en colaboración con el IBICT, inició un proyecto de investigación centrado en el análisis y la prueba de los conversores de conjuntos

de datos existentes. Las pruebas realizadas arrojaron problemas en el proceso de conversión e importación del código al SICV Brasil. En consecuencia, durante la segunda parte del proyecto, se dio prioridad al establecimiento de criterios para la construcción de un conversor capaz de cumplir los requisitos necesarios para importar al SICV Brasil inventarios creados inicialmente en formato Ecospold2. Como resultado, tras un análisis minucioso de varios conjuntos de datos, que culminó en la base para el desarrollo de una herramienta de conversión. Esta investigación presenta el mecanismo de conversión de formatos y cómo será utilizado por SICV Brasil para permitir la inclusión de los archivos Ecospold2 en su base de datos. También muestra el proceso de conversión, sus retos y las soluciones propuestas. El conversor, llamado Lavoisier, es capaz de convertir los campos cualitativos y gran parte de los metadatos de Ecospold2 a ILCD, en función de la disponibilidad de campos equivalentes entre ambos formatos. Los siguientes pasos consisten en la validación de los datos y la retroalimentación de la información de conversión para la mejora de la capacidad de conversión, así como su incorporación en el SICV Brasil.

Palabras clave: Conversión de formatos, LCI, SICV Brasil, LCA, Ecospold2, ILCD.

ABSTRACT

The use of Life Cycle Inventories that contemplate the national reality in Life Cycle Assessment (LCA) studies is essential for the representativeness and credibility of these studies and can contribute to the country's environmental competitiveness. In this context, the Strategic Route for the National Life Cycle Assessment Database established an action plan to popularize and increase the number of inventories present in the National Database of Life Cycle Inventories (SICV Brasil), maintained by the Brazilian Institute of Information in Science and Technology (IBICT) in the context of the Brazilian Life Cycle Assessment Program. One of the challenges mentioned and prioritized by the Strategic Route was creating a mechanism to convert datasets created in the Ecospold2 format, which Brazilian researchers most use, to the ILCD format, a free format adopted as the standard in SICV Brasil. To achieve this goal of developing the conversion mechanism, the Federal University of Technology – Parana, in partnership with IBICT, started a research project focused on analyzing and testing existing dataset converters. The tests performed indicated problems in the process of conversion and importation of the code into SICV Brasil. In the second part of the project, priority was given to establishing criteria for building a converter capable of meeting the requirements necessary to import inventories initially created in Ecospold2 format into SICV Brasil. As a result, a detailed analysis of several data sets was carried out, culminating in the basis for the development of a conversion tool. This research presents the format conversion mechanism and how SICV Brasil will use it to enable Ecospold2 files in its database. It also shows the conversion process, its challenges, and proposed solutions. The converter, called Lavoisier, can convert qualitative fields and most of the metadata from Ecospold2 to ILCD, depending on the two formats' availability of equivalent fields. The next steps consist of data validation and feedback of the conversion information for the improvement of the conversion capability and its native incorporation into SICV Brasil.

Keywords: Format Conversion, LCI, SICV Brazil, LCA, Ecospold2, ILCD.

VALIDATION OF LIFE CYCLE INVENTORIES CONVERTED FROM THE ECOSPOLD2 TO ILCD FORMAT

VALIDAÇÃO DE INVENTÁRIOS DE CICLO DE VIDA CONVERTIDOS DO FORMATO ECOSPOLD2 PARA ILCD

VALIDACIÓN DE INVENTARIOS DE CICLO DE VIDA CONVERTIDOS DE FORMATO ECOSPOLD2 A ILCD

Gustavo Costa do Nascimento ^{1, 2*}, Mairi Luisa Shiosawa ^{1, 2}, José Paulo Pereira das Dores Savioli ³, Juliana Ferreira Picoli ^{1, 4}, Fernando R. T. Dias ⁵, Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli ², Ana Beatriz Guimarães Ferreira dos Santos ^{1, 2**}, Thiago Oliveira Rodrigues ⁶, Cássia Maria Lie Ugaya ³, Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura ².

** In memoria

¹ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Cidade Universitária Zeferino Vaz - Barão Geraldo, Campinas - SP, Brasil.

² Embrapa Meio Ambiente. Rodovia SP 340, km 127, 5, Jaguariúna - SP, Brasil. gucones@gmail.com, marishiosawa21@gmail.com, anna.pighinelli@embrapa.br, abgfsantos@gmail.com, marilia.folegatti@embrapa.br

³ Gyro/Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). jpsavioli@hotmail.com, cassiaugaya@utfpr.edu.br

⁴ Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVces). picoli.ju@gmail.com

⁵ Embrapa Pantanal. Rua 21 de Setembro, 1880, Corumbá, MS, CEP 79320-900, Brasil. fernando.dias@embrapa.br

⁶ Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). thiagorodrigues@ibict.br

ABSTRACT

The National Life Cycle Inventory Database - SICV Brasil - aims to meet the demand for inventories of processes representative of the Brazilian economy. This database is one of the nodes of the Global LCA Data Access Network (GLAD) platform, which promotes interoperability between LCA national databases.

SICV has its own challenges to become useful. One is the electronic format of inventories. There are two main formats, ecoSpold2 and the International Reference Life Cycle Data System (ILCD), each with its own structure, suitable for operation in its specific LCA software. SICV Brasil adopts the ILCD format because it is open access, but most of the inventories developed in LCA studies are in the ecoSpold2 format.

This is the case for the largest contribution of inventories for SICV Brasil, derived from the Sustainable Recycling Industries (SRI) project and intermediated by theecoinvent Association, which supported the development of hundreds of inventories, for different sectors of the economy (agribusiness, civil construction, among others), originally generated in the ecoSpold2 format. Very recently these inventories were made available at SICV Brasil, overcoming the barrier of interoperability between the ILCD and ecoSpold2 formats by a new, more efficient converter, generated in partnership between IBICT (Brazilian Institute for Science and Technology Information) and UTFPR (Federal Technological University of Paraná). Named "Lavoisier", this converter was supported by the National Life Cycle Assessment Strategic Database Route (Ugaya et al., 2019). The demand for validation of inventories arose from the need to verify possible losses of information in the process of converting electronic formats, providing guidance on adjustments in the converter. Thus, the objective of this work was to carry out the validation of the "Lavoisier" converter, by comparing the information contained in the original files, in the ecoEditor, and in the files converted into ILCD format.

Ten datasets were selected, considering different process inventories among the converted files available. For checks, files converted to the ILCD format were opened in the openLCA software and the original information was opened in the ecoEditor software. The material developed for validation consisted of a spreadsheet built in Excel for organization and comparison of information between datasets, containing 3 tabs: "prints", "metadata" and "data". The "prints" tab refers to error notices that appear when opening datasets in the openLCA program. The

“metadata” tab contains a table where metadata is directly compared, which corresponds to the complementary documentation to the inventory, used to describe a dataset (UNEP & SETAC, 2011). The “data” tab contains information on inputs and outputs of material and energy in a unit process (NBR ISO 14040, 2001).

The validation took place by comparing the highlighted information with different colors. In the “metadata” tab, unmatched information (found in only one of the files) and blank fields were highlighted. In the “data” tab, those “non-equivalent”, “partially equivalent” (with a difference in decimals, written differently or with incomplete content), and “equivalent”, but presented in two or more different locations, were highlighted.

It is worth mentioning that Lavoisier depends on information from the ecoSpold2 file, which is not as complete as the ecoEditor file. As for the metadata, the file opened in the ecoEditor contained more information when compared to the ILCD, such as, for example, information about the authors, revision and attributes of the files. Consequently, more empty fields appear in the ILCD file.

The differences found in the conversion of the data were mainly related to: a) the number of decimal places of the values; b) the way names are written; c) the classification of flows; and d) uncertainties. For example, ecoSpold2 files contain more uncertainty parameters, more flows, and more information, such as comments, sources of information, classification of archives and production volumes. ILCD files, on the other hand, adopt parameterization more frequently. Divergent information was also found, regarding the units of the flows and the “CAS-Number”, when it comes to flows of elements in the form of an ion. In addition, the files presented flows divided into two or more fields when converted from the ecoSpold2 format to the ILCD. Finally, from the validation, it was possible to map the divergences of the files for the improvement of the Lavoisier converter.

Keywords: Life Cycle Inventories (LCI), Life Cycle Assessment (LCA), LCA Databases.

RESUMO

O Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida - SICV Brasil - busca atender à demanda por inventários de processos representativos da realidade brasileira. Este Banco é um dos provedores da plataforma Rede Global de Acesso a Dados de ACV (GLAD na sigla em inglês), que internacionalmente promove a interoperabilidade entre bancos de dados de ACV.

O SICV tem seus próprios desafios para se tornar útil. Um deles é o formato eletrônico dos inventários. Há dois principais, ecoSpold2 e o Sistema Internacional de Referência em Dados de Ciclo de Vida (ILCD na sigla em inglês), cada qual com estrutura própria, adequada para a operação em softwares de apoio à ACV específicos. O SICV Brasil adota o formato ILCD por ser de acesso aberto, porém grande parte dos inventários desenvolvidos em estudos de ACV, está no formato ecoSpold2.

Este é o caso da maior contribuição em inventários para o povoamento do SICV Brasil, derivada do projeto Indústrias de Reciclagem Sustentáveis (SRI, na sigla em inglês) e intermediado pelaecoinvent Association, que propiciou o desenvolvimento de centenas de inventários, para diferentes setores da economia (agronegócio, construção civil, dentre outros), gerados originalmente no formato ecoSpold2. Muito recentemente esses inventários foram disponibilizados no SICV Brasil, superada a barreira da interoperabilidade entre os formatos ILCD e ecoSpold2 por um novo conversor, mais eficaz, gerado em parceria entre o IBICT (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia) e a UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Nomeado “Lavoisier”, este conversor foi apoiado pela Rota Estratégica de Base de Dados Nacional de Avaliação do Ciclo de Vida (Ugaya et al., 2019). A demanda de validação dos inventários surgiu da necessidade de se verificar possíveis perdas de informação no processo de conversão de formatos eletrônicos tendo como consequência a orientação de ajustes no conversor. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a validação do conversor “Lavoisier”, por meio da comparação das informações contidas dos arquivos originais, no ecoEditor, e nos arquivos convertidos em formato ILCD.

Foram selecionados 10 datasets (conjuntos de dados), considerando os inventários dos processos mais distintos, dentre os arquivos convertidos disponíveis. Para as verificações, os arquivos convertidos no formato ILCD foram abertos no software openLCA e as informações originais foram abertas no software ecoEditor. O material desenvolvido para validação consistiu em uma planilha construída em Excel para organização e comparação das informações dos datasets, contendo 3 abas: “prints”, “metadados” e “dados”. A aba “prints” refere-se a avisos de erros que aparecem ao se abrir os datasets no programa openLCA. A aba “metadados” contém uma tabela onde são comparados diretamente metadados, que correspondem à documentação complementar ao inventário, utilizada para descrever um conjunto de dados (UNEP & SETAC, 2011). A aba “dados” contém as informações de entradas e saídas de matéria ou energia em uma unidade de processo (NBR ISO 14040, 2001).

A validação se deu por meio da comparação das informações destacadas com diferentes cores. Na aba “metadados”, foram destacadas informações sem equivalência (encontradas em apenas um dos arquivos) e campos em branco. Na aba “dados” foram destacados aqueles “não equivalentes”, “parcialmente equivalentes” (com diferença em casas decimais, escritos de forma diferente ou com conteúdo incompleto), e “equivalentes”, mas apresentados em dois ou mais locais diferentes.

Vale mencionar que o Lavoisier depende de informações do arquivo ecoSpold2, que não é tão completo quanto o arquivo do ecoEditor. Quanto aos metadados, o arquivo aberto no ecoEditor continha mais informações quando comparado ao ILCD como, por exemplo, informações sobre autores, revisão e atributos dos arquivos. Conseqüentemente, aparecem mais campos em branco no arquivo ILCD.

As diferenças encontradas na conversão dos dados foram referentes, principalmente: a) ao número de casas decimais dos valores; b) à forma como são escritos os nomes; c) à classificação dos fluxos; e d) às incertezas. Por exemplo, os arquivos ecoSpold2 contêm mais parâmetros de incertezas, mais fluxos, e mais informações, como comentários, fontes de informação, classificação dos arquivos e volumes de produção. Os arquivos ILCD, por sua vez, adotam parametrização mais frequentemente. Também foram encontradas informações divergentes, quanto às unidades dos fluxos e quanto ao “CAS-Number”, quando se trata de fluxos de elementos em forma de íon. Ainda, os arquivos apresentaram fluxos divididos em dois ou mais campos ao se converter do formato ecoSpold2 para o ILCD. Por fim, a partir da validação foi possível mapear as divergências dos arquivos para o aprimoramento do conversor Lavoisier.

Palavras-chave: Inventários de Ciclo de Vida, Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), bancos de dados de ACV.

RESUMEN

El Banco Nacional de Inventarios del Ciclo de Vida - SICV Brasil - busca atender la demanda de inventarios de procesos representativos de la economía brasileña. Este Banco es uno de los nudos de la plataforma Global LCA Data Access Network (GLAD), que promueve internacionalmente la interoperabilidad entre bases de datos de ACV.

SICV tiene sus propios desafíos para que resulte útil. Uno es el formato electrónico de los inventarios. Hay dos principales, ecoSpold2 y el Sistema Internacional de Referencia de Datos del Ciclo de Vida (ILCD), cada uno con su propia estructura, aptos para operar en software de ACV específico. El SICV Brasil adopta el formato ILCD porque es de acceso abierto, pero la mayoría de los inventarios desarrollados en los estudios de ACV están en el formato ecoSpold2.

Este es el caso del mayor aporte en inventarios a el SICV Brasil hasta el momento, derivado del proyecto Sustainable Recycling Industries (SRI), e intermediado por la Asociaciónecoinvent, que permitió el desarrollo de cientos de inventarios para diferentes sectores de la economía (agroindustria, construcción civil, entre otros), generados originalmente en el formato ecoSpold2. Muy recientemente estos inventarios se pusieron a disposición en SICV Brasil, superando la barrera de interoperabilidad entre los formatos ILCD y ecoSpold2 mediante un nuevo convertidor, más eficiente, generado en asociación entre IBICT (Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología) y UTFPR (Universidad Tecnológica Federal de Paraná). Denominado “Lavoisier”, este convertidor fue apoyado por la Ruta Estratégica de la Base de Datos de Análisis de Ciclo de Vida Nacional (Ugaya et al., 2019). La demanda de validación de inventarios surgió de la necesidad de verificar posibles pérdidas de información en el proceso de conversión de formatos electrónicos, orientando ajustes a realizar en el convertidor. Así, el objetivo de este trabajo fue realizar la validación del convertidor “Lavoisier”, comparando la información contenida en los archivos originales, en el ecoEditor y en los archivos convertidos a formato ILCD.

Se seleccionaron 10 conjuntos de datos, considerando inventarios de procesos diferentes entre los archivos convertidos disponibles. Para el análisis de verificación, los archivos convertidos al formato ILCD se abrieron en el software openLCA y la información original se abrió en el software ecoEditor. El material desarrollado para la validación consistió en una hoja de cálculo construida en Excel para organizar y comparar la información en los conjuntos de datos, que contiene 3 pestañas: “prints”, “metadatos” y “datos”. La pestaña “prints” se refiere a los avisos de error que aparecen al abrir los conjuntos de datos en el programa openLCA. La pestaña de “metadatos” contiene una tabla donde se comparan directamente los metadatos, que corresponde a la documentación complementaria al inventario, que se utiliza para describir un conjunto de datos (UNEP & SETAC, 2011). La pestaña “datos” contiene la información de las entradas y salidas de materia o energía en un proceso unitario (NBR ISO 14040, 2001).

La validación se llevó a cabo comparando la información resaltada con diferentes colores. En la pestaña “metadatos” se resaltó la información sin equivalencia (que se encuentra en solo uno de los archivos) y los campos en blanco. En la pestaña “datos” se destacaron aquellos “no equivalentes”, “parcialmente equivalentes” (con diferencia en decimales, escritos de manera diferente o con contenido incompleto) y “equivalentes”, pero presentados en dos o más ubicaciones diferentes.

Cabe mencionar que Lavoisier depende de la información del archivo ecoSpold2, que no es tan completo como el archivo ecoEditor. En cuanto a los metadatos, el archivo abierto en el ecoEditor contenía más información en comparación con el ILCD como, por ejemplo, información sobre los autores, revisión y atributos de los archivos. En consecuencia, aparecen más campos en blanco en el archivo ILCD.

Las diferencias encontradas en la conversión de los datos se relacionaron principalmente con: a) el número de decimales de los valores; b) la forma en que se escriben los nombres; c) la clasificación de flujos; y d) incertidumbres. Por ejemplo, los archivos ecoSpold2 contienen más parámetros de incertidumbre; más flujos e información, como comentarios, fuentes de información, clasificación de archivos y volúmenes de producción; los archivos ILCD, por otro lado, adoptan la parametrización con mayor frecuencia. También se encontró información divergente, en cuanto a las unidades de los flujos y el "Número CAS", cuando se trata de flujos de elementos en forma de ión. Además, los archivos presentaban flujos que se dividen en dos o más campos al convertir del formato ecoSpold2 al ILCD. Finalmente, a partir de la validación fue posible mapear las divergencias de los archivos para la mejora del convertidor Lavoisier.

Palabras clave: Inventarios del Ciclo de Vida, Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Bases de datos de ACV.

MAKING A BACKGROUND LCI DATABASE OF GLOBAL SCOPE FIT NEW APPLICATIONS – THE CASE OF ECOINVENT DATA FOR ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS

FAZENDO COM QUE UMA BASE DE DADOS DE INVENTÁRIOS DE CICLO DE VIDA DE ÂMBITO GLOBAL SE AJUSTE A NOVAS APLICAÇÕES - O CASO DOS DADOS ECOINVENT PARA DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTOS

CREACION DE UNA BASE DE DATOS LCI DE ALCANCE MUNDIAL ADAPADA A NUEVAS APLICACIONES - EL CASO DE ECOINVENT PARA LAS DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTOS

Dimitra Ioannidou ¹, Carl Vadenbo ^{1,*}, Lucia Valsasina¹, Emilia Moreno Ruiz ¹

¹ Ecoinvent association, Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zurich, Switzerland. ioannidou@ecoinvent.org, vadenbo@ecoinvent.org, valsasina@ecoinvent.org, moreno@ecoinvent.org

ABSTRACT

Life cycle thinking is a powerful approach for identifying the most effective interventions towards more sustainable production and consumption. Access to reliable, representative, and consistent data is essential for the widespread uptake of life-cycle-based sustainability assessments. At the same time, this kind of information is becoming increasingly requested throughout global value chains, e.g. to meet the demands of environmentally conscious customers/consumers or due to legal requirements for access to important markets.

Specific industries may find themselves under rising pressure to adopt national or international standards and labelling schemes, like *Environmental Product Declarations (EPDs)*. In the framework of policies, practices and actions supporting the *Sustainable Development Goals*, EPDs have become a main decision tool in the construction and manufacturing sector. EPDs are intended to provide standardized, accurate, non-misleading information on the environmental impact of products or services through Life Cycle Inventory (LCI) and Life Cycle Impact Assessment (LCIA) indicators. Therefore, EPDs are an important tool for promoting sustainability and circular economy in the built environment.

General-purpose LCI databases provide a valuable source of information for the background data in EPDs. The LCI datasets used in an EPD have to comply with the requirements set in the relevant standards (ISO 14020, ISO 21930 and EN15804) with respect to modelling choices (allocation and end-of-life), flow nomenclature, data exchange format and dataset content. However, variations in the assumptions made by different EPD practitioners, when calculating the LCI indicators for the background data, impedes the comparability of EPDs.

This paper presents the features of a new system model developed by the ecoinvent association to address the methodological challenges in the calculation of the LCI indicators for the background data for EPDs. The ecoinvent database builds on unit processes at the undefined level, i.e. before the supply chain linking is determined and allocation/substitution is applied. This offers the flexibility to apply new modelling approaches, such as end-of-life assumptions specific to the EPD requirements. The implementation of the end-of-waste state, prescribed in the EN15804 standard as a cut-off point between the primary and secondary supply chain, entailed changes in by-product classifications. In addition, the new system model was based on inherent features of the ecoinvent database, such as adding new information related to the lower heating value of products as a property in all relevant exchanges in the database. The new system model with all its additional features supports harmonization in the calculation of the LCI indicators.

Furthermore, we present an outlook towards further enhancements in background databases that can benefit EPDs. An important data quality criterion for the background LCI datasets in the EPDs is their geographical representativeness. In the construction industry, for example, regionally available materials, such as bamboo, and local manufacturing techniques or designs might intersect with global commodities like basic metals. This challenge can be addressed by increasing the degree of regionalisation of background databases of global scope. At the same time, national LCA database initiatives may better reflect local practices and supply chains. Ensuring

interoperability between complementary data sources, as well as the connectivity to industry-specific models and applications, like building design tools, is therefore crucial.

Keywords: background LCI databases, end-of-life classification, system modelling, environmental product declarations (EPDs).

RESUMO

O pensamento do ciclo de vida é uma abordagem poderosa para identificar as intervenções mais eficazes no sentido de uma produção e consumo mais sustentáveis. O acesso a dados confiáveis, representativos e consistentes é essencial para a aceitação generalizada das avaliações de sustentabilidade baseadas no ciclo de vida. Ao mesmo tempo, este tipo de informação está tornando-se cada vez mais solicitado ao longo das cadeias de valor globais, por exemplo, para satisfazer as exigências de clientes/consumidores ambientalmente conscientes ou devido a requisitos legais para o acesso a mercados importantes.

Indústrias específicas podem encontrar-se sob pressão crescente para adotarem normas e esquemas de rotulagem nacionais ou internacionais, como as Declarações Ambientais de Produto (DAP). No âmbito das políticas, práticas e ações de apoio aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, as DAPs tornaram-se um instrumento de decisão principal no setor da construção e manufatura. As DAPs destinam-se a fornecer informação padronizada, precisa e não enganosa sobre o impacto ambiental de produtos ou serviços através de indicadores de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) e Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV). Por conseguinte, as DAPs são uma ferramenta importante para promover a sustentabilidade e a economia circular no ambiente construído.

As bases de dados de ICV de uso geral fornecem uma valiosa fonte de informação para os dados de fundo nas DAPs. Os conjuntos de dados de ICV utilizados numa DAP têm de cumprir os requisitos estabelecidos nas normas relevantes (ISO 14020, ISO 21930 e EN15804) no que diz respeito a escolhas de modelagem (alocação e fim de vida), nomenclatura de fluxos, formato de intercâmbio de dados e conteúdo do conjunto de dados. No entanto, as variações nas suposições feitas por diferentes profissionais de DAP, ao calcular os indicadores de ICV para os dados de fundo, impedem a comparabilidade das DAPs.

Este documento apresenta as características de um novo modelo de sistema desenvolvido pela associaçãoecoinvent para abordar os desafios metodológicos no cálculo dos indicadores de ICV para os dados de fundo para as DAPs. A base de dados ecoinvent baseia-se em processos unitários a nível indefinido, ou seja, antes de se determinar a conexão com a cadeia de abastecimento e de se aplicar a alocação/substituição. Isto oferece a flexibilidade de aplicar novas abordagens de modelagem, tais como pressupostos de fim de vida específicos para os requisitos das DAPs. A implementação do estado de fim de vida dos resíduos, prescrito na norma EN15804 como ponto de corte entre a cadeia de abastecimento primária e secundária, implicou alterações nas classificações de coprodutos. Além disso, o novo modelo de sistema baseou-se em características inerentes à base de dados ecoinvent, tais como a adição de novas informações relacionadas com o poder calorífico inferior dos produtos como uma propriedade em todas as trocas relevantes na base de dados. O novo modelo de sistema com todas as suas características adicionais apoia a harmonização no cálculo dos indicadores do ICV.

Além disso, apresentamos uma perspectiva de melhorias adicionais nas bases de dados de fundo que podem beneficiar as DAPs. Um importante critério de qualidade de dados para os conjuntos de dados de ICV de fundo nas DAPs é a sua representatividade geográfica. Na indústria da construção, por exemplo, os materiais disponíveis regionalmente, tais como o bambu, e as técnicas de fabricação local ou projetos podem cruzar-se com produtos globais como os metais de base. Este desafio pode ser enfrentado através do aumento do grau de regionalização das bases de dados de fundo em âmbito global. Ao mesmo tempo, as iniciativas nacionais de bases de dados de ACV podem refletir melhor as práticas e cadeias de fornecimento locais. Assegurar a interoperabilidade entre fontes de dados complementares, bem como a conectividade com modelos e aplicações específicas da indústria, como ferramentas para projetos de edifícios, é, portanto, crucial.

Palavras-chave: bases de dados de ICV de fundo, classificação de fim de vida, modelagem de sistemas, declarações ambientais de produtos (DAP)

RESUMEN

El concepto de ciclo de vida es una poderosa herramienta para identificar las intervenciones más eficaces hacia una producción y un consumo más sostenibles. El acceso a datos fiables, representativos y coherentes es esencial para la adopción generalizada de evaluaciones de sostenibilidad basadas en el ciclo de vida. Al mismo tiempo, este tipo de información es cada vez más solicitada a lo largo de las cadenas de valor mundiales, por ejemplo, para satisfacer las demandas de los clientes/consumidores concienciados con el medio ambiente o debido a los requisitos legales para acceder a mercados importantes.

Determinadas industrias pueden verse sometidas a una presión creciente para adoptar normas y sistemas de etiquetado nacionales o internacionales, como las declaraciones ambientales de producto (DAP). En el marco de las políticas, prácticas y acciones de apoyo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, las DAP se han convertido en una herramienta principal de decisión en el sector de la construcción y la fabricación. El objetivo de las DAP es proporcionar información estandarizada, precisa y no engañosa sobre el impacto medioambiental de los productos o servicios a través de los indicadores del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) y de la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV). Por lo tanto, las DAP son una herramienta importante para promover la sostenibilidad y la economía circular en el entorno construido.

Las bases de datos de ICV de uso general proporcionan una valiosa fuente de información para los datos de fondo de las DAP. Los conjuntos de datos del ICV utilizados en una DAP tienen que cumplir los requisitos establecidos en las normas pertinentes (ISO 14020, ISO 21930 y EN15804) con respecto a las opciones de modelización (asignación y fin de vida), la nomenclatura de los flujos, el formato de intercambio de datos y el contenido del conjunto de datos. Sin embargo, las variaciones en los supuestos realizados por los diferentes profesionales de las DAP, al calcular los indicadores del ICV para los datos de fondo, impiden la comparabilidad de las DAP.

Este documento presenta las características de un nuevo modelo de sistema desarrollado por la asociaciónecoinvent para abordar los retos metodológicos en el cálculo de los indicadores de ICV para los datos de fondo de las DAP. La base de datos ecoinvent se basa en los procesos unitarios a nivel indefinido, es decir, antes de que se determine la vinculación de la cadena de suministro y se aplique la asignación/sustitución. Esto ofrece la flexibilidad necesaria para aplicar nuevos enfoques de modelización, como los supuestos de fin de vida útil específicos para los requisitos de las DAP. La aplicación del estado de fin de vida útil, prescrito en la norma EN15804 como punto de corte entre la cadena de suministro primaria y secundaria, supuso cambios en las clasificaciones de los subproductos. Además, el nuevo modelo de sistema se basó en características inherentes a la base de datos ecoinvent, como la adición de nueva información relacionada con el poder calorífico inferior de los productos como propiedad en todos los intercambios pertinentes de la base de datos. El nuevo modelo de sistema, con todas sus características adicionales, apoya la armonización en el cálculo de los indicadores del ICV.

Además, presentamos una perspectiva hacia nuevas mejoras en las bases de datos de fondo que pueden beneficiar a las DAP. Un importante criterio de calidad de datos para los conjuntos de datos del ICV de fondo en las DAP es su representatividad geográfica. En el sector de la construcción, por ejemplo, los materiales disponibles a nivel regional, como el bambú, y las técnicas de fabricación o los diseños locales pueden coincidir con productos básicos globales como los metales básicos. Este reto puede abordarse aumentando el grado de regionalización de las bases de datos de referencia de alcance mundial. Al mismo tiempo, las iniciativas nacionales de bases de datos de ACV pueden reflejar mejor las prácticas locales y las cadenas de suministro. Por lo tanto, es fundamental garantizar la interoperabilidad entre fuentes de datos complementarias, así como la conectividad con modelos y aplicaciones específicos del sector, como las herramientas de diseño de edificios.

Palabras clave: bases de datos de ACV, clasificación del fin de la vida útil, modelización de sistemas, declaraciones ambientales de productos (DAP)



LCA-based Ecodesign

ECODISEÑO DE EMPAQUES PLÁSTICOS FLEXIBLES ENFARDADOS POR ESPUMADO CON NITROGENO

Catalina Areiza ^{1*}, Carlos Naranjo ¹, Yohana García ², Gabriel Jaramillo

¹ Gaia Servicios Ambientales, Carrera 48A #10 Sur – 161, Medellín, Colombia. careiza@gaiasa.com, cnaranjo@gaiasa.com

² Plastilene S.A.S, Carrera 4 #58-66, Soacha, Colombia. ygarcia@plastilene.net, gjaramillo@plastilene.net

RESUMEN

El impacto ambiental de los empaques plásticos en todo el ciclo de vida, motivan a los convertidores de resina a trabajar en el desarrollo de películas plásticas que reduzcan el uso de materiales y energía y en general a reducir todos los impactos ambientales. Gracias a un trabajo de investigación colaborativa entre la empresa PLASTILENE, MuCell Extrusion LLC y Dow Chemical Company, se desarrollaron envases de **plástico flexible espumado** con menor densidad al inyectar nitrógeno en la capa central de las películas sopladas por coextrusión, lo que permite una disminución significativa en la cantidad de material utilizado para producir empaques de alto rendimiento.

Con el objetivo de evaluar de manera objetiva los impactos del uso de la tecnología de espumado frente a la tecnología estándar de producción, se realizó un Análisis de Ciclo de Vida comparativo entre dos películas plásticas flexibles, una **película enfardada** (empaque secundario producida con polietileno de baja densidad y polietileno lineal de baja densidad un gramaje de 36,71 g/m² para un espesor total de 40 micras) y otra **película espumada** con los mismos materiales adicionando nitrógeno y con un peso de 31,00 g/m² para el mismo espesor total.

Se utilizó la metodología ISO 14040 y 14044. La unidad funcional fue 1 m² de película de empaque. El estudio tuvo un alcance de la cuna a la tumba sin incluir el impacto en el proceso de envasado de producto, pues varía dependiendo del tipo de envasado. Se utilizaron datos primarios de proveedores de fabricación de la película de empaque y datos secundarios para materiales, transporte y fin de vida tomados de la base de datos Ecoinvent 3.6. Los modelos fueron realizados usando el software Umberto LCA+. En el análisis de inventario se evaluó el uso de agua en el ciclo de vida (m³). En la evaluación de impactos ambientales de punto medio se analizaron las categorías de demanda acumulada de energía (MJe) y cambio climático (kgCO_{2e}) y para la evaluación de punto final se seleccionó la metodología ReCiPe en sus tres categorías de daño a la salud, ecosistema y recursos.

El análisis modeló nueve escenarios incorporando datos con y sin impresión además de mezclas con polietileno de alta densidad reciclado en diferentes proporciones. En conclusión, la tecnología de espumado aporta un beneficio ambiental en la fabricación de empaques flexibles al aportar en la reducción del uso de materiales además de que representa **un 18% menos de impacto ambiental total** usando al evaluar con la metodología de ReCiPe. El agotamiento de recursos es la categoría de daño al ambiente más importante para ambas películas analizadas y esto asociado al agotamiento del crudo y del gas natural principalmente.

Palabras clave: plástico flexible espumado, Análisis de Ciclo de Vida; Empaques plásticos; ecodiseño; Ecoinvent; Umberto.

HERRAMIENTA RÁPIDA PARA ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE EMPAQUES DE ALIMENTOS

Bryan Dávila ^{1*}, Carlos Naranjo¹, Maria Sánchez ², Maria Sánchez ², Marizabel Suarez², Alexander Giraldo³, Juliana Gonzalez⁴, Lila Londono⁴, Sara Toro ⁵, Yully Posada ⁶, Alexander Poveda ⁶, Alejandra Beltran ⁷

¹ Gaia Servicios Ambientales, Carrera 48A #10 Sur – 161, Medellín, Colombia. bdavila@gaiasa.com, cnaranjo@gaiasa.com

² Compañía Nacional de Chocolates S.A.S Centro de Investigación Desarrollo y Calidad CIDCA, km2 vía Belén, Autopista Medellín Bogotá Rionegro, Colombia. mssanchez@chocolates.com.co, msuarez@chocolates.com.co

³ Alimentos cárnicos Zenú, Carrera 64 C # 104-03, Medellín, Colombia. agiraldog@zenu.com.co

⁴ Compañía de Galletas Noel, Carrera 52 N° 2 – 38, Medellín, Colombia. jgonzalezlo@noel.com.co, lilalondono@noel.com.co

⁵ Industria Colombiana de Café S.A.S. Calle 8 Sur # 50 – 67, Medellín, Colombia. sltoro@colcafe.com.co

⁶ Productos Alimenticios Doria S.A.S. Km 5,6 troncal de occidente, Mosquera, Colombia. ymposada@pastasdoria.com, apoveda@pastasdoria.com

⁷ Meals de Colombia S.A.S, Calle 98 # 70 - 90, Bogotá, Colombia. ambeltran@cremhelado.com.co

RESUMEN

Colombia genera alrededor de 12 millones de toneladas de residuos sólidos por año y se estima que en promedio se recicla únicamente un 17%. Adicionalmente, se estima que para 2030 se generarán casi 30 millones de toneladas de residuos por año. En el año 2018 el gobierno colombiano firmó el Pacto Nacional por la economía circular donde incluyó la publicación de la Resolución 1407 de **Responsabilidad Extendida del Productor REP** que reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal; esta resolución además establece para productores de marcas una meta anual de aprovechamiento hasta llegar a un 30% de los residuos de envases y empaques puestos por en el mercado para el año 2030. Esta normativa obliga a las industrias a trabajar en instrumentos para la gestión, desarrollo de proyectos y de sustitución de materiales, reciclaje, ecodiseño y reincorporación de materiales al ciclo productivo. Es por esto que **Grupo Nutresa**, grupo de más de 30 industrias alimenticias en América Latina con enfoque en producir, distribuir y vender embutidos, galletas, chocolates, café, helado y pasta que comercializa sus productos en aproximadamente 70 marcas diferentes en 65 países, inició en 2019 un trabajo de investigación realizando el Análisis de Ciclo de vida comparativo de 44 materiales de empaques primarios, secundarios y terciarios usados para la comercialización de alimentos.

El objetivo del estudio fue cuantificar los impactos ambientales en el ciclo de vida de diferentes materiales de empaque para identificar puntos críticos que permitan focalizar el desarrollo de estrategias de reducción de los impactos ambientales.

Para este análisis se realizó un ACV screening de cada material de empaque siguiendo la metodología ISO 14040 y 14044. La unidad funcional fue diferente para cada material y estuvo en función de su masa en gramos o del área en m². Se utilizaron datos primarios de proveedores de materiales de empaques y datos secundarios de la base de datos Ecoinvent 3.6. Los modelos fueron realizados usando el software Umberto LCA+. La evaluación de impactos ambientales de punto medio fue solo para la categoría de cambio climático (huella de carbono en kgCO_{2e}) y para la evaluación de punto final se seleccionó la metodología ReCiPe. Con esta información, se desarrolló una herramienta en Excel para uso interno de los investigadores de las fábricas de Grupo Nutresa, quienes pueden seleccionar los diferentes materiales analizados y mediante la variación de algunos parámetros que influyen en el ciclo de vida pueden obtener rápidamente los resultados para las huellas ambientales mencionadas y evaluar diferentes escenarios.

Los resultados del análisis de ciclo de vida de los materiales y la herramienta en Excel han permitido a los diseñadores tomar decisiones en el ecodiseño de empaques que reducen el impacto ambiental desde la selección de materiales, eficiencia en los procesos y pensando en el cierre de ciclo para el cumplimiento de las metas normativas.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida de empaques; ecodiseño, huella de carbono, ReCiPe, Umberto, Ecoinvent, Responsabilidad Extendida de Productor.

UTILIZACIÓN DE LA MATRIZ DOFA PARA LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA EN PROYECTOS DE ECO-DISEÑO

USE OF THE SWOT MATRIX FOR EVALUATION OF THE LIFE CYCLE IN ECO-DESIGN PROJECTS

USO DA MATRIZ SWOT PARA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA EM PROJETOS DE ECO-DESIGN

Aida Sanes Orrego

Universidad Central, Facultad de ingeniería y ciencias básicas, Departamento de ingeniería ambiental, carrera 5 # 21-50, Bogotá, Colombia. asanesocentral.edu.co

RESUMEN

Actualmente con la ya reconocida importancia del eco-diseño como concepto clave en el desarrollo de productos y de sistemas de producción sostenibles es necesaria la utilización de herramientas que faciliten la revisión completa del ciclo de vida de los productos, a la vez que permitan el planteamiento de estrategias para los aspectos ambientales identificados en cada etapa, no solo en proyectos de diseño dentro de líneas de producción, sino también en espacios académicos en donde es imperante reforzar la visión sistémica del enfoque de ciclo de vida.

En este sentido vale la pena la utilización de herramientas de planeación estratégica, como parte de la etapa de análisis de la evaluación ambiental, en este caso se implementó la matriz DOFA enfocada en revisar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas del ciclo de vida de un producto, esta es una herramienta de fácil utilización, que permite una revisión rápida y completa y que facilita la toma de decisiones, además puede ser ejecutada en todo tipo de organización y espacios de discusión.

Para el desarrollo de la herramienta, se elaboró la matriz cruzada de factores internos (debilidades y fortalezas) y los factores externos (amenazas y oportunidades) pero por cada factor debió analizarse también cada etapa del ciclo de vida de un producto es decir, identificar las debilidades de obtención de materias primas, fabricación, comercialización, uso y de uso, identificar las fortalezas también de cada una, y de igual manera en amenazas y oportunidades y en los cruces respectivos generar las estrategias de mejora.

Esta herramienta se utilizó en trabajo en el aula, para proyectos de la asignatura de eco-diseño, como la herramienta final de evaluación de aspectos ambientales que da paso a la etapa de propuestas de mejoras, se aplicó cuando ya se había analizado el ciclo de vida de un producto, para contar con información que permitiera dar respuesta a cada ítem y sirvió para concluir sobre cada etapa y organizar las estrategias preliminares.

Finalmente esta herramienta permitió a cada grupo de los proyectos generar conclusiones para cada etapa del ciclo de vida, organizar con una visión completa la información, y dejar explícitos tanto los aspectos negativos como los positivos, a la vez que pudieron entender la relación del producto con el entorno y el impacto de este en el ciclo de vida, una visión muy importante para cerrar los ciclos y encaminarse hacia la economía circular, además fue un insumo fundamental en la etapa de propuesta de mejoras ya que todas las propuestas entraron a ser evaluadas y priorizadas. Fue en definitiva un puente entre la etapa de evaluación y la etapa de propuestas para mejorar el ciclo de vida completo.

Palabras claves: matriz dofa, ciclo de vida, eco-diseño, evaluación ambiental, economía circular.

ABSTRACT

Currently with the already recognized importance of eco-design as a key concept in the development of sustainable products and production systems, it is necessary to use tools that facilitate the complete review of the life cycle of products, while allowing the approach of strategies for the environmental aspects identified at each stage, not only in design projects within production lines, but also in academic spaces where it is imperative to reinforce the systemic vision of the life cycle approach.

In this sense, it is worth using strategic planning tools, as part of the analysis stage of the environmental assessment, in this case the SWOT matrix was implemented focused on reviewing the weaknesses, opportunities,

strengths and threats of the life cycle of a product, this is an easy-to-use tool that allows a quick and complete review and that facilitates decision-making, it can also be executed in all types of organization and discussion spaces.

For the development of the tool, a cross matrix of internal factors (weaknesses and strengths) and external factors (threats and opportunities) was elaborated, but for each factor, each stage of the life cycle of a product had to be analyzed, that is, to identify the weaknesses in obtaining raw materials, manufacturing, marketing, use and use, also identify the strengths of each one, and in the same way in threats and opportunities and in the respective crossings, generate improvement strategies.

This tool was used in work in the classroom, for projects of the eco-design subject, as the final tool for the evaluation of environmental aspects that leads to the stage of improvement proposals, it was applied when the cycle of life of a product, to have information that would allow to respond to each item and served to conclude on each stage and organize the preliminary strategies.

Finally, this tool allowed each group of projects to generate conclusions for each stage of the life cycle, organize the information with a complete vision, and make both the negative and positive aspects explicit, while they were able to understand the relationship of the product with the environment and its impact on the life cycle, a very important vision to close the cycles and move towards the circular economy, it was also a fundamental input in the improvement proposal stage since all the proposals entered to be evaluated and prioritized. It was ultimately a bridge between the evaluation stage and the proposal stage to improve the entire life cycle.

Key words: dofa matrix, life cycle, eco-design, environmental assessment, circular economy.

RESUMO

Atualmente com a já reconhecida importância do eco-design como conceito chave no desenvolvimento de produtos e sistemas de produção sustentáveis, faz-se necessária a utilização de ferramentas que facilitem a revisão completa do ciclo de vida dos produtos, ao mesmo tempo que permitem a abordagem de estratégias para os aspectos ambientais identificados em cada etapa, não só nos projetos de design dentro das linhas de produção, mas também nos espaços acadêmicos onde é imperativo o reforço da visão sistêmica da abordagem do ciclo de vida.

Nesse sentido, vale a pena utilizar ferramentas de planejamento estratégico, como parte da etapa de análise da avaliação ambiental, neste caso a matriz SWOT foi implementada com foco na revisão das fragilidades, oportunidades, potencialidades e ameaças do ciclo de vida dos produtos, trata-se de uma ferramenta fácil de usar que permite uma revisão rápida e completa e que facilita a tomada de decisões, podendo ser implementada em todos os tipos de espaços de organização e discussão.

Para o desenvolvimento da ferramenta, foi elaborada uma matriz cruzada de fatores internos (pontos fracos e fortes) e externos (ameaças e oportunidades), mas para cada fator foi necessário analisar cada etapa do ciclo de vida de um produto, ou seja, para identificar as fragilidades na obtenção de matérias-primas, fabricação, comercialização, uso e uso, também identificam os pontos fortes de cada um, e da mesma forma nas ameaças e oportunidades e nos respectivos cruzamentos, geram estratégias de melhoria.

Esta ferramenta foi utilizada em trabalhos de sala de aula, para projetos da disciplina de ecodesign, como ferramenta final para a avaliação dos aspectos ambientais que conduzem à fase de propostas de melhoria, foi aplicada quando do ciclo de vida de um produto, ter informações que permitissem responder a cada item e servir para concluir em cada etapa e organizar as estratégias preliminares.

Por fim, esta ferramenta permitiu que cada grupo de projetos gerasse conclusões para cada etapa do ciclo de vida, organizasse a informação com uma visão completa e explicitasse tanto os aspectos negativos quanto os positivos, ao mesmo tempo em que conseguiam entender a relação do produto com o meio ambiente e seus impactos no ciclo de vida, uma visão muito importante para fechar os ciclos e caminhar para a economia circular, foi também um insumo fundamental na etapa de proposta de melhoria, uma vez que todas as propostas inscritas para avaliação e priorizado. Em última análise, foi uma ponte entre a fase de avaliação e a fase de proposta para melhorar todo o ciclo de vida.

Palavras chaves: matriz dofa, ciclo de vida, eco-design, avaliação ambiental, economia circular.



Tools for decision making and policy design

BENEFÍCIOS E OPORTUNIDADES PARA UMA USINA DE ETANOL EM BUSCA DA CERTIFICAÇÃO RENOVABIO

BENEFITS AND OPPORTUNITIES FOR AN ETHANOL PLANT IN SEARCH OF RENOVABIO CERTIFICATION

BENEFICIOS Y OPORTUNIDADES PARA UNA PLANTA DE ETANOL EN BUSCA DE CERTIFICACIÓN RENOVABIO

Michelle Tereza Scachetti ^{1*}, Adriana Graziela de Moraes ¹, Flávio Henrique Covas de Oliveira ²

¹ Fundação Espaço Eco, Estrada Ribeirão do Soldado, 230, São Bernardo do Campo, SP, Brasil. michelle.scachetti@basf.com, adriana.de@basf.com

² USINA ALTA MOGIANA, Fazenda Santa'Ana - Rod. Prefeito Fábio Talarico, Km 89, S/n - Zona Rural, São Joaquim da Barra - SP. flavio-oliveira@altamogiana.com.br

RESUMO

Diretamente conectada aos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) 07 (Energia limpa e acessível), 12 (Consumo e produção responsáveis), 13 (Ação contra a mudança global do clima), a Política Nacional de Biocombustíveis tem se tornado cada vez mais relevante para a bioeconomia brasileira. A certificação voluntária dentro do escopo do programa tem recebido alta aderência de usinas de biocombustíveis, em especial aquelas produtoras de etanol e biodiesel.

Um dos principais motivadores desta alta aderência é o novo ativo ambiental que foi criado com um dos instrumentos do programa, o CBio (Crédito de Descarboxinação), o qual corresponde à bonificação concedida às usinas que finalizam com sucesso o processo de certificação. Cada CBIO corresponde à 1 tonelada de CO₂eq que deixou de ser emitida para a atmosfera no ciclo de vida do biocombustível certificado, devido à sua substituição ao combustível de origem fóssil de referência. Os CBios são comercializados no mercado financeiro, comprados obrigatoriamente pelas distribuidoras de biocombustíveis para atingirem as metas de redução de emissões e opcionalmente pelos demais agentes do mercado, trazendo maior liquidez e competitividade por meio de um mercado de carbono aberto.

Para as usinas, os CBios proporcionarão uma nova forma de rentabilidade àquelas que se comprovarem ambientalmente eficientes, tendo como base a lógica da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para calcular a Intensidade de Carbono dos biocombustíveis.

Neste contexto, a Usina Alta Mogiana, produtora de açúcar, etanol e bioeletricidade, buscou a Fundação Espaço Eco para apoiar sua jornada em busca do processo de certificação no RenovaBio. O presente trabalho visa apresentar a experiência adquirida e discutir os benefícios, oportunidades e aprendizados ao longo desta jornada.

O trabalho iniciou com um mapeamento de todo o processo produtivo do etanol de primeira geração a partir da cana de açúcar, objeto da certificação da Usina Alta Mogiana. Assim como realizado em todo e qualquer estudo de ACV, este mapeamento visou estabelecer o fluxograma e balanço de massa e energia do ciclo de vida do biocombustível, a fim de gerar os dados necessários para inclusão na RenovaCalc, ferramenta de cálculo da Intensidade de Carbono e Nota de Eficiência Energético-Ambiental do biocombustível.

Como a maior parte dos parâmetros são auditados por firmas inspetora no processo de certificação, foi dado foco na geração de evidências comprobatórias de cada informação inserida. Para tal, foram consultados todos os sistemas internos de gerenciamento de informações e Sistemas de Gestão da usina. Neste aspecto, notou-se uma ótima organização da usina no que se refere à perspectiva de ciclo de vida adotada nos processos rotineiros o que facilitou a consulta à indicadores e informações além da produção agrícola e industrial de controle da usina. Houve também um esforço significativo na criação de novos procedimentos e sistemas interno, visando atender às especificações do RenovaBio.

Um exemplo do desenvolvimento de ferramentas para fins do RenovaBio se deu a partir da demanda pelo atendimento aos critérios de elegibilidade, os quais estão diretamente ligados à quantidade de CBios gerada. São eles: Não supressão de vegetação nativa (a partir de novembro de 2018) e adequação ao Cadastro Ambiental Rural (CAR). Devido à necessidade de comprovar todos estes critérios para os mais de 900 imóveis rurais de

produtores agrícolas da usina, a qual já tinha um sistema georreferenciado de informações a nível de propriedade rural, customizou este sistema inserindo todas as informações necessárias para a checagem dos requisitos no formato de atributos e sobreposição de imagens. Este sistema foi bastante elogiado pela firma inspetora no momento da auditoria e proporcionou agilidade necessária para a checagem do grande volume de dados.

O preenchimento da RenovaCalc foi finalizado após interações com 6 áreas da usina (suprimentos, almoxarifado, TI, contratos, agrícola e industrial), visando garantir, além da qualidade dos dados, sua rastreabilidade. A auditoria in loco foi concluída com sucesso e os documentos do processo entraram em consulta pública por 1 mês, a qual finalizou em 11 de Março de 2020. Após o período de consulta pública, houveram algumas interações com a Agência Nacional do Petróleo (ANP), organismo regulador do RenovaBio, a qual analisou os documentos e aprovou a certificação em 28 de Abril de 2020.

A certificação é válida por 3 anos, porém é necessário realizar um monitoramento anual das informações, o qual pode ser solicitado pela ANP. A usina segue trabalhando neste contexto para que possa se recertificar quando julgar pertinente.

Apesar da usina nunca ter tido trabalhado com a metodologia de ACV, o processo de certificação no RenovaBio foi muito bem executado, devido ao excelente sistema de gestão e controle.

A jornada no RenovaBio trouxe para a usina Alta Mogiana benefícios como aperfeiçoamentos dos sistemas de gestão, aprofundamento no conhecimento do ciclo de vida do produto em diferentes níveis hierárquicos da organização e clareza na identificação dos gargalos e oportunidades de ganho de eficiência energética e ambiental.

Atualmente a usina está trabalhando em estratégias para gestão do novo ativo ambiental fonte de receita para a companhia, os CBios, contribuindo de maneira proativa para este novo mercado de carbono.

Palavras-chave: RenovaBio, Bioeconomia, Biocombustíveis, Etanol.

ABSTRACT

Directly connected to the SDGs (Sustainable Development Goals) 07 (Clean and affordable energy), 12 (Responsible consumption and production), 13 (Action against global climate change), the National Biofuels Policy has become increasingly relevant for the Brazilian bioeconomy. Voluntary certification within the scope of the program has received high adherence from biofuel plants, especially those producing ethanol and biodiesel.

One of the main motivators of this high adherence is the new environmental asset that was created with one of the program's instruments, CBio (Decarbonization Credit), which corresponds to the bonus granted to the plants that successfully complete the certification process. Each CBIO corresponds to the 1 ton of CO₂eq that is no longer emitted into the atmosphere in the life cycle of the certified biofuel, due to its replacement to the reference fossil fuel. CBios are sold in the financial market, mandatorily purchased by biofuel distributors to achieve emission reduction goals and optionally by other market agents, bringing greater liquidity and competitiveness through an open carbon market.

For the plants, CBios will provide a new form of profitability to those that prove to be environmentally efficient, based on the Life Cycle Assessment (LCA) logic to calculate the Carbon Intensity of biofuels.

In this context, Usina Alta Mogiana, a producer of sugar, ethanol and bioelectricity, sought the Espaço Eco Foundation to support its journey in search of the certification process at RenovaBio. The present work aims to present the acquired experience and discuss the benefits, opportunities and learnings along this journey.

The work started with a mapping of the entire production process of first generation ethanol from sugar cane, object of the certification of Usina Alta Mogiana. As performed in any LCA study, this mapping aimed to establish the flowchart and balance of mass and energy of the biofuel life cycle, in order to generate the necessary data for inclusion in RenovaCalc, a tool for calculating the Carbon Intensity and Energy-Environmental Efficiency Grade of biofuel.

As most of the parameters are audited by inspection firms in the certification process, a focus was placed on generating supporting evidence for each information entered. To this end, all internal information management systems and plant management systems were consulted. In this regard, it was noted that the plant was very well organized in terms of the life cycle perspective adopted in routine processes, which facilitated the consultation of indicators and information in addition to the plant's agricultural and industrial production control. There was also a significant effort in the creation of new procedures and internal systems, aiming to meet RenovaBio's specifications.

An example of the development of tools for the purpose of RenovaBio came from the demand for meeting the eligibility criteria, which are directly linked to the amount of CBios generated. They are: No suppression of native vegetation (as of November 2018) and adaptation to the Rural Environmental Registry (CAR). Due to the

need to prove all these criteria for the more than 900 rural properties of agricultural producers of the plant, which already had a georeferenced information system at the level of rural property, customized this system by inserting all the necessary information to check the requirements in the attribute format and image overlay. This system was highly praised by the inspecting firm at the time of the audit and provided the necessary agility to check the large volume of data.

The filling of RenovaCalc was completed after interactions with 6 areas of the plant (supplies, warehouse, IT, contracts, agricultural and industrial), aiming to guarantee, in addition to the quality of the data, its traceability. The on-the-spot audit was successfully completed and the documents of the process went into public consultation for 1 month, which ended on March 11, 2020. After the public consultation period, there were some interactions with the National Petroleum Agency (ANP), RenovaBio's regulatory body, which analyzed the documents and approved the certification on April 28, 2020.

The certification is valid for 3 years, but it is necessary to carry out an annual monitoring of the information, which can be requested by the ANP. The plant continues to work in this context so that it can recertify when deemed appropriate.

Although the plant has never worked with the LCA methodology, the certification process at RenovaBio was very well executed, due to the excellent management and control system.

The journey at RenovaBio brought benefits to the Alta Mogiana plant, such as improvements in management systems, in-depth knowledge of the product's life cycle at different hierarchical levels in the organization, and clarity in identifying bottlenecks and opportunities to gain energy and environmental efficiency.

The plant is currently working on strategies to manage the new environmental asset that is the source of revenue for the company, the CBios, proactively contributing to this new carbon market.

Keywords: RenovaBio, Bioeconomy, Biofuels, Ethanol.

RESUMEN

Directamente conectada con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) 07 (Energía limpia y asequible), 12 (Consumo y producción responsables), 13 (Acción contra el cambio climático global), la Política Nacional de Biocombustibles se ha vuelto cada vez más relevante para la bioeconomía brasileña. La certificación voluntaria dentro del alcance del programa ha recibido una alta adhesión de las plantas de biocombustibles, especialmente las que producen etanol y biodiesel.

Uno de los principales motivadores de esta alta adherencia es el nuevo activo ambiental que se creó con uno de los instrumentos del programa, CBio (Crédito por Descarbonización), que corresponde al bono otorgado a las plantas que culminen exitosamente el proceso de certificación. Cada CBIO corresponde a la tonelada de CO₂eq que ya no se emite a la atmósfera en el ciclo de vida del biocombustible certificado, debido a su sustitución por el combustible fósil de referencia. Los CBios se venden en el mercado financiero, comprados obligatoriamente por los distribuidores de biocombustibles para lograr las metas de reducción de emisiones y opcionalmente por otros agentes del mercado, brindando mayor liquidez y competitividad a través de un mercado de carbono abierto.

Para las plantas, CBios proporcionará una nueva forma de rentabilidad a aquellas que demuestren ser ambientalmente eficientes, basada en la lógica de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) para calcular la Intensidad de Carbono de los biocombustibles.

En este contexto, Usina Alta Mogiana, productora de azúcar, etanol y bioelectricidad, buscó a la Fundación Espaço Eco para apoyar su andadura en busca del proceso de certificación en RenovaBio. El presente trabajo tiene como objetivo presentar la experiencia adquirida y discutir los beneficios, oportunidades y aprendizajes a lo largo de este viaje.

El trabajo se inició con un mapeo de todo el proceso de producción de etanol de primera generación a partir de caña de azúcar, objeto de la certificación de Usina Alta Mogiana. Como se realizó en cualquier estudio de LCA, este mapeo tuvo como objetivo establecer el diagrama de flujo y balance de masa y energía del ciclo de vida del biocombustible, con el fin de generar los datos necesarios para su inclusión en RenovaCalc, una herramienta para calcular la Intensidad de Carbono y Nota sobre Energía-Eficiencia ambiental de biocombustibles.

Como la mayoría de los parámetros son auditados por firmas de inspección en el proceso de certificación, se enfocó en generar evidencia de respaldo para cada información ingresada. Para ello, se consultaron todos los sistemas internos de gestión de la información y los sistemas de gestión de plantas. Al respecto, se observó que la planta estaba muy bien organizada en cuanto a la perspectiva de ciclo de vida adoptada en los procesos rutinarios, lo que facilitó la consulta de indicadores e información además del control de la producción agrícola

e industrial de la planta. También hubo un esfuerzo importante en la creación de nuevos procedimientos y sistemas internos, con el objetivo de cumplir con las especificaciones de RenovaBio.

Un ejemplo del desarrollo de herramientas para el propósito de RenovaBio provino de la demanda de cumplir con los criterios de elegibilidad, que están directamente vinculados a la cantidad de CBios generados. Son: No supresión de vegetación nativa (a noviembre de 2018) y adecuación al Registro Ambiental Rural (CAR). Ante la necesidad de acreditar todos estos criterios para los más de 900 predios rurales de productores agrícolas de la planta, que ya contaban con un sistema de información georreferenciado a nivel de predio rural, se personalizó este sistema insertando toda la información necesaria para verificar los requisitos. en el formato de atributo y la superposición de imágenes. Este sistema fue muy elogiado por la empresa inspectora en el momento de la auditoría y brindó la agilidad necesaria para verificar el gran volumen de datos.

El llenado de RenovaCalc se completó tras interacciones con 6 áreas de la planta (suministros, almacén, informática, contratos, agrícola e industrial), con el objetivo de garantizar, además de la calidad de los datos, su trazabilidad. La auditoría in situ se completó con éxito y los documentos del proceso pasaron a consulta pública durante 1 mes, que finalizó el 11 de marzo de 2020. Después del período de consulta pública, hubo algunas interacciones con la Agencia Nacional del Petróleo (ANP), Organismo regulador de RenovaBio, que analizó los documentos y aprobó la certificación el 28 de abril de 2020.

La certificación tiene una vigencia de 3 años, pero es necesario realizar un seguimiento anual de la información, que puede ser solicitado por la ANP. La planta sigue funcionando en este contexto para que pueda recertificarse cuando se considere oportuno.

Aunque la planta nunca ha trabajado con la metodología LCA, el proceso de certificación en RenovaBio fue muy bien ejecutado, debido al excelente sistema de gestión y control.

El viaje en RenovaBio trajo beneficios a la planta de Alta Mogiana, como mejoras en los sistemas de gestión, conocimiento profundo del ciclo de vida del producto en diferentes niveles jerárquicos de la organización y claridad en la identificación de cuellos de botella y oportunidades para ganar eficiencia energética y ambiental.

Actualmente, la planta está trabajando en estrategias para gestionar el nuevo activo medioambiental que es la fuente de ingresos de la empresa, los CBios, contribuyendo de forma proactiva a este nuevo mercado de carbono.

Palabra clave: RenovaBio, Bioeconomía, Biocombustibles, Etanol.

BRACV 2019 E ALÉM – CONVITE PARA CONTRIBUIR COM AS METAS

Cássia Maria Lie Ugaya ¹, Juliana Gerhardt ², Thiago Rodrigues ², Tiago Braga ²

¹Gyro/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). cassiaugaya@utfpr.edu.br

²Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). thiagorodrigues@ibict.br, tiagobraga@ibict.br, julianagerhardt@ibict.br

RESUMO

A terceira edição do Fórum Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (BRACV 2019) aconteceu em Curitiba entre os dias 26 e 28 de junho organizado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e pelo Instituto Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Informação (IBICT). O evento teve por objetivo garantir um espaço de discussão entre pesquisadores, agentes governamentais e empresários no tema de Avaliação do Ciclo de Vida.

Assim como nas demais edições do evento, foi proposta uma mesa redonda com o tema Sustentabilidade da ACV no Brasil, seguida da apresentação dos resultados alcançados desde o evento anterior e, posteriormente, sob condução do IBICT, foi realizada a construção coletiva de metas após a apresentação dos resultados alcançados desde o evento anterior. Os temas das discussões em grupo foram Base de Dados e Inventário do Ciclo de Vida, Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, Rotulagem e Comunicação, Formação e Capacitação.

Adicionalmente, foram realizados minicursos de Relevância de recomendação de Modelos de AICV e regionalização de fatores de caracterização para o Brasil, Estruturação de Inventários do Ciclo de Vida para o Banco Nacional de ICVs (SICV Brasil), Programas e declarações ambientais de produto e RenovaCalc: como calcular a intensidade de carbono de biocombustíveis na RenovaBio?.

Durante o evento também foi realizada a consulta pública da Rota Estratégica para Base de Dados de ACV.

O evento contou com 143 participantes da academia, governo e setor privado, e resultou na definição de 32 metas e 19 ações, entretanto, é relevante ressaltar que muitas das metas almejadas no evento anterior não haviam sido alcançadas. As palestras focaram na apresentação de iniciativas governamentais lideradas pelo MCTIC e apoiadas pelo CNPq, referentes à ACV no país, destacando-se a chamada do Edital CNPq para a elaboração de inventários no contexto da bioeconomia, publicada em 2019. Apesar da limitação do recurso provindo do CNPq para este fim, foi mencionado que se trata de um projeto piloto e que pode vir a ter mais chamadas no futuro. Ressaltou-se também que houve várias propostas que tinham mérito, mas por conta da restrição de recurso, não foram contempladas. De forma geral, as discussões apontaram que há necessidade de mais recursos financeiros para que o tema seja consolidado no Brasil.

Na sequência, foi apresentado o status de cumprimento das metas definidas na edição anterior do evento. Verificou-se que, assim como no passado, nem todas as metas foram alcançadas, o que indica uma lacuna entre a identificação de demandas e a disponibilidade de recursos para que as metas sejam atingidas. Observou-se que o cumprimento das metas ficou dependente de esforços individuais (ou em equipe), e que não há uma estrutura formal que garante o alcance das mesmas.

A construção de metas de forma participativa é uma das características mais relevantes do BRACV e, portanto, destaca sua importância enquanto ferramenta de construção coletiva na busca por melhorias na metodologia em si e no aumento da utilização de ACV no Brasil.

Nota-se, entretanto, que o cumprimento das metas ainda não atinge um nível satisfatório e dependente em grande parte de ações individuais. Apesar das metas serem definidas considerando as áreas de prioridade do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV), seu alcance não conta com fomento do PBACV. Neste sentido, sugere-se que as metas estejam diretamente relacionadas com o Programa, que por sua vez poderia apoiar a realização das atividades necessárias, com o objetivo de aumentar o índice de efetividade das metas.

Adicionalmente, faz-se um convite à comunidade de ACV do Brasil para contribuir com as metas, visando facilitar a implementação da ACV e, conseqüentemente, apoiar tomadores de decisão com informações ambientais mais completas.

Com isto, espera-se que sejam disponibilizados recursos entre as edições do BRACV, para que em 2021, no evento a ser organizado pela Rede ACV Nordeste e o IBICT, haja maior taxa de cumprimento das metas e ações propostas.

Palavras-chave: Avaliação de Ciclo de Vida, Construção coletiva, BRACV, Fórum de discussão, ACV.

MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI EN FINCAS DE GANADO DE LECHE EN COLOMBIA

Catalina Areiza ^{1*}, Carlos Naranjo ¹, Criss Forero ²

¹ Gaia Servicios Ambientales, Carrera 48A #10 Sur – 161, Medellín, Colombia. careiza@gaiasa.com, cnaranjo@gaiasa.com

² Alqueria, Av. Boyacá #152-62, Bogotá, Colombia. cdforero@alqueria.com.co

RESUMEN

En la huella de carbono de producto para la leche descremada 0 % de grasa, la etapa de obtención de leche cruda que se da en las fincas ganaderas representa más del 90% del impacto en emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI, mientras el proceso de acopio y procesamiento de la leche cruda aporta menos del 5%. Esto ha llevado a la empresa ALQUERÍA a trabajar en su estrategia de gestión climática con el área de Fomento Ganadero.

El objetivo inicial del estudio fue estimar y evaluar las emisiones de GEI atribuibles al ciclo de vida un litro de leche descremada 0% de grasa; con el fin de obtener la certificación de carbono neutro de producto. Se utilizó la metodología PAS 2050. La unidad funcional fue 1.1 litro de leche descremada 0% de grasa. El estudio tuvo un alcance de la cuna a la tumba.

Se utilizaron datos primarios de cuatro fincas de ganado de leche en Cundinamarca, una finca en Valle del Cauca y una finca en Antioquia. Se estimaron las emisiones de GEI producción del alimento para el ganado (pasto, concentrados, miel, sal y agua) y energía eléctrica en ordeño. Las emisiones de fincas por liberación de N₂O en suelos, emisiones de CH₄ por fermentación entérica y emisiones de CH₄ y N₂O en la gestión del estiércol fueron estimadas usando las guías del IPCC. Para los datos secundarios de obtención de materias primas, transporte y fin de vida se tomaron los datos de Ecoinvent 3.6. Los modelos fueron realizados usando el software Umberto LCA+. En la evaluación de impactos ambientales únicamente se calculó la categoría de cambio climático (kgCO_{2e}).

Para la reducción de la huella de carbono de producto, se validó el % de proteína de los concentrados consumidos por el ganado lactante y se logró bajar de un 60% hasta un 40% y 28 %, realizando cambios en las dietas. Esto permitió reducir la huella de carbono para leche cruda entre un 1,8% a un 6,4% en el primer año de aplicación de esta medida.

Gracias a los resultados del estudio de huella de carbono de producto, ALQUERÍA continuará trabajando en actividades de gestión eficiente de los recursos con sus proveedores de leche cruda, aportando a la reducción de emisiones de GEI y sostenibilidad en la cadena de valor.

Palabras clave: Huella de carbono de producto, Huella de carbono de leche cruda, mitigación de emisiones, PAS 2050, Ecoinvent, Umberto.

EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA: INSUMOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE ZONAS VITÍCOLAS EN ARGENTINA CONSIDERANDO EL IMPACTO POR USO DEL AGUA Y EL SUELO

THE AGRICULTURAL FRONTIER EXPANSION: INPUTS FOR THE ZONING OF WINE-GROWING AREAS IN ARGENTINA CONSIDERING THE IMPACT OF WATER AND SOIL USE

A EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA: INSUMOS PARA O ZONEAMENTO DE ÁREAS VITIVINÍCOLAS NA ARGENTINA CONSIDERANDO O IMPACTO DO USO DA ÁGUA E DO SOLO

Bárbara Civit ^{1,2*}, Cecilia Rubio ², Roxana Piastrellini ¹, Silvia Curadelli ¹, Romina Sales ², Pablo Arena ^{1,2}

¹ Grupo CLIOPE – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. barbara.civit@gmail.com

RESUMEN

La industria vitivinícola en Argentina se inició en el siglo XVIII. En la actualidad, la actividad se concentra fundamentalmente en la región centro oeste del país, siendo Mendoza la provincia que concentra el 70% de la producción nacional, seguida por San Juan y La Rioja. Según la Corporación Vitivinícola Argentina, las estrategias de alto impacto que condicionan el accionar del sector vitivinícola argentino están orientadas a conseguir mayor presencia en el mercado internacional que la actual. El resultado de la validación, en el caso del vino, muestra que el principal desafío es mantener y consolidar la diversidad que tiene la vitivinicultura argentina y que la distingue de sus competidores. Para ello es importante el desarrollo de programas y acciones que promuevan la integración entre productores y bodegas. Respecto al consumo mundial de vino, los referentes consultados consideraron que en el plano internacional “se mantendrá la expansión del consumo de espumantes y rosados, crecerá la venta de blancos y habrá estancamiento de vinos tintos, consolidándose la *premiumización* del consumo y del comercio de vinos”.

Considerando que las tendencias se cumplan, surgen interrogantes como ¿cuánto puede seguir creciendo la vitivinicultura en Argentina y en Mendoza? Además del consumo, ¿cuáles son las razones para que crezca la actividad vitivinícola argentina? ¿Solamente se debe considerar el crecimiento del consumo internacional (demanda potencial)? También deberían considerarse variables por el lado de la producción nacional (oferta), en especial en la provincia de Mendoza. ¿Cuáles son las variables que condicionan el crecimiento de la actividad? ¿Hacia qué zonas y en qué condiciones puede crecer la vitivinicultura? ¿Cuáles son las razones para que crezca la actividad vitivinícola argentina? Estos cuestionamientos deben ser respondidos teniendo en cuenta los aspectos ambientales, sociales y económicos de la sustentabilidad del sector vitivinícola argentino. Y puntualmente para responder a la pregunta sobre qué zonas son más apropiadas para el crecimiento de la actividad, especialmente el cultivo de uva para vinificar se debe conocer en primer lugar la disponibilidad física y económica de los recursos naturales, específicamente de agua y suelo.

El desafío es entonces, conocer los impactos ambientales (también sociales y económicos) asociados a la etapa de producción agrícola de uva para vinificar correspondiente a cada zona vitícola para alcanzar mejoras en la sostenibilidad del sector vitivinícola y su cadena productiva. Asimismo, resulta de especial interés espacializar los datos obtenidos en un sistema de información geográfica multicapa que permita la zonificación vitícola, considerando aptitudes agroclimáticas, impactos ambientales y valoración económica.

En este trabajo, se muestra el resultado de algunas de las capas que conformarán el sistema de información para la planificación de las zonas vitícolas de Argentina: capa producción, expresada en quintales totales (1Qq = 100 Kg), capa superficie cultivada, expresada en hectáreas totales y capa impactos por escasez de agua, expresada en m³ H₂O-world eq/m³ para las provincias de Mendoza, San Juan, Salta, La Rioja, Catamarca, Río Negro y Neuquén. El estudio abarca el promedio de producción, superficie e impacto de uso de agua para el período

2009-2019, y las variedades Malbec, Cabernet Sauvignon, Syrah, Bonarda, en tintas, y Torrontés Riojano, Chardonnay, Pedro Gimenez en blancas. Se consideró el rendimiento por hectárea cultivada, el requerimiento de agua para esa producción y se evaluó la escasez de agua aplicando el método AWARE.

La espacialización y superposición de los datos muestra las zonas potenciales para el crecimiento de la actividad vitícola y pone de manifiesto que tanto algunos departamentos de la provincia de Salta y de las provincias de Neuquén y Río Negro, presentarían alguna aptitud para radicación de cultivos.

Palabras clave: zonas vitícolas, planificación, disponibilidad de recursos, impacto por escasez de agua.

ABSTRACT

The wine industry in Argentina began in the 18th century. At present, the activity is mainly concentrated in the central west region of the country. Mendoza is the province that concentrates 70% of the national production, followed by San Juan and La Rioja. According to the Argentine Wine Corporation, the high-impact strategies that determine the actions of the Argentine wine sector are aimed at achieving a greater presence in the international market than the current one. The result of the validation, in the case of wine, shows that the main challenge is to maintain and consolidate the diversity that Argentine viticulture has and that distinguishes it from its competitors. For this reason, it is important to develop programs and actions that promote integration between producers and wineries. Regarding world wine consumption, the referents consulted considered that at the international level "the expansion of the consumption of sparkling wines and rosés will continue, the sale of whites will grow and there will be stagnation of red wines, consolidating the premiumization of wine consumption and trade".

Considering that the trends are met, questions arise such as how much can viticulture continue to grow in Argentina and Mendoza? In addition to consumption, what are the reasons for the growth of the Argentine wine industry? Should only the growth of international consumption (potential demand) be considered? Other variables should also be considered on the side of national production (supply), especially in the province of Mendoza. What are the variables that determine the growth of the activity? Towards what areas and under what conditions can viticulture grow? What are the reasons for the growth of the Argentine wine industry? These questions must be answered taking into account the environmental, social and economic aspects of the sustainability of the Argentine wine sector. And precisely to answer the question about which areas are most appropriate for the growth of the activity, especially the cultivation of grapes for winemaking, the physical and economic availability of natural resources, specifically water and soil, must first be known.

The challenge is then, to know the environmental impacts (also social and economic) associated with the stage of agricultural production of grapes for vinification corresponding to each viticultural zone to achieve improvements in the sustainability of the wine sector and its production chain. Likewise, it is of special interest to spatialize the data obtained in a multilayer geographic information system that allows viticultural zoning, considering agro-climatic aptitudes, environmental impacts and economic valuation.

In this work, the result of some of the layers that will make up the information system for the planning of wine-growing areas in Argentina is shown: production layer, expressed in total quintals (1Qq = 100 Kg), cultivated area layer, expressed in hectares Total and layer impacts due to water shortage, expressed in m³ H₂O-world eq / m³ for the provinces of Mendoza, San Juan, Salta, La Rioja, Catamarca, Río Negro and Neuquén. The study covers the average production, surface area and impact of water use for the period 2009-2019, and the varieties Malbec, Cabernet Sauvignon, Syrah, Bonarda, in red, and Torrontés Riojano, Chardonnay, Pedro Gimenez in white. The yield per cultivated hectare was considered, as well as the water requirement for this production, and the water scarcity was evaluated by applying the AWARE method.

The spatialization and superposition of the data shows the potential areas for the growth of the viticultural activity and shows that some departments of the province of Salta and the provinces of Neuquén and Río Negro, would present some aptitude for the establishment of crops.

Keywords: viticultural areas, planning, availability of resources, impact of water scarcity.

RESUMO

A indústria do vinho na Argentina começou no século XVIII. Atualmente, a atividade concentra-se principalmente na região centro-oeste do país. Mendoza é a província que concentra 70% da produção nacional, seguida de San Juan e La Rioja. Segundo a Argentine Wine Corporation, as estratégias de alto impacto que determinam a atuação do setor vitivinícola argentino visam alcançar uma presença no mercado internacional maior do que a atual. O resultado da validação, no caso do vinho, mostra que o principal desafio é manter e consolidar a

diversidade que a viticultura argentina possui e que a diferencia de seus concorrentes. Por isso, é importante desenvolver programas e ações que promovam a integração entre produtores e vinícolas. No que se refere ao consumo mundial de vinho, os referentes consultados consideraram que a nível internacional “vai continuar a expansão do consumo de vinhos espumantes e rosés, a venda de brancos aumentará e haverá estagnação de vinhos tintos, consolidando a premiumização do consumo de vinho e troca”.

Considerando que as tendências são atendidas, surgem questões como: quanto a viticultura pode continuar crescendo na Argentina e em Mendoza? Além do consumo, quais são os motivos do crescimento da vitivicultura argentina? Deve-se considerar apenas o crescimento do consumo internacional (demanda potencial)? Outras variáveis também devem ser consideradas do lado da produção nacional (abastecimento), especialmente na província de Mendoza. Quais são as variáveis que determinam o crescimento da atividade? Em que áreas e em que condições pode a viticultura crescer? Quais são as razões do crescimento da vitivicultura argentina? Estas perguntas devem ser respondidas levando em consideração os aspectos ambientais, sociais e econômicos da sustentabilidade do setor vitivinícola argentino. E justamente para responder à questão sobre quais são as áreas mais adequadas para o crescimento da atividade, especialmente o cultivo da uva para a vinificação, deve-se primeiro conhecer a disponibilidade física e econômica dos recursos naturais, especificamente água e solo.

O desafio é então, conhecer os impactos ambientais (também sociais e econômicos) associados à fase de produção agrícola de uvas para vinificação correspondente a cada zona vitícola para alcançar melhorias na sustentabilidade do setor vitivinícola e da sua cadeia produtiva. Da mesma forma, é de especial interesse espacializar os dados obtidos em um sistema de informação geográfica multicamadas que permite o zoneamento vitícola, considerando as aptidões agro-climáticas, os impactos ambientais e a valoração econômica.

Neste trabalho é apresentado o resultado de algumas das camadas que irão constituir o sistema de informação para o planejamento de áreas vitivinícolas na Argentina: camada de produção, expressa em quintais totais (1Qq = 100 Kg), camada de área cultivada, expressa em hectares Impactos totais e de camada devido à escassez de água, expressos em $\text{m}^3 \text{H}_2\text{O-eq mundial} / \text{m}^3$ para as províncias de Mendoza, San Juan, Salta, La Rioja, Catamarca, Río Negro e Neuquén. O estudo cobre a produção média, área superficial e impacto do uso da água para o período 2009-2019, e as variedades Malbec, Cabernet Sauvignon, Syrah, Bonarda, em tinto, e Torrontés Riojano, Chardonay, Pedro Gimenez em branco. Foi considerada a produtividade por hectare cultivado, bem como a necessidade de água para essa produção, e a escassez de água foi avaliada aplicando-se o método AWARE.

A espacialização e superposição dos dados mostram as áreas potenciais para o crescimento da atividade vitícola e mostra que alguns departamentos da província de Salta e as províncias de Neuquén e Rio Negro, apresentariam alguma aptidão para o estabelecimento de lavouras.

Palavras-chave: áreas vitícolas, planejamento, disponibilidade de recursos, impacto da escassez de água.



Posters

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FABRICACIÓN DE CELDAS SOLARES DE PEROVSKITA EN ARGENTINA: INDICADORES ENERGÉTICOS PARA DISTINTAS ESTRUCTURAS DE CELDAS

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO FABRICO DE CÉLULAS SOLARES PEROVSKITE NA ARGENTINA: INDICADORES ENERGÉTICOS PARA DIFERENTES ESTRUTURAS CELULARES

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PEROVSKITE SOLAR CELLS IN ARGENTINA: NET ENERGY ANALYSIS FOR DIFFERENT DEVICE CONFIGURATION

Natalia Belén Correa Guerrero ^{1,2*}; Walter Oswaldo Herrera Martínez ^{1,2}; María Dolores Perez ^{1,2}

¹ Departamento Energía Solar, GlyA, Centro Atómico Constituyentes, CNEA, CONICET, Avda. Gral. Paz 1499, San Martín 1650, Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA-CONICET, Centro Atómico Constituyentes, Av Gral Paz 1499, San Martín 1650, Buenos Aires, Argentina. correag.nb@gmail.com

RESUMEN

Las celdas solares de perovskita (PSC por sus siglas en inglés) son de reciente objeto de estudio en el campo de las energías renovables gracias al avance exponencial de sus eficiencias de fotoconversión con un récord actual de 25,2%. En Argentina, recientemente se han comenzado a realizar trabajos a escala laboratorio que tienen como objetivo estudiar factores importantes en este tipo de tecnología como es la prolongación de su tiempo de vida, o desarrollar materiales que puedan mejorar su eficiencia.

Desde un punto de vista macroscópico, estudios como el análisis de ciclo de vida (ACV) permiten cuantificar los recursos utilizados en la fabricación, estudiando y evaluando diferentes procesos medioambientales durante el proceso productivo. Si el ACV se combina con otros estudios es una herramienta útil para identificar etapas del proceso productivo que pueden ser modificadas para mejorar el desarrollo de dispositivos. En el campo fotovoltaico es muy común el empleo de indicadores energéticos que combinados con el análisis de inventario del ACV permiten estudiar el rendimiento energético de todo un proceso productivo y cuánto es la tasa de retorno energético de dicha tecnología.

El ACV de celdas solares de perovskita considerando la fabricación actual de Argentina, en conjunto con el estudio de indicadores energéticos (EROI, tasa de retorno energético y EPBT tiempo de recuperación de la energía) permite identificar qué etapas del proceso productivo son las que generan un incremento al gasto de energía. Esto permite la búsqueda de alternativas tecnológicas para la fabricación de celdas solares que mejoren los parámetros energéticos.

El objetivo del trabajo será estudiar mediante ACV la eficiencia energética actual de celdas solares de perovskita que se realizan en Argentina, teniendo en cuenta estos valores se comparará con otro tipo de celdas solar de perovskita corroborando la variación de la eficiencia energética. Se estudiará la celda solar de perovskita n-i-p que actualmente se está fabricando en los laboratorios de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de configuración FTO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/Spiro-OMetad/Au con un nuevo modelo de celda solar con diferente configuración tipo p-i-n ITO/PEDOT/CH₃NH₃PbI₃/PCBM/Au que no solo difiere en materiales utilizados, sino en las etapas del proceso productivo. Se realizará un estudio con indicadores energéticos EPBT y EROI, con el objetivo de ver la variación de estos indicadores al cambiar etapas del proceso productivo. Adicionalmente, se estudiará la variación de los indicadores frente a parámetros geográficos como es la irradiación promedio anual, y parámetros de la celda como la eficiencia y el tiempo de vida.

La unidad funcional de ambos dispositivos será de 1m² de PSC fabricada acorde a previos trabajos realizados. El ACV únicamente incluirá las fases iniciales del ciclo de vida (materias primas, producción y uso) debido a que aún no hay datos suficientes en cuanto a la deposición o reutilización de este tipo de celdas solares.

Del ACV de la celda n-i-p se pudo corroborar que el principal aporte energético está dado por la energía del proceso productivo siendo las etapas de evaporación o tratamientos térmicos los principales aportantes. Estos resultados son coherentes si se tiene en cuenta que los procesos realizados actualmente no son los típicos en fabri-

caciones a gran escala debido a que tienen una menor eficiencia energética. A pesar de esto, el EPBT para la celda tipo n-i-p es de 1.4 (17 meses) con una eficiencia de celda del 15%. Como los valores presentados corresponden a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, luego se estudió cómo variaba el rango de EPBT considerando la irradiancia promedio anual en Argentina. En el país existe una variación entre 17 meses y 11 meses donde se puede observar los menores valores en la región NOA que coincide con las instalaciones fotovoltaicas de Argentina.

Por último, teniendo en cuenta que los procesos de fabricación con más coste energético eran los de evaporación y tratamientos térmicos, se realizó un estudio con un celda p-i-n que en su fabricación no posee el último mencionado, además de usar diferentes materiales. Aunque la arquitectura es diferente, el EPBT para esta celda disminuyó a 0.8 (10 meses), con valores similares a los que fueron reportados previamente en bibliografía.

Palabras clave: Celdas solares de perovskita, indicadores energéticos, análisis de ciclo de vida.

RESUMO

As células solares perovskite (PSC) foram recentemente estudadas no campo das energias renováveis graças ao avanço exponencial das suas eficiências de fotoconversão com um recorde actual de 25,2%. Na Argentina, iniciaram-se recentemente trabalhos à escala laboratorial com o objectivo de estudar factores importantes neste tipo de tecnologia, tais como o prolongamento do seu tempo de vida, ou o desenvolvimento de materiais que possam melhorar a sua eficiência.

De um ponto de vista macroscópico, estudos como a análise do ciclo de vida (ACV) permitem quantificar os recursos utilizados no fabrico, estudando e avaliando diferentes processos ambientais durante o processo de produção. Se a ACV for combinada com outros estudos, é uma ferramenta útil para identificar as fases do processo de produção que podem ser modificadas para melhorar o desenvolvimento dos dispositivos. No campo fotovoltaico é muito comum utilizar indicadores energéticos que combinados com a análise do inventário da ACV permitem estudar a eficiência energética de todo um processo de produção e quanto é a taxa de retorno energético de tal tecnologia.

O ACV de células solares perovskite considerando a actual produção na Argentina, juntamente com o estudo de indicadores energéticos (EROI, taxa de retorno energético e tempo de recuperação energética EPBT) permite identificar quais as fases do processo de produção que geram um aumento do gasto energético. Isto permite a procura de alternativas tecnológicas para o fabrico de células solares que melhoram os parâmetros energéticos.

O objectivo deste trabalho é estudar através da ACV a actual eficiência energética das células solares de perovskite que são feitas na Argentina, tendo em conta que estes valores serão comparados com outros tipos de células solares de perovskite que corroboram a variação da eficiência energética. A célula solar n-i-p perovskite actualmente em fabrico nos laboratórios da Comissão Nacional de Energia Atómica (CNEA) com FTO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/Spiro-OMetad/Au será estudada com um novo modelo de célula solar com diferentes configurações tipo p-i-n ITO/PEDOT/CH₃NH₃PbI₃/PCBM/Au que difere não só nos materiais utilizados, mas também nas fases do processo de produção. Será realizado um estudo com indicadores energéticos EPBT e EROI, a fim de ver a variação destes indicadores ao mudar as fases do processo de produção. Além disso, a variação dos indicadores será estudada em relação a parâmetros geográficos como a irradiação média anual, e parâmetros celulares como a eficiência e a vida útil.

A unidade funcional de ambos os dispositivos será de 1m² de PSC fabricado de acordo com trabalhos anteriores. A ACV apenas incluirá as fases iniciais do ciclo de vida (matérias-primas, produção e utilização) porque ainda não existem dados suficientes sobre a deposição ou reutilização deste tipo de células solares.

A partir da ACV da célula n-i-p, poderia ser corroborado que a principal contribuição energética é dada pela energia do processo de produção, sendo as fases de evaporação ou tratamento térmico as principais contribuidoras. Estes resultados são coerentes se se tiver em conta que os processos actualmente realizados não são os típicos do fabrico em grande escala, devido ao facto de terem uma menor eficiência energética. Apesar disto, o EPBT para a célula tipo n-i-p é de 1,4 (17 meses) com uma eficiência celular de 15%. Uma vez que os valores apresentados correspondem à Cidade Autónoma de Buenos Aires, estudámos então como variava a gama EPBT considerando a irradiância média anual na Argentina. No país, existe uma variação entre 17 meses e 11 meses onde os valores mais baixos podem ser observados na região NOA, o que coincide com as instalações fotovoltaicas na Argentina.

Finalmente, tendo em conta que os processos de fabrico com custos mais energéticos foram os de evaporação e tratamentos térmicos, foi realizado um estudo com uma célula p-i-n que no seu fabrico não tem o último mencionado, além de utilizar diferentes materiais. Embora a arquitectura seja diferente, o EPBT para esta célula diminuiu para 0,8 (10 meses), com valores semelhantes aos reportados anteriormente na literatura.

Palavras-chave: Células solares perovskita, indicadores de energia, análise do ciclo de vida.

ABSTRACT

Perovskite solar cells (PSC) are a relevant subject of study in the field of renewable energies due to their exceptional photoconversion efficiency reaching a power conversion efficiency (PCE) of 25.2%. In Argentina there are a few research groups studying perovskite-based photovoltaic devices a laboratory scale focusing on design and development of different materials to improve efficiency or avoid degradation.

Macroscopic studies such as life cycle analysis (LCA) evaluates the different environmental aspects in the manufacturing process of a product that allows to develop appropriate methods to reduce negative impacts on the environment. If LCA is combined with additional studies it could be a useful tool to identify processes that can be potentially modified and develop them. For photovoltaics devices, there are widely used indicators: energy payback-time (EPBT) and energy return of investment (EROI). These parameters are an indication of the viability of a production process from an energy point of view and energy performance. LCA applied to PSC on a local region could be useful to identify the improvable stages and processes targeted to the specific local conditions. This allows the improvement of local fabrication and increase energy performance.

On this work, a LCA was performed to assess the actual energy performance taking in consideration our actual fabrication and compare them with another architecture device. A standard n-i-p configuration perovskite solar cell with configuration FTO/TiO₂(b)/TiO₂(m)/ MAPbI₃/Spiro-OMetad/Au was compared with a new p-i-n device configuration ITO/PEDOT/CH₃NH₃PbI₃/PCBM/Au which not only differs in the architecture but also in the fabrication processes. We obtain EPBT and EROI indicators in order to improve processes in fabrication, and how is the difference between EPBT if we consider power conversion efficiency, lifetime or local parameters such as average annual solar radiation. The functional unit is chosen as 1m² of PSC manufactured device, and the LCA was cradle-to-gate since there is no available data of the local final disposition or recycling of PSCs to further the analysis.

From the LCA of the n-i-p device, it was possible to show that the main energy contribution is given by direct processing energy, with evaporation or heat treatment stages being the main energy sources. These results are reasonable considering that those processes are not typically used for large-scale fabrication due to their low energy performance. Although, EPBT for n-i-p solar cell with 15% PCE is 1.4 (17 months). Since these values corresponds to Ciudad Autónoma de Buenos Aires, we then studied how EPBT changes with average annual solar radiation. In Argentina EPBT is between 17 - 11 months with the largest values observed in Argentinian Norwest which is reasonable since that region presents the sites preferred for photovoltaics farms.

Finally, taking into account the stages which has the biggest energy input were evaporation and thermal treatment, a p-i-n LCA was performed without the second one despite it has a different structure. Although the difference between both device configuration, the EPBT decreased to 0.8 (10 months), similar to those previously reported.

Key words: Perovskite solar cells, net energy analysis, life cycle assessment.

DRIVING THE CIRCULAR ECONOMY: AN LCA PERSPECTIVE

Wladimir Motta, Úrsula Maruyama

CEFET-RJ, Research Group - ECCOA / BRAZIL. eccoa.pesquisas@gmail.com

ABSTRACT

In recent years, approaches concerning to the relationship between environment, economic system and society have been gaining strength in national and international debates due to the constant deterioration of living conditions on the planet, mainly through the acceleration of the depletion of natural resources and the exacerbated generation of waste. The current economic model based on overproduction and overconsumption lead the world to the ecological crisis and this “old” model should be modified or adapted to this crisis reality. Thus, reviewing organizational practices is now a crucial element to disclose the areas where the innovative efforts must focus. Circular economy emerges as an alternative to the traditional linear approach, proposing a new sustainable model, this concept may lead to a circular production system where, among other benefits, there will be minimal waste, since all discards would potentially serve as input for a new productive cycle and new business models where product ownership is no longer a reality are proposed. The challenge of this proposal is to develop an environmental approach to overcome the current trade-off between our model of incessant economic growth and the environmental crisis. In this perspective, there is the Life Cycle Assessment (LCA), which is considered a valuable methodology for Environmental sustainability, a tool that makes a detailed study of the complex interaction between environmental aspects and the product life cycle, taking into account the entire product supply chain. LCA methodology enables an analysis of how the product can affect the environment during the stages of resource consumption, manufacturing processes, use and disposal. In this context, the present study addresses LCA and its relationship with the implementation of the principles of circular economy. It aims to review and discuss the concepts of circular economy and LCA, as well as positive feedback mechanisms can help to reduce the use of natural resources and the generation of environmental impacts against the backdrop of LCA, which will provide the necessary information for the decision making. In addition, the study searches publications in journals using the Scopus and Web of Science databases, with the objective of conducting a literature review and identifying through a bibliometric study the presence of documents that address both themes: circular economy and LCA. Against this background, we hope to contribute to a better understanding of the relationship between these two important areas of research, pointing out their convergences. The main result of this study is to highlight the importance of using LCA to support the real reduction of environmental impacts promoted by circular economy practices.

Keywords: life cycle assessment (LCA); circular economy; ecological crisis; environmental impact.

RESUMEN

En los últimos años, los enfoques de la relación entre medio ambiente, sistema económico y sociedad han ido ganando fuerza en los debates nacionales e internacionales debido al constante deterioro de las condiciones de vida en el planeta, principalmente a través de la aceleración del agotamiento de los recursos naturales y la agudización de la generación. de desperdicio. El modelo económico actual basado en la sobreproducción y el consumo excesivo ha llevado al mundo a una crisis ecológica y este modelo “viejo” debe ser modificado o adaptado a esta realidad de crisis. Así, la revisión de las prácticas organizacionales se convierte en un elemento crucial para difundir las áreas en las que deben enfocarse los esfuerzos innovadores. La economía circular surge como una alternativa al enfoque lineal tradicional, proponiendo un nuevo modelo sostenible, este concepto puede conducir a un sistema de producción circular donde, entre otros beneficios, habrá un mínimo de desperdicio, ya que todos los descartes podrían potencialmente servir como insumo para una Se proponen nuevos ciclos de producción y nuevos modelos de negocio donde la propiedad del producto ya no es una realidad. El desafío de esta propuesta es desarrollar un enfoque ambiental para superar el actual equilibrio entre nuestro modelo de crecimiento económico incesante y la crisis ambiental. En esta perspectiva, se destaca la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV), considerada una metodología valiosa para la sostenibilidad ambiental, una herramienta que realiza un estudio detallado de la compleja interacción entre los aspectos ambientales y el ciclo de vida del producto, teniendo en cuenta toda la cadena de suministro. La metodología ECV permite un análisis de cómo el producto puede afectar el medio ambiente durante las etapas de consumo de recursos, procesos de fabricación, uso y disposición. En este contexto, el presente estudio aborda el ECV y su relación con la implementación de los principios de la economía circular. Tiene como objetivo revisar y discutir los conceptos de economía circular

y ECV, así como señalar cómo los mecanismos de retroalimentación positiva pueden ayudar a reducir el uso de recursos naturales y la generación de impactos ambientales en el contexto de LCA, lo que brindará la necesaria información para la decisión a tomar. Además, el estudio busca publicaciones en revistas utilizando las bases de datos Scopus y Web of Science, con el objetivo de realizar una revisión de la literatura e identificar mediante un estudio bibliométrico la presencia de documentos que abordan ambos temas: economía circular y ECV. En este contexto, esperamos contribuir a una mejor comprensión de la relación entre estas dos importantes áreas de investigación, señalando sus convergencias. El principal resultado de este estudio es resaltar la importancia de utilizar el ECV para apoyar la reducción real de los impactos ambientales promovidos por las prácticas de economía circular.

Palabras clave: evaluación del ciclo de vida (ECV); economía circular; Crisis ecológica; impacto medioambiental.

RESUMO

Nos últimos anos, as abordagens quanto às relações entre meio ambiente, sistema econômico e sociedade vêm ganhando força nos debates nacionais e internacionais devido à constante deterioração das condições de vida no planeta, principalmente através da aceleração do esgotamento dos recursos naturais e da exacerbada geração de resíduos. O atual modelo econômico baseado na superprodução e no consumo excessivo conduziu o mundo à crise ecológica e esse “velho” modelo deve ser modificado ou adaptado a esta realidade de crise. Assim, a revisão das práticas organizacionais passa a ser um elemento crucial para disseminar as áreas em que os esforços inovadores devem se concentrar. A economia circular surge como uma alternativa à abordagem linear tradicional, propondo um novo modelo sustentável, este conceito pode levar a um sistema de produção circular onde, entre outros benefícios, haverá desperdício mínimo, uma vez que todos os descartes serviriam potencialmente como insumo para um novo ciclo produtivo e novos modelos de negócio onde a posse dos produtos não é mais uma realidade são propostos. O desafio desta proposta é desenvolver uma abordagem ambiental para superar o atual trade-off entre nosso modelo de crescimento econômico incessante e a crise ambiental. Nessa perspectiva, destaca-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), considerada uma valiosa metodologia para a sustentabilidade ambiental, ferramenta que faz um estudo detalhado da complexa interação entre os aspectos ambientais e o ciclo de vida do produto, levando em consideração toda a cadeia de suprimentos. A metodologia ACV permite uma análise de como o produto pode afetar o meio ambiente durante as etapas de consumo de recursos, processos de fabricação, uso e descarte. Neste contexto, o presente estudo aborda a ACV e sua relação com a implementação dos princípios da economia circular. Tem como objetivo revisar e discutir os conceitos de economia circular e ACV, assim como apontar como os mecanismos de feedback positivo podem ajudar a reduzir o uso de recursos naturais e a geração de impactos ambientais no contexto da ACV, que fornecerá as informações necessárias para a decisão a ser tomada. Além disso, o estudo busca publicações em periódicos utilizando as bases de dados Scopus e Web of Science, com o objetivo de realizar uma revisão da literatura e identificar por meio de um estudo bibliométrico a presença de documentos que abordem os dois temas: economia circular e ACV. Nesse contexto, esperamos contribuir para um melhor entendimento da relação entre essas duas importantes áreas de pesquisa, apontando suas convergências. O principal resultado deste estudo é destacar a importância da utilização da ACV para apoiar a redução real dos impactos ambientais promovidos pelas práticas da economia circular.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida (LCA); economia circular; crise ecológica; impacto ambiental.

INTRODUCTION

Since the advent of the industrial revolution, the use of natural resources and waste generation has grown in an accelerated and uncontrolled way, in a process that has led to the so-called ecological crisis. This crisis translates into serious challenges, such as those related to climate change, growing depletion of natural resources, water scarcity, acidification of the oceans, high generation of waste, among others. Without taking into account the planetary boundaries, the current economic model has had serious consequences that endanger the living conditions of the world population and other living beings, not to mention the inequalities in the appropriation of natural resources.

The environmental degradation resulting from human activities on Earth worsened in the period known as the “great acceleration” that began in the early 1950s, with the post-war reconstruction of countries devastated by the conflict. The data show strong evidence that developed and developing industrialized countries are critically deteriorating, albeit differently, the ecological system that sustains all life on Earth (WWF, 2016; UNEP, 2010; Motta et al., 2017). The growth of the human population makes circumstances increasingly critical and challenging; the World Population Prospects: The 2017 Revision, published in June 2017 by the UN Depart-

ment of Economic and Social Affairs, estimated that the world population will be 8.6 billion by 2030 and 9.8 billion by 2050.

The UN Sustainable Developmental Goals anticipate that the equivalent of almost three planets will be required to sustain the current lifestyles of the linear 'take-make-dispose' economy. According to Léna (2012), while the limits for the physical expansion of the economic system and the degradation generated were not noticeable, however there were crises, the belief that the system would provide what is needed for the growing consumption remained unshaken. This notion also hides an assumption that the planet has an endless capacity of recovering from its natural losses.

In the meantime, several studies have been questioning the current predominantly linear economic system based on extraction-production-consumption-discard/waste (Andersen, 2007; Bonciu, 2014; Greyson, 2007; Lieder and Rashid, 2016; Preston, 2012). This process prioritises economic objectives, with little or no regard for the environmental or social impacts generated at each stage. In contrast to the reality generated by this linear form of production and consumption, alternatives have been proposed.

The concept of circular economy arises from this search for solutions to face the current ecological reality and its future prospects, particularly as regards the need for alternatives to industrial production and consumption. The main objective of the circular economy is to maximize the environmentally sustainable use of natural resources, seeking to reduce waste and organize economic activities, in a continuous process of feedback (Motta et al., 2017; Peña et al., 2021).

The successful transition to the circular economy requires tools and methodologies that assist in dealing with the trade-offs, both to provide the information base for the decisions to be made and to validate the eventual environmental benefits gained. In this context, life cycle assessment (LCA), which is a recognized methodology among the main "green tools", has a great potential to fully meet this need. LCA has been increasingly accepted as a means of assessing the environmental impacts associated with all stages of a product's life-cycle for its potential to generate information for decision-making and options on trade-offs that can lead to a reduction of the impacts generated by a product, its production processes, its use, disposal and recycling (Motta et al., 2017; Peña et al., 2021).

The challenge for the circular economy is then to develop an innovative approach to overcome the current trade-off between our model of economic development and the environmental crisis. In this context, the purpose of this article is to point out the importance and relation between LCA and the circular economy.

CIRCULAR ECONOMY

The dissemination of studies and proposals contemplating the circular economy, particularly in Europe, gained prominence in recent years. The concept of circular economy (EC) was coined and defined by Pearce and Turner (1990) as an economy where waste is recycled into resources, either through a technological feedback process or through a natural ecosystem feedback process, promoting the maintenance of natural resources (Peña et al., 2021). But such an approach should not be considered as an absolute novelty, since its guiding principles incorporate multiple theoretical concepts and practical applications from industrial ecology, cradle to cradle, blue economy, biomimetics, among others. Some authors point out that the circular economy combines the thoughts of 3R (reduce, reuse, recycle), 6R (reduce, reuse, recycle, redraw, remanufacture, recover), and most recently 8R (reduce, repair, reuse, recycle, recover, refuse, reject, rethink) considering also zero emission, LCA and eco-efficiency concepts, among others (Winans et al., 2016; Motta et al., 2017). Although not an "absolute novelty," this combination of concepts proposed by the circular economy has drawn the attention of researchers, governments, and industries world-wide, causing the transition movements to the circular economy to be initiated, or at least, discussed.

The concept is inspired by biological cycles, emphasizing the importance of optimizing the use of natural resources in a system over time (Di Maio and Rem, 2015; Ellen MacArthur Foundation, 2013; Peña et al., 2021). Circular economy is not just a mark in environmental policy circles, it is one of the main strategies used by the European Union (EU) to stimulate sustainable economic growth and job creation (Motta et al., 2017).

The ecological crisis requires initiatives such as the circular economy in order to tackle it. It is important to emphasize that in order to make the right decisions regarding business alternatives facing the proposal of the circular economy, other methodologies and concepts should be used and an important ally in this transitory movement is life cycle assessment - LCA, which brings reliable information about the impacts generated at all stages of the product and service life cycle.

LCA AND CIRCULAR ECONOMY

Life cycle assessment (LCA) has emerged as a methodological tool that evaluates the impact and environmental aspects of a product, process or service throughout the different stages of its life cycle, allowing complete or partial analysis of these stages. All different activities – such as extraction of raw materials, supply chain, distribution, use and final destination – may be analysed to quantify the use of natural resources, emissions, environmental and health impacts that might be associated (Piekarski et al., 2013; Welz et al., 2011; Motta et al., 2018).

Due to its more comprehensive perspective, LCA can support and interfere in the product design, development, manufacture, its use, the final disposal and even its reuse. It offers the possibility of a quantitative analysis to identify opportunities for environmental improvements in products, processes and services, enhancing decision-making processes in organisations (Bocken et al., 2011; Piekarski et al., 2013; Motta et al., 2018). The use of LCA and its importance are highlighted at UNEP (2011) as the methodology used to identify the environmental impacts of production processes performed by various industries around the world.

The path to the circular economy can benefit greatly from the LCA, considering three stages in a succinct way: the first stage corresponds to the analysis of the impacts of a given product, process or service, related to the proposals of the circular economy, through stroke studies; the second stage concerns the recognition of the set of advantages or disadvantages arising from potential development alternatives over the life cycle; and finally, the third step refers to the establishment of objectives along the business strategy considering possible trade-offs (Motta et al., 2018; Peña et al., 2021). In the context presented, the perspective of using LCA is coherent in the sense of validating and conducting the transition to the circular economy (Zarębska and Joachimiak-Lechman, 2016).

CONCLUSION

Recent literature shows that LCA is a robust, science-based tool that can measure and evaluate products and business models within the circular economy. As the introduction of environmental sustainability in business continues to draw more attention to society, governments and organizations, strategies to enable the transition to a circular economy become increasingly examined and tested. The paradigm shift from linear economy to circular economy requires the provision of innovative knowledge and methodologies, compatible with new ecological requirements, where saving natural resources and reducing the negative impacts of productive processes and consumption are determinant.

The present work pointed out to what extent LCA, based on its scientific bases, can collaborate for the paradigm transition towards the circular economy. It is worth noting that such methodology evaluates the environmental impacts involved in the production processes, providing relevant information regarding the trade-offs involved to the interested parties and, also, enabling the interpretation of the study results for decision making both downstream and upstream. In this way, LCA considerably reduces the risks in the decision making related to the “environmental effects” involved, leading to a truly circular and environmentally friendly economy.

It is hoped that the present work has provided enough elements for the understanding of the interrelationships between LCA and the circular economy. It is expected that this work may be a starting point for further and detailed studies involving knowledge in the field of circular economy, as well as for the development of practical applications of LCA in circular economy models. In times of ecological crisis, all contributions towards environmentally efficiency, in this particular case in benefit of the transition to the circular economy, are welcome.

REFERENCES

1. Andersen, M.S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science* 2(1),133–140.
2. Bocken, N. M. P., Allwood, J. M., Willey, A. R., King, J. M. H. (2011). Development of an eco-ideation tool to identify stepwise greenhouse gas emission reduction options for consumer goods. *Journal of Cleaner Production* 19, 1279 – 1287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.04.009>
3. Bonciu, F. (2014). The European economy: from a linear to a circular economy historical models and concepts regarding economy and society. *Romanian Journal of European Affairs*, 14 (4), 78–91.
4. Di Maio, F. & Rem, P.C. (2015). A Robust Indicator for Promoting Circular Economy through Recycling. *Journal of Environmental Protection*, 6, 1095-1104.
5. Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Retrieved from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

6. Greyson, J. (2007). An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 15 (13–14), 1382-1390.
7. Léna, P. (2012). Os Limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate. In *Enfrentando Os Limites Do Crescimento: Sustentabilidade, Decrescimento e Prosperidade*. (1a ed.). Rio de Janeiro: Garamond.
8. Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
9. Motta, W., Prado, P., Issberner, L.-R. (2017). Eco-Innovations: Kick-Starting the Circular Economy. In: *ECSEE Official Conference Proceedings 2017, The European Conference on Sustainability, Energy & the Environment*, 7-9 July, Brighton. ISSN: 2188-1146.
10. Motta, W., Prado, P., Issberner, L.-R. (2018). Life cycle assessment and eco-innovations: What kind of convergence is possible? *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.221> - 0959-6526
11. Pearce DW, Turner PK (1990) *The economics of natural resources and the environment*. Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead
12. Peña, C., Civit, B., Gallego-Schmid, A. et al. Using life cycle assessment to achieve a circular economy. *Int J Life Cycle Assess* 26, 215–220 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01856-z>
13. Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. London: Chatham House.
14. Piekarski, C. M., Luz, L. M., Zocche, L., Francisco, A. C. (2013). Life cycle assessment as entrepreneurial tool for business management and green innovations. *Journal of Technology Management & Innovation* 8 (1), 44-53. DOI: 10.4067/S0718-27242013000100005
15. UNEP. (2010). *United Nations Environment Programme Annual Report 2010*. Retrieved from <http://staging.unep.org/annualreport/2010/pdfs/UNEP-AR-2010-FULL-REPORT.pdf>
16. UNEP. (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816>
17. Winans, K., Kendall, A. & Deng, H. (2016). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833.
18. WWF. (2016). *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*. Retrieved from http://www.footprintnetwork.org/content/documents/2016_Living_Planet_Report_Lo.pdf
19. Welz, T., Hischer, R., Hilty, L. M. (2011). Environmental impacts of lighting technologies: life cycle assessment and sensitivity analysis. *Environmental Impact Assessment Review* 31 (3), 334-343. DOI:10.1016/j.eiar.2010.08.004.
20. Zarębska, J.; Joachimiak-Lechman, K. (2016) Circular economy – the role of the Environmental Life Cycle Assessment, opportunities, barriers and challenges. *Journal of Reverse Logistics*, 1/2016 (2) p. 5-9.

PROMOVIENDO MECANISMOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA REGIÓN. IDENTIFICACIÓN DE EMPRESAS QUE GENERAN RESIDUOS Y EFLUENTES EN LAS PROXIMIDADES A UNA COOPERATIVA AGRÍCOLA PRODUCTORA DE BIOGÁS

PROMOTING CIRCULAR ECONOMY MECHANISMS IN THE REGION. IDENTIFICATION OF COMPANIES THAT GENERATE WASTE AND EFFLUENTS IN THE PROXIMITY OF AN AGRICULTURAL COOPERATIVE PRODUCING BIOGAS

PROMOVENDO MECANISMOS DE ECONOMIA CIRCULAR NA REGIÃO. IDENTIFICAÇÃO DE EMPRESAS QUE GERAM RESÍDUOS E EFLUENTES NAS PRÓXIMAS DE UMA COOPERATIVA AGRÍCOLA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Melina Covacevich ¹, Javier Gutierrez ³, Aranza A. Rodriguez ^{1,2}, José M. Méndez ¹, Gloria C. Rótolo ^{1*}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria Oliveros (INTA - EEA Oliveros), Desempeño y Sostenibilidad Ambiental de Sistemas Agroindustriales, Ruta 11 km 353, 2206 Oliveros, Argentina. E-mail: covacevich.melina@inta.gob.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - 27 de febrero 210, 2000 Rosario, Argentina.

³ The University of Sheffield, UK.

RESUMEN

Propósito: El enfoque lineal de producción basado en los conceptos de “tomar-hacer, consumir y desperdiciar”, que generalmente se rige por las preferencias del mercado (voluntad de pagar) como así también por el interés económico y las políticas establecidas, dejó de ser un engranaje funcional y sustentable para ensamblar los sistemas naturales y socio-económicos. Durante las últimas décadas se han utilizado recursos y generado desechos a un volumen y ritmo mayor de lo que el planeta es capaz de descomponer y restaurar. Pasar de un concepto lineal a uno sistémico, y de considerar un desecho un posible producto, aparece como un enfoque viable y sustentable que aborda la economía circular. Así, en una determinada zona es posible proyectar las sinergias que puede haber entre las diferentes actividades y la forma de efectivizar esa complementariedad. Por lo tanto, con el objetivo específico de identificar, clasificar y caracterizar las empresas y sus productos-residuos-efluentes de la zona circunscripta a la Cooperativa Agrícola Ganadera y Tampera de Monje (de ahora en más Cooperativa de Monje), se abordó el presente trabajo que es parte de otro mayor denominado “Estudio de esquemas circulares en sistemas agroindustriales de la provincia de Santa Fe - Área de Monje como caso de estudio”. La información local fácilmente disponible sobre residuos, generalmente se vincula a los sólidos urbanos. Sin embargo, aquella sobre los residuos industriales está menos sistematizada.

Sistema de estudio: Se seleccionó una zona de 30 km alrededor de la localidad de Maciel (32°27'26" lat. S y 60°53'20" long. W), vecina a Monje, para capturar mayor cantidad de empresas. La Cooperativa agrícola ganadera está localizada en Monje, agrupa alrededor de 400 productores y recibe y acopia granos. Parte de ellos son exportados a través de ACA (Asociación de Cooperativas Argentinas) y otra parte los cicla internamente a través de procesos tales como la elaboración de expeller y aceite de soja, fabricación de alimentos balanceados, cría de cerdos, producción de aceite metilado y biogás.

Método: Se realizó una búsqueda bibliográfica relacionada al ciclado de energía y recursos en una región. Se establecieron criterios para definir una base de datos de las empresas con producciones pecuarias intensivas, de servicios (acopios, cooperativas y tratamiento de residuos) y agroindustriales próximas a la Cooperativa de Monje. Dicha base de datos se construyó con información secundaria brindada por organismos gubernamentales locales, provinciales y nacionales como así también a través de entrevistas a referentes locales calificados. Se listaron y clasificaron a las empresas según las categorías seleccionadas. Entrevistas semiestructuradas se están utilizando para identificar sus productos, residuos y efluentes.

Resultado: El avance de este estudio permitió identificar un total de 138 empresas, de las cuales 104 son establecimientos pecuarios, con predominio de los tambos, 16 son empresas agroalimentarias (lácteas, frigoríficos, elaboradores de embutidos y chacinados, molino harinero de trigo y plantas de procesamiento de soja), 17 plantas de acopio de granos privadas y cooperativas, 2 empresas que realizan gestión de residuos y sólo 4 empresas realizan algún tipo de integración. Al presente, se encuestó al 54% de los tambos. De ellos, sólo 2 procesan la leche cruda, el 68% suplementa a las vacas lecheras en la sala de espera u ordeño, el 28% posee piletas de decantación y sólo el 8% tiene sus fosas impermeabilizadas. El 96% vuelca los efluentes en sus campos agrícolas, sin embargo, solamente una empresa le realiza análisis de calidad y composición a los mismos. Por su parte, el 88% manifiesta no tener dificultades para gestionar sus efluentes, al 50% le gustaría poder darle un mejor uso al recurso. Con respecto a la consulta sobre si le interesaría evaluar la posibilidad de que una tercera empresa se los retire, el 50% prefiere conservar el recurso porque lo considera valioso.

Discusión y Conclusiones: La exploración llevada a cabo hasta el momento mostró una escasa integración vertical en las empresas pecuarias, agroalimentarias y de servicios. Entre las empresas tamberas analizadas se observó que alrededor del 30% gestiona sus efluentes a través de piletas de decantación y menos del 10% posee las fosas impermeabilizadas. Por un lado, a la mitad de las empresas tamberas analizadas le interesaría evaluar la posibilidad de que una tercera empresa retire sus efluentes. Por el otro, la Cooperativa de Monje es un claro ejemplo de empresa local que cicla internamente sus propios residuos y efluentes, transformándolos en biogás y en digeridos para potencial uso como fertilizantes. Es por este motivo que los residuos y efluentes de algunas de las empresas de la zona estudiada podrían resultar en potenciales insumos para ayudar a una alimentación constante de la planta de biogás de la Cooperativa de Monje. El biogás generado, además de alimentar a la planta de extrusión, podría contribuir al abastecimiento de gas metano a la localidad de Monje que carece actualmente del servicio de red de gas natural.

Palabras clave: agregado de valor, agroindustria, cooperativa agrícola.

ABSTRACT

Purpose: The linear production approach based on “take-use-dispose concepts”, which is generally conducted by market preferences (willingness to pay) as well as economic interest and established policies, is no longer a functional and sustainable gear to assemble natural and socio-economic systems. During the last decades, considerable natural resources have been used as well as waste has been generated at a volume and rate greater than the planet capacity to decompose and restore them. Going from a linear concept to a systemic one, and considering the waste as a possible product, the circular Economy approach appears as a viable approach to addresses environmental, economic and social challenges. Thus, in a given area it is possible to project existing synergies between the different activities and change the way to make this complementarity effective. Therefore, with the specific objective of identifying, classifying and characterizing the companies and their products-waste-effluents in the area circumscribed to the Monje Agricultural Cooperative (from now: Monje Cooperative), this present work is taking place, which is also part of another major called “Study of circular diagrams in agro-industrial systems of the province of Santa Fe - Monje Area as a case study”. The local information about waste management commonly linked to urban solids, however, information about industrial waste is less systematized.

Study system: A 30 km zone around the town of Maciel (32°27'26 " lat. S and 60°53'20 " long. W), neighboring Monje, was selected to capture more companies. The Livestock Agricultural Cooperative is located in Monje, it meets around 400 producers collecting and processing grains. Part of the grains are exported through ACA (Argentine Cooperatives Association) and another part cycles them internally through processes such as expeller production and soybean oil production, balanced food manufacturing, pig farming, production of methylated oil and biogas.

Method: A bibliographic search related to the cycling of energy and resources in a region was carried out. Criteria were established to define a database of companies with intensive livestock production, services (stockpiles, cooperatives and waste treatment) and agroindustrial close to the Monje Cooperative. This database was built with secondary information provided by local, provincial and national government agencies and interviews with qualified local referents. The companies were listed and classified according to the selected categories. Semi-structured interviews are being used to identify products, waste and effluents.

Result: This study allowed the identification of 138 companies, of which 104 are livestock establishments, with a predominance of dairy farms, 16 are agri-food companies (dairy, meat processing plants, cold meat and sausage processors, wheat flour miller and plants soy processing), 17 private and cooperative grain collection plants, 2 companies that carry out waste management and only 4 companies carry out some type of integration. At present, 54% of milking houses have been surveyed. Of these, only 2 process raw milk, 68% supplement the

dairy cows in the waiting or milking room, 28% have settling basins and only 8% have their pits waterproofed. The 96% dump the effluents in their agricultural fields, however, only one company performs quality and composition analyzes. Additionally, 88% of milking houses state that they have no difficulties managing their effluents, 50% would like to be able to make better use of the resource. Regarding the question about whether they would be interested in evaluating the possibility of a third company withdrawing their waste, a 50% prefer to conserve their resources because of they consider it valuable.

Discussion and Conclusions: According to the exploration carried out, the analysis shows a little vertical integration in livestock, agri-food and service companies. Among the analyzed milking houses, it was observed that around 30% manage their effluents through settling basins and less than 10% have waterproofed pits. On one hand, a half of the analyzed dairy companies would be interested in evaluating the possibility of a third company withdrawing their effluents. On the other hand, the Monje Cooperative is a clear example of a local company that internally cycles its own waste and effluents, transforming them into biogas and organic digestates for potential circular uses such as fertilizers. It is for this reason that the waste and effluents of some of the companies in the studied area could result in potential inputs to help the biogas plant of the Monje Cooperative to constantly feed. The biogas generated, in addition to feeding the extrusion plant, could contribute to the supply of methane gas to the town of Monje, which currently lacks natural gas network service.

Keywords: added value, agroindust, agricultural cooperative.

RESUMO

Objetivo: a abordagem linear da produção baseada nos conceitos de “apreender, consumir e desperdiçar”, que geralmente é regida pelas preferências do mercado (disposição a pagar), bem como interesses econômicos e políticas estabelecidas, deixou de ser uma engrenagem funcional e sustentável para montar sistemas naturais e socioeconômicos. Nas últimas décadas, recursos foram usados e resíduos gerados em maior volume e velocidade do que o planeta é capaz de decompor e restaurar. Passar de um conceito linear para um sistêmico, e de considerar um resíduo um produto possível, surge como uma abordagem viável e sustentável que aborda a economia circular. Assim, numa determinada área é possível projetar as sinergias que podem existir entre as diferentes atividades e a forma de efetivar essa complementaridade. Portanto, com o objetivo específico de identificar, classificar e caracterizar as empresas e seus produtos-resíduos-efluentes na área circunscrita à Cooperativa Agrícola Ganadera e Tambera de Monje (doravante em mais Cooperativa de Monje), o presente trabalho que é parte de outra grande chamada “Estudo de diagramas circulares em sistemas agroindustriais da província de Santa Fé - Área de Monje como estudo de caso”. A informação local facilmente disponível sobre resíduos está geralmente ligada a sólidos urbanos. Já o de resíduos industriais é menos sistematizado.

Sistema de estudo: selecionada uma zona de 30 km ao redor da cidade de Maciel (32°27'26 " lat. S e 60°53'20 " de comprimento. W), vizinha de Monje, foi selecionada para capturar mais empresas. A cooperativa agro-pecuária, localizada em Monje, agrupa cerca de 400 produtores e recebe e recolhe os grãos. Parte deles é exportada através da ACA (Asociación de Cooperativas Argentinas) e outra parte os circula internamente por meio de processos como produção de bagaço e óleo de soja, fabricação de ração balanceada, suinocultura, produção de óleo metilado e biogás.

Método: Foi realizada uma pesquisa bibliográfica relacionada à ciclagem de energia e recursos em uma região. Foram estabelecidos critérios para definir um banco de dados de empresas com produção intensiva de gado, serviços (estoques, cooperativas e tratamento de resíduos) e agroindustriais próximas à Cooperativa Monje. A referida base de dados foi construída com informações secundárias fornecidas por agências governamentais locais, provinciais e nacionais, bem como através de entrevistas com referentes locais qualificados. As empresas foram listadas e classificadas de acordo com as categorias selecionadas. Entrevistas semiestruturadas estão sendo utilizadas para identificar seus produtos, resíduos e efluentes.

Resultado: O progresso deste estudo permitiu a identificação de um total de 138 empresas, das quais 104 são estabelecimentos pecuários, com predomínio de explorações leiteiras, 16 são empresas agro-alimentares (laticínios, frigoríficos, frigoríficos e enchidos, moinho de farinha de trigo e fábricas de processamento de soja), 17 coletoras privadas e cooperativas de grãos, 2 empresas que realizam gerenciamento de resíduos e apenas 4 empresas realizam algum tipo de integração. Atualmente, 54% das fazendas leiteiras foram pesquisadas. Destes, apenas 2 processam o leite cru, 68% complementam as vacas leiteiras na sala de espera ou ordenha, 28% possuem bacias de decantação e apenas 8% têm as fossas impermeabilizadas. 96% lançam os efluentes em seus campos agrícolas, porém, apenas uma empresa realiza análises de qualidade e composição dos mesmos. Por sua vez, 88% afirmam que não têm dificuldade em gerenciar seus efluentes, 50% gostariam de poder fazer um melhor uso do recurso. No que se refere ao questionamento sobre o interesse em avaliar a possibilidade de retirada por uma terceira empresa, 50% preferem conservar o recurso por considerá-lo valioso.

Discussão e Conclusões: As explorações realizadas até agora mostraram pouca verticalização nas empresas pecuária, agroalimentar e de serviços. Entre as empresas tamberas analisadas, observou-se que cerca de 30% gerenciam seus efluentes por meio de bacias de decantação e menos de 10% possuem fossas impermeabilizadas. Por outro lado, metade das empresas tamberas analisadas teria interesse em avaliar a possibilidade de uma terceira empresa retirar seus efluentes. Por outro lado, a Cooperativa Monje é um claro exemplo de empresa local que faz o ciclo interno de seus próprios resíduos e efluentes, transformando-os em biogás e digeridos para uso potencial como fertilizantes. É por isso que os resíduos e efluentes de algumas das empresas da área estudada podem resultar em potenciais insumos para auxiliar a alimentação constante da planta de biogás da Cooperativa de Monje. O biogás gerado, além de alimentar a planta de extrusão, poderá contribuir para o abastecimento de gás metano à cidade de Monje, que atualmente carece do serviço de rede de gás natural.

Palavras-chave: valor adicionado, indústria agrícola, cooperativa agrícola.

EVALUACIÓN DE LA ECO-EFICIENCIA DEL USO POTENCIAL DEL CEMENTO DE BAJO CARBONO (LC³) EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CUBANOS

Dr. C. Yudiesky Cancio Díaz ^{1*}, Dr. Guillaume Habert ²

¹ Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV). Carretera a Camajuaní km 5¹/₂, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. yudieskycd@uclv.edu.cu

² Universidad Politécnica Federal de Zúrich (ETH). habert@ibi.baug.ethz.ch

RESUMEN

La industria constructiva constituye el tercer sector industrial de mayor contribución al impacto medioambiental por emisiones de dióxido de carbono antropogénico, causante del calentamiento global y, por ende, factor clave del aceleramiento del cambio climático. El cemento es el compuesto responsable, en lo fundamental, de dicha huella de carbono. La constante búsqueda de sustituir parcialmente el clínker del cemento por materiales cementicios suplementarios permitió al equipo internacional cubano-suizo-indio liderado por EPFL-Suiza y CIDEM-UCLV obtener el cemento de bajo carbono (LC³), resultado de la innovación científico-técnica.

El nuevo cemento ha sido producido en Cuba a escala de prueba industrial, con resultados competitivos con respecto a los cementos convencionales en criterios técnicos, económicos y ambientales.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la eco-eficiencia del uso potencial del cemento de bajo carbono (LC³) en sistemas constructivos cubanos. El concepto de eco-eficiencia con el que se opera en todo el proceso productivo radica en la maximización del impacto económico por unidad de impacto medioambiental. El desempeño económico se mide a través del valor agregado bruto (VAB), mientras que el impacto ambiental se evalúa a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El enfoque ambiental se centra en la contribución al calentamiento global, por medio de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq.). Los resultados de la evaluación económica y la ambiental se combinan en un ratio de eco-eficiencia, a modo de obtener criterios de selección de alternativas constructivas con enfoque de desarrollo sostenible.

Se comparan tres alternativas constructivas: (i) edificios de bloques tradicionales, (ii) edificios construidos con tecnología gran panel y (iii) edificios tipo forsa.

El ACV medioambiental de los materiales utilizados en los sistemas constructivos analizados, se desarrolla sobre la base del factor de impacto ambiental de los materiales de construcción, obtenidos en investigaciones previas del autor sobre la temática. Estos resultados se combinan con el procesamiento actualizado de datos sobre la construcción de nuevos edificios en la provincia de Villa Clara, a través del software profesional SimaPro Versión 7 para Windows.

Tomando como referente de partida la base de datos de *Ecoinvent99* (desarrollada por *PreConsultants* para la aplicación de ACV en el sector constructivo en Europa), se adaptó una base de datos para el caso cubano, con información de la industria cementera cubana y del sector de la construcción en general. El ACV sigue los límites sistémicos de un enfoque de la cuna a la tumba.

La contribución del cemento LC³ a la mitigación del daño ambiental resulta significativa y se encuentra estrechamente relacionada con el volumen de este material en cada uno de los sistemas constructivos. Las tipologías bloques tradicionales y forsa son las más contribuyentes a la contaminación ambiental, lo que significa ser las más influyentes en la reducción de emisiones en un escenario de sustitución de los cementos tradicionales por el cemento LC³. Si las viviendas construidas en Cuba en 2019 hubiesen utilizado el cemento LC³, la mitigación ambiental en términos de reducción de emisiones se ubicaría en el entorno de las 111 635 t de CO₂.

La dirección científica del proyecto internacional LC³, está valorando la factibilidad de inserción de este cemento en los mercados de créditos de carbono, debido a su probado perfil medioambiental a favor de la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Aún no existe un mercado internacional de bonos de carbono, pero existen mercados con legitimidad y alcance regional, donde Cuba puede valorar su inserción en la medida en que pueda ganar madurez en la certificación de la reducción de emisiones. Esta podría, a la postre, constituir para el país una fuente de financiamiento, que a su vez contribuiría al desarrollo económico-social.

Los resultados obtenidos sugieren que la tecnología constructiva más eco-eficiente es el sistema de gran panel (29 % con respecto a bloques tradicionales y 20 % con respecto a forsa). Al considerar el uso del cemento LC³, las mayores reservas potenciales se tienen en las construcciones de bloques (entre el 21 y el 33 %), lo cual está directamente relacionado con el volumen de cemento que se utiliza; seguido por la tipología forsa (entre el 4 y el 27 %) y, por último, el sistema de Gran panel (entre el 7 % y el 17 %).

Palabras clave: Eco-eficiencia, ACV, cemento LC³.

REVISIÓN DE LA LITERATURA DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CICLO DE VIDA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS FORESTALES VERSUS COMBUSTIBLES FÓSILES

R. Musule ^{1*}, J. Bonales Revuelta ¹, R. M. Gallardo Álvarez ¹, Tuyeni Heita Mwampamba ², Omar Raúl Masera Cerutti ², Carlos A. García Bustamante ¹

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, CP 58190, México. musuleiq@gmail.com, jbonalesr@gmail.com, rmgallardo@enesmorelia.unam.mx, cgarcia@enesmorelia.unam.mx

²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Morelia CP 58190, Michoacán, México. tuyeni@iies.unam.mx, omasera@gmail.com

RESUMEN

Los biocombustibles sólidos derivados de los bosques constituyen actualmente la mayor fuente de energía renovable en todo el mundo. Actualmente, existe una importante discusión sobre los impactos ambientales del uso de estos recursos energéticos, por ejemplo, sus emisiones de gases de efecto invernadero. Aún no se ha realizado una revisión de la literatura que analice cuantitativamente la aplicación del ACV en diferentes tipos de biocombustibles sólidos forestales como leña, carbón vegetal, astillas de madera, briquetas y pellets en términos de huella de carbono con relación a sus contrapartes los combustibles fósiles, en busca de identificar limitaciones en términos ambientales y desafíos acerca de su producción y uso.

El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática sobre la aplicación del ACV de los sistemas de producción de biocombustibles sólidos forestales, que considere en el análisis la categoría de impacto clave potencial del calentamiento global dentro del ciclo de vida, esta categoría fue analizada con un enfoque cuantitativo entre los biocombustibles sólidos forestales (como sistemas alternativos) y los combustibles fósiles.

Analizamos un total de 26 artículos que contenían datos cuantitativos para múltiples escenarios y que hacían comparación entre los sistemas de interés (biocombustibles vs fósiles). Los resultados indican que existe un amplio rango de heterogeneidad entre las emisiones de CO₂e por tipo de sistema, presentándose en muchos casos mitigación, o no en contraste con los sistemas de aprovechamiento de fuentes fósiles, factores claves para estos resultados fueron el sector (industrial o residencial), las fuentes de origen de los biocombustibles, y la tarea energética a cumplir (calor o electricidad). En conclusión, una mitigación de GEI dependerá del tipo de biocombustible sólido y del combustible fósil comparados.

Palabras clave: Bioenergía, Emisiones de CO₂e, Dendroenergía.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE DOS BIOMASAS RESIDUALES DE ORIGEN INDUSTRIAL: EL CASO DE VINAZAS DE TEQUILA Y AGUA RESIDUAL DE VINO TINTO EN MÉXICO

LIFE CYCLE ANALYSIS OF TWO RESIDUAL BIOMASSES OF INDUSTRIAL ORIGIN: THE CASE OF TEQUILA VINASSE AND RED WINE WASTEWATER IN MEXICO

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE DUAS BIOMASSAS RESIDUAIS DE ORIGEM INDUSTRIAL: O CASO DA TEQUILA VINHAÇA E AS ÁGUAS RESIDUAIS DO VINHO TINTO NO MÉXICO

Ximena García Rodríguez ^{1*}, Itzel Rolón Rodríguez ¹, Alejandro Padilla Rivera ¹², Leonor Patricia Güereca Hernández ¹

¹ Instituto de Ingeniería, Ciclo de Vida, Cambio Climático y Sostenibilidad (CiVICCS), Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México. XGarciaR@iingen.unam.mx, IRolonR@iingen.unam.mx, Lguerecah@iingen.unam.mx

² CIRAIG, Polytechnique Montréal, Mathematical and Industrial Engineering Department, succ. Centre-Ville, Montreal, QC H3C 3A7 C.P. 6079, Canada. alejandro-de-jesus.padilla-rivera@polymtl.ca

RESUMEN

La incorporación de fuentes de energía alternativas a la matriz energética mundial es uno de los retos principales para la mitigación de los efectos del cambio climático. Una de estas energías alternativas es la bioenergía. En México, existe un potencial importante para la producción de bioenergía, particularmente en el sector de bebidas alcohólicas, como al que pertenece la producción de tequila, una bebida emblemática a nivel internacional, y la producción de vino tinto a partir de sus múltiples residuos, como la vinaza y el agua residual, respectivamente. La tecnología que se ha descrito con mayor viabilidad para la producción de biogás a partir de ambos residuos es la Digestión Anaerobia. En tanto estos sistemas ofrecen la posibilidad de reducir los impactos de la matriz energética de cualquier país y la remoción de material orgánico mediante la degradación biológica, es necesario conocer su desempeño ambiental en una discusión continua que involucre los efectos generados por el uso de insumos y generación de emisiones, intrínseco de cualquier sistema tecnológico en operación.

De esta manera, la implementación de sistemas de Digestión Anaerobia para el tratamiento y aprovechamiento energético de ambas biomásas se convierte en el objeto de interés de esta investigación, específicamente el análisis de su desempeño ambiental mediante el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida. El análisis de sistemas de tratamiento que involucran residuos industriales da la oportunidad de identificar el desempeño ambiental de sistemas productivos comerciales. Para atender esta oportunidad, al igual que proponer soluciones a la problemática asociada a la gestión de estas biomásas como un tipo de residuo contaminante, se eligió la asignación de impactos diferenciados para las etapas previas a la generación de biomasa en el ciclo de vida de la Unidad Funcional, 1 kWh.

Los sistemas tecnológicos evaluados en escenarios que consideran etapas previas a la generación de biomasa, los escenarios base, involucraron la producción de insumos desde la extracción de materia prima, generación de biomasa, tren de tratamiento de la vinaza y el agua residual, hasta la disposición de residuos de dicho tren, incluyendo la generación de energía eléctrica. Para la evaluación de impacto de las primeras dos etapas del ciclo de vida se eligió una asignación másica a partir de la relación entre el producto comercial, el tequila y el vino tinto, y el residuo generado. Esta elección responde a la ausencia en la literatura científica de una aproximación másica que se base en la alta tasa de generación de residuos de la industria de bebidas alcohólicas. Por otro lado, a raíz del debate alrededor del tipo de asignación que deben recibir los residuos para su valorización se decidió realizar un escenario más de sensibilidad, retomando la tendencia de carga cero en investigaciones similares. La evaluación de impactos de todos los sistemas se realizó con el método ReciPe.

Los resultados indican que de los dos sistemas tecnológicos de digestión anaerobia analizados, considerando las categorías de impacto: cambio climático, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, deterioro de capa de ozono, formación de oxidantes fotoquímicos y toxicidad humana; los escenarios de vinaza de tequila

fueron los que presentaron mayores impactos en todas las categorías, con una diferencia de al menos un 20% de impacto mayor comparados con el resto de los escenarios. Mientras que los procesos con mayor contribución al impacto ambiental de ambos sistemas a lo largo de todo el ciclo de vida de 1 kWh son el consumo de energía eléctrica durante el tratamiento biológico, la aplicación de agroquímicos durante la etapa de extracción de materia prima y la generación de energía eléctrica a partir del biogás.

La implementación de estos sistemas para el tratamiento y aprovechamiento energético permiten mitigación por la remoción de fósforo en la descarga final y así, evita los efectos de su descarga sin tratamiento, como la eutrofización de cuerpos de agua dulce. A su vez, la generación de biogás, 1,238.7 m³ N biogás/d y 1,339 m³ N biogás/d, de vinaza de tequila y agua residual de vino tinto respectivamente, permiten la autosuficiencia energética de la planta de tratamiento. Aunado a esto, la disociación de etapas previas a la generación de la biomasa en el ciclo de vida permitió la reducción en un rango del 25-85% de los impactos obtenidos, siendo el sistema de vinazas de tequila aquel con mayor reducción, seguido del sistema de agua residual de vino tinto. Estos resultados visibilizan la relevancia de las prácticas de cultivo de la materia prima y de los procesos de producción de bebidas, particularmente para la vinaza de tequila. Por lo que se convierten en el factor determinante desde una perspectiva de ciclo de vida de "cuna a tumba".

Palabras clave: bioenergía, gestión de residuos, digestión anaerobia.

ABSTRACT

The integration of alternative energy sources into the world's energy matrix is one of the main challenges for mitigating the effects of climate change. One of these alternative energies is bioenergy. In Mexico, there is significant potential for bioenergy production, particularly in the alcoholic beverage sector, such as the production of tequila, an internationally emblematic beverage, and the production of red wine from its multiple residues, such as vinasse and wastewater, respectively. The technology that has been described with the greatest feasibility to produce biogas using both wastes is Anaerobic Digestion. While these systems offer the possibility of reducing the impacts of the energy matrix of any country and the removal of organic material through biological degradation, it is necessary to know their environmental performance in a continuous discussion that involves the impacts generated by the inputs and generation of emissions, intrinsic to any technological system in operation.

Thus, the implementation of Anaerobic Digestion systems for the treatment and energetic use of both biomasses becomes the target of this research, specifically the analysis of their environmental performance through the Life Cycle Analysis approach.

The analysis of treatment systems involving industrial wastes gives the opportunity to identify the environmental performance of commercial production systems. To address this opportunity, as well as to propose solutions to the problems associated with the management of these biomasses as a type of polluting waste, the allocation of differentiated impacts for the stages prior to the generation of biomass in the life cycle of the Functional Unit, 1 kWh, was chosen.

The technological systems evaluated in scenarios that consider stages prior to biomass generation, the base scenarios, involved the production of inputs from feedstock extraction, biomass generation, vinasse and wastewater treatment train, to the disposal of residues from such train, including electric power generation. For the impact assessment of the first two stages of the life cycle, a mass allocation was chosen based on the relationship between the commercial product, tequila and red wine, and the waste generated. This choice reflects the absence in the scientific literature of a mass approach based on the high rate of waste generation in the alcoholic beverage industry. On the other hand, as a result of the debate on the type of allocation that waste should receive for its valorization, it was decided to carry out a sensitivity scenario, taking up the trend of zero load in similar research. That is, omitting the impacts of the stages prior to the generation of raw material. The impact assessment of all the systems was carried out using the ReciPe method.

The results indicate that of the two anaerobic digestion technological systems analyzed, considering the impact categories: climate change, terrestrial acidification, freshwater eutrophication, ozone layer deterioration, formation of photochemical oxidants and human toxicity; the tequila vinasse scenarios presented the greatest impacts in all categories, with a difference of at least 20% greater impact compared to the rest of the scenarios. While the processes with the greatest contribution to the environmental impact of both systems throughout the entire life cycle of 1 kWh are the consumption of electrical energy during biological treatment, the application of agrochemicals during the raw material extraction stage and the generation of electrical energy from biogas.

The implementation of these systems for treatment and energy use allows mitigation due to the removal of phosphorus in the final discharge and thus avoids the effects of untreated discharge, such as the eutrophication of freshwater bodies. The generation of biogas, 1,238.7 m³ N biogas/d and 1,339 m³ N biogas/d, from tequila vi-

nasse and red wine wastewater, respectively, allows the treatment plant to be energy self-sufficient. In addition, the dissociation of stages prior to the generation of biomass in the life cycle enabled the reduction in a range of 25-85% of the impacts observed, being the tequila vinasse system the one with the greatest reduction, followed by the red wine wastewater system. These results show the relevance of raw material cultivation practices and beverage production processes, particularly for tequila vinasse. Thus, they become the determining factor from a “cradle to grave” life cycle perspective.

Key words: bioenergy, waste management, anaerobic digestion.

RESUMO

A incorporação de fontes alternativas de energia na matriz energética global é um dos principais desafios para mitigar os efeitos da mudança climática. Uma dessas energias alternativas é a bioenergia. No México, existe um importante potencial de produção de bioenergia, particularmente no setor de bebidas alcoólicas, como a produção de tequila, uma bebida internacionalmente emblemática, e a produção de vinho tinto a partir de seus múltiplos resíduos, como a vinhaça e as águas residuais, respectivamente. A tecnologia que tem sido descrita com maior viabilidade para a produção de biogás a partir dos dois resíduos é a Digestão Anaeróbica. Enquanto estes sistemas oferecem a possibilidade de reduzir os impactos da matriz energética de qualquer país e a remoção de material orgânico através da degradação biológica, é necessário conhecer seu desempenho ambiental em uma discussão contínua que envolve os efeitos gerados pelo uso de insumos e geração de emissões, intrínsecos a qualquer sistema tecnológico em operação.

Assim, a implementação de sistemas de Digestão Anaeróbica para o tratamento e uso energético de ambas as biomassas torna-se o objeto de interesse desta pesquisa, especificamente a análise de seu desempenho ambiental através da abordagem de Análise do Ciclo de Vida. A análise dos sistemas de tratamento envolvendo resíduos industriais dá a oportunidade de identificar o desempenho ambiental dos sistemas de produção comercial. Para enfrentar esta oportunidade, assim como para propor soluções aos problemas associados à gestão destas biomassas como um tipo de resíduo poluente, foi escolhida a alocação de impactos diferenciados para as etapas anteriores à geração da biomassa no ciclo de vida da Unidade Funcional, 1 kWh.

Os sistemas tecnológicos avaliados em cenários que consideram etapas anteriores à geração de biomassa, os cenários base, envolveram a produção de insumos desde a extração da matéria-prima, geração de biomassa, vinhaça e trem de tratamento de efluentes, até a disposição dos resíduos deste trem, incluindo a geração de eletricidade. Para a avaliação do impacto das duas primeiras etapas do ciclo de vida, foi escolhida uma alocação de massa baseada na relação entre o produto comercial, tequila e vinho tinto, e os resíduos gerados. Esta escolha responde à ausência na literatura científica de uma abordagem de massa baseada na alta taxa de geração de resíduos na indústria de bebidas alcoólicas. Por outro lado, como resultado do debate sobre o tipo de alocação que os resíduos deveriam receber para sua valorização, foi decidido realizar um cenário mais sensível, assumindo a tendência de carga zero em pesquisas similares. Ou seja, omitir os impactos das etapas anteriores à geração da matéria prima. A avaliação do impacto de todos os sistemas foi realizada utilizando o método ReciPe.

Os resultados indicam que dos dois sistemas tecnológicos de digestão anaeróbica analisados, considerando as categorias de impacto: mudança climática, acidificação terrestre, eutrofização de água doce, deterioração da camada de ozônio, formação de oxidantes fotoquímicos e toxicidade humana; os cenários de tequila vinhaça apresentaram os maiores impactos em todas as categorias, com uma diferença de pelo menos 20% maior impacto em comparação com os demais cenários. Enquanto os processos com maior contribuição para o impacto ambiental de ambos os sistemas durante todo o ciclo de vida de 1 kWh são o consumo de energia elétrica durante o tratamento biológico, a aplicação de agroquímicos durante a fase de extração da matéria-prima e a geração de energia elétrica a partir do biogás.

A implementação desses sistemas de tratamento e uso de energia permite a mitigação pela remoção do fósforo na descarga final e assim evita os efeitos da descarga não tratada, como a eutrofização dos corpos de água doce. Ao mesmo tempo, a geração de biogás, 1.238,7 m³ de biogás/d e 1.339 m³ de biogás/d, de vinhaça de tequila e águas residuais de vinho tinto, respectivamente, permitem que a estação de tratamento seja auto-suficiente em energia. Além disso, a dissociação das etapas anteriores à geração da biomassa no ciclo de vida permitiu a redução numa faixa de 25-85% dos impactos obtidos, sendo o sistema de vinhaça de tequila o de maior redução, seguido pelo sistema de águas residuais do vinho tinto. Estes resultados mostram a relevância das práticas de cultivo de matéria prima e dos processos de produção de bebidas, particularmente para a vinhaça de tequila. Assim, eles se tornam o fator determinante de uma perspectiva do ciclo de vida “do berço à sepultura”.

Palavras-chave: bioenergia, gestão de resíduos, digestão anaeróbica.

AVALIAÇÃO DA ECO-EFICIÊNCIA EM SERVIÇOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA CIDADE DE CUENCA - EQUADOR

Oswaldo Sanchez Júnior¹, Hugo Santiago Arévalo Pesántez², Leonardo Octavio Assaf³

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brasil. osanchez@ipt.br

Departamento de Alumbrado Público de la Ciudad de Cuenca, Cuenca – Ecuador. hsarevalop@gmail.com

Universidad Nacional de Tucumán – UNT, Departamento de Luminotecnia, Tucuman, Argentina. lassaf@herrera.unt.edu.ar

RESUMO

Os gestores dos serviços públicos urbanos aprendem gradualmente a incorporar a sustentabilidade urbana como elemento de suas decisões. Um elemento do momento atual é a Agenda 2030 para o Clima, com seu objetivo 11: tornar cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. No entanto, existem poucas ferramentas analíticas para apoiar a decisão de agentes públicos. O artigo apresenta uma proposta de aplicação do conceito de ecoeficiência na gestão de serviços de iluminação pública e demonstrará sua viabilidade como modelo de tomada de decisão no setor.

O objetivo do trabalho foi propor um modelo analítico que permita decisões sobre a renovação da infraestrutura de iluminação pública para garantir maior ecoeficiência na transição para tecnologias inovadoras, a fim de mitigar os impactos ambientais e seus custos de instalação, operação, manutenção e descomissionamento.

O método utilizado para calcular a ecoeficiência foi a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que permitiu estruturar duas análises (ambiental e econômica). A ferramenta GHG Protocol foi implementada para avaliar a dimensão ambiental da ecoeficiência. A técnica de Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (LCC) e as ferramentas de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback foram utilizadas para avaliar a dimensão econômica da ecoeficiência. Isso levou a uma medida de ecoeficiência associada a diferentes soluções apresentadas ao gestor público. O modelo foi testado para comparar soluções para iluminação pública na cidade de Cuenca, no Equador.

Como resultado, um modelo e roteiro de análise foram desenvolvidos para avaliar de forma integrada o desempenho econômico e ambiental (ecoefficiência) de produtos e instalações para serviços de Iluminação Pública. Na validação do modelo, com a aplicação dados de Cuenca ao modelo de análise, concluiu-se que, para uma possível substituição tecnológica (substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas a LED), apesar de vantajoso ambientalmente pela economia de energia na fase de uso, economicamente ainda não é uma opção de interesse para o orçamento da cidade, considerando-se os dados disponíveis.

Palavras-chave: sustentabilidade urbana, ecoeficiência, iluminação pública, LCA, LCC, protocolo GHG.

BIBLIOMETRIC ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF LIFE CYCLE ASSESSMENT IN NORTHEAST BRAZIL

Luziléa Brito de Oliveira ^{1*}, Henrique Leonardo Maranduba ², Luciano Brito Rodrigues ³, Rosenira Serpa da Cruz ⁴, José Adolfo de Almeida Neto ⁴

¹ State University of Santa Cruz - UESC. Ilhéus-BA, Brazil. luzileaboliveira@gmail.com

² Flextronics Institute of Technology - FIT. Manaus-AM, Brazil. henrique.maranduba@fit-tecnologia.org.br

³ State University of Southwest Bahia - UESB, Department of Rural and Animal Technology - DTRA. Itapetinga-BA, Brazil. rodrigueslb@uesb.edu.br

⁴ State University of Santa Cruz - UESC. Ilhéus-BA, Brazil. jalmeida@uesc.br, rosepa@uesc.br

ABSTRACT

This work presents an overview of LCA scientific production in the Northeast region of Brazil. A bibliographic survey of scientific was performed, comprising papers published between 2000 and 2019, consulted until April 31, 2020, whose first or last author has or had a link with an institution based in Northeast Brazil. The bases searched were: (i) Google Scholar, (ii) Scielo, (iii) Web of Science, (iv) Curriculum Lattes, and (v) Scopus. Scientific papers were classified into ten categories. It was verified which works brought in its scope application of the LCA methodology and addressed its discussions. The results showed 154 articles, and the peak in the number of publications occurred in 2016 with 31 publications. Of these, 112 (73%) were written in Portuguese and 42 (27%) in English; 68% were published in Brazilian vehicles and 32% internationally. Besides, 80% of works refer to the application of LCA and while 20% discussed aspects related to strengths and improvement. It is concluded that the work of application of the method is predominant. Therefore, there are still few researchers who delve into the questioning of the methodological model.

Keywords: Bibliometric analysis, Educational institutions, Research networks.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es presentar un panorama de la producción científica de ACV en la región Nordeste de Brasil. Se utilizó un relevamiento bibliográfico de trabajos científicos publicados entre 2000 y 2019, consultados hasta el 31 de abril de 2020, cuyo primer o último autor tiene o tuvo vínculo con una institución con sede en el noreste de Brasil. Las bases buscadas fueron: (i) Google Scholar, (ii) Scielo, (iii) Web of Science, (iv) CV Lattes y (v) Scopus. Los artículos científicos se clasificaron en 10 categorías. Se verificó qué trabajos trajeron en su alcance la aplicación de la metodología LCA y cuáles abordaron discusiones sobre el método. Los resultados mostraron 154 artículos, y el pico del número de publicaciones se produjo en 2016 con 31 publicaciones. De estos, 112 (73%) estaban en portugués y 42 (27%) en inglés; El 68% se publicaron a nivel nacional y el 32% a nivel internacional. En cuanto a la aplicación de la metodología o discusión del método, el 80% de los trabajos publicados se refieren a la aplicación del ACV y solo el 20% discutió aspectos relacionados con fortalezas y mejora. Se concluye que predomina el trabajo de aplicación del método, por lo que aún son pocos los investigadores que ahondan en el cuestionamiento del modelo metodológico.

Palabras-clave: Análisis bibliométrica, Instituciones educativas, Redes de investigación.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa é apresentar um panorama da produção científica da ACV na região Nordeste do Brasil. Utilizou-se de levantamento bibliográfico de trabalhos científicos publicados entre 2000 e 2019, consultados até 31 de abril de 2020, cujo primeiro ou último autor tem ou teve vínculo com alguma instituição sediada no Nordeste do Brasil. As bases pesquisadas foram: (i) Google Scholar, (ii) Scielo, (iii) Web of Science, (iv) CV Lattes e (v) Scopus. Os trabalhos científicos foram classificados em 10 categorias. Verificou-se quais trabalhos traziam em seu escopo aplicação da metodologia ACV e quais abordavam discussões sobre o método. Os resultados mostraram 154 artigos, sendo que o ápice do número de publicações se deu no ano de 2016 com 31 publicações. Destes 112 (73%) foram no idioma português e 42 (27%) em inglês; 68% foram publicadas no âmbito nacional e 32% no internacional. Já no quesito aplicação da metodologia ou discussão do método, 80%

dos trabalhos publicados referem-se à aplicação da ACV e apenas 20% discutiram aspectos relacionados aos pontos fortes e de melhoria. Conclui-se, que predominam os trabalhos de aplicação do método, tendo, portanto, ainda poucos pesquisadores que se aprofundam no questionamento do modelo metodológico.

Palavras-chave: Análise bibliométrica, Instituições de ensino, Redes de Pesquisa.

INTRODUCTION

The growing awareness of the importance of protecting the environment and the possible impacts associated with products has increased interest in the development of environmental management methods. One of the techniques that have been used for this purpose is the Life Cycle Assessment - LCA (ISO 14040: 2006).

According to ISO 14040: 2006 (2006), LCA is “a technique for assessing environmental aspects and potential impacts associated with a product by: (i) compiling an inventory of relevant inputs and outputs from a product system; (ii) the assessment of the potential environmental impacts associated with these inputs and outputs and (iii) the interpretation of the results of the phases of inventory analysis and impact assessment in relation to the objectives of the studies”.

The application of LCA, for Zanghelini et al. (2016), is due in large part to some of its characteristics such as: systemic approach to decision making and quantification of information related to environmental impacts.

In Brazil, LCA has been applied in several economic sectors, such as the biofuels industry, agriculture and livestock, civil construction, steel industry, among others (Cherubini and Ribeiro 2015; Zanghelini et al. 2014), which demonstrates the relevance of method for assessing environmental impacts, when considering the life cycle of products. Willers and Rodrigues (2014) indicated agriculture and livestock as promising areas for the use of LCA in Brazil.

Given the importance of the method for the most diverse productive sectors, this work presents an overview of the scientific production of the LCA in the Northeast region of Brazil, an important location for several sectors of the economy, with emphasis on the agro-industrial, agricultural and energy sectors. For this, a survey was carried out, considering the period between 2000 and 2019, in order to identify the research institutions located in the Northeast of Brazil that carried out some type of work in the area of LCA; what interinstitutional connections exist; which languages are used; whether it was a national or international publication; who they are and where the authors are from; what is the number of publications and what is the characteristic of the works (application or discussion of the method).

That said, we sought to obtain a complete overview of the state of the art of LCA in Northeastern Brazil, which institutions and authors, main themes researched and existing or already established partnerships.

METHODOLOGY

This research considered as a database the scientific works published between 2000 and 2019, consulted until April 31, 2020, whose first or last author has or had a link with an institution based in Northeast Brazil.

The bases searched were: (i) Google Scholar, (ii) Scielo, (iii) Web of Science, (iv) Curriculum Lattes and (v) Scopus. The keywords used were: (i) Life Cycle Assessment, (ii) LCA and its English counterparts (iii) Life Cycle Assessment and (iv) LCA.

Scientific papers were classified into 10 categories: book chapter, conference, congress, master's dissertation, meeting, specialization monograph, periodical, seminar, symposium, doctoral thesis.

It was verified which works brought in its scope application of the LCA methodology and which addressed discussions about the method.

RESULTS AND DISCUSSION

Wering found 154 articles, and the peak of the number of publications occurred in 2016 with 31 publications. Of the 154 scientific papers published between 2000 and 2019, 112 (73%) were in Portuguese and 42 (27%) in English.

Of this amount, 68% were published nationally (105 scientific papers) and 32% internationally (49 scientific papers). With regard to the categories of classifications, the highest number of publications, in their highest percentages, are represented as follows: 32% Congress (50 papers), 28% publication in journals (43 papers), 14% at conferences (22 papers), the other classificatory classes showed less expressive results (figure 1).

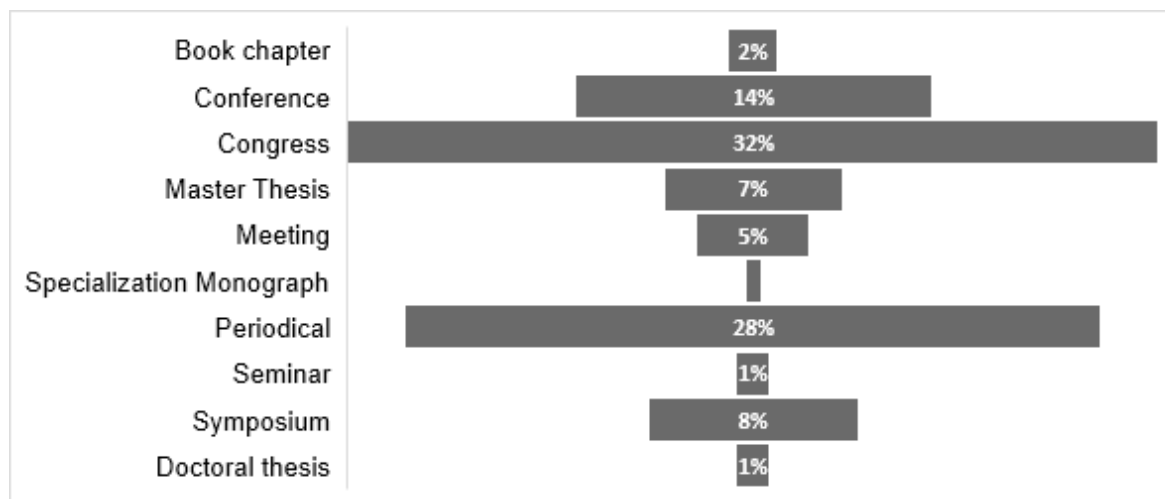


Figure 1. Categories of scientific production, in%, of the LCA in the Northeast region of Brazil, between 2000 and 2019.

Source: The authors (2020).

As for the application of the methodology or discussion of the method, 80% of the published works refer to the application of LCA in case studies and only 20% of the works discussed aspects related to the strengths and improvement of LCA.

CONCLUSION

The collected data showed that the work of application of the method predominates, therefore, there are still few researchers who go deeper into the questioning of the methodological model.

On the other hand, the connections established between institutions in different locations in Brazil and other countries are highlighted, and the need to deepen these partnerships is highlighted, enabling the consolidation of the area and the consequent methodological debate that allows for the necessary adaptations and regionalization the reduction of uncertainties and increased reliability in the assessment of impacts on the life cycle of products and services.

The results are expected to foster regional integration between teaching and research institutions and to increase the visibility of scientific quality in Northeast Brazil, regarding life cycle thinking. This will create opportunities for partnerships between northeastern institutions and national and international institutions.

REFERENCES

1. Cherubini, E., Ribeiro, P.T., 2015. Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia-Ibict, Brasília.
2. ISO - International Organization for Standardization, 2006. ISO 14040 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, ISO, Geneva.
3. Willers, C.D., Rodrigues, L.B., 2014. A critical evaluation of Brazilian life cycle assessment studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 144-152. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0608-y>
4. Zanghelini, G.M., Souza Junior, H.R.A., Kulay, L., Cherubini, E., Ribeiro, P.T., Soares, S.R., 2016. A bibliometric overview of Brazilian LCA research. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(12), 1759-1775. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1132-7>
5. Zanghelini, G., Cherubini, E., Galindro, B., Alvarenga, R.A.F., Soares, S., 2014. A Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil na Última Década. In: IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida. São Bernardo do Campo. SP. 10.13140/2.1.4672.1601

EVALUACIÓN DE HUELLA DE CARBONO EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE YERBA MATE EN MISIONES, ARGENTINA

AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA ERVA-MATE EM MISIONES, ARGENTINA

EVALUATION OF CARBON FOOTPRINT IN THE YERBA MATE PRODUCTION CHAIN IN MISIONES, ARGENTINA

Diego Chifarelli ^{1,2,*}, Emiliano Descalzi ^{2,3}, Lorena Gruber ⁴, Edgardo Giordani ⁵

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AER Eldorado. Cuyo 208, Eldorado, Misiones, Argentina.

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. chifarelli.diego@inta.gob.ar

³ Secretaria de Agricultura Familiar Campesina e Indígena. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, delegación Misiones, Cuyo 268, Eldorado, Misiones, Argentina. emiliano.descalzi@gmail.com

⁴ Instituto Nacional de la Yerba Mate. Rivadavia 1515, Posadas, Misiones, Argentina. lorenagruber@gmail.com

⁵ Departamento de Ciencias Agronómicas, Forestales y Ambientales – DAGRI – Universidad de Florencia – Italia – Viale delle Idee 30 – Sesto Fiorentino (FI). edgardo.giordani@unifi.it

RESUMEN

El área de producción de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) se encuentra dentro del ecosistema del Bosque Atlántico. En la actualidad, casi 85% de su cobertura desapareció por la explotación forestal y la colonización. La selva de Misiones representa uno de los remanentes más importantes del Bosque Atlántico, que por sus condiciones biofísicas poseen gran capacidad de ofrecer Servicios Ecosistémicos a nivel local, regional y global. El uso productivo del suelo se encuentra dominado por forestación exótica y por sistemas agropecuarios diversificados con base en la producción de tabaco, yerba mate, té, ganadería, cítricos y productos de autoconsumo y venta de pequeños excedentes.

En cuanto a la estructura productiva yerbatera, el Instituto Nacional de la yerba mate registra 10.811 productores, de los cuales más del 60% cultiva menos de 10 hectáreas. Existen 200 secaderas y 104 establecimientos molineros y fraccionadores. En el período 2006-2016 la producción de hoja verde de yerba mate promedió 1,3 millones de toneladas, situando a la Argentina como el principal productor mundial de hoja verde. De estas, el 90% se destina al consumo doméstico; el resto es exportado, principalmente a los mercados sirios, chilenos, uruguayos y brasileños.

En la actualidad, las tendencias del mercado global conducen a una descripción cada vez más detallada de las cadenas de valor de los productos agroalimentarios. Existe una preocupación creciente de los consumidores por la sostenibilidad de los productos y una conciencia del poder que pueden tener sus elecciones. Producir, exportar y consumir productos agroalimentarios generan gases de efecto invernadero (GEI), que pueden estimarse a través del indicador Huella de Carbono. La Argentina tiene una contribución del 0,7% de las emisiones globales de GEI (el 37% corresponden al sector de la Agricultura, la Ganadería, Silvicultura y otros usos). En el año 2017 un trabajo presentado en el Encuentro Argentino de Ciclo de Vida indica que el aporte del sector yerbatero es de 641 gr de CO₂ eq por kilo de yerba mate elaborada, estimando que un 48% del total se genera en la producción primaria y el restante 52% en la etapa que comprende a la industrialización y comercialización.

Esta investigación tiene como objetivo analizar el impacto que genera la cadena de valor de la yerba mate sobre el calentamiento global a partir de la contribución de los GEI del sector, tomando como referencia un grupo de establecimientos de dicha cadena. La etapa de toma de datos y construcción de inventarios de flujos de entrada y salida de cada eslabón de la cadena productiva comprenderá: la producción del plantín (vivero) tomando como referencia el vivero VyO situado en la localidad de Oberá; la producción de hoja verde (producción primaria), para el cual se analizarán tres productores de perfil tecnológico alto de Jardín América y Santo Pipó. La transformación y envasado (etapa Industrial), para la que se tomará como referencia a la industria (canchado-secado-fraccionado) de la "Cooperativa Agrícola Mixta de Montecarlo"; y el transporte hasta el centro de consumo (Buenos Aires), mediante transporte terrestre.

El presente estudio se llevará a cabo siguiendo las recomendaciones de las Normas Internacionales ISO 14040 e ISO 14044 (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2018) sobre los principios y el marco para la evaluación del ciclo de vida. El cálculo de la huella de carbono se realizará utilizando el software LCA SimaPro 8.2.3 y la base de datos del EcolInvent 3.3; siguiendo el método IPCC 2013 GWP. Se eligió una unidad funcional basada en masa, y se definió como 1 kg de yerba mate envasada comercializada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). El sistema se estudiará “desde la cuna hasta el comercio mayorista” y todos los flujos de entrada y salida se considerarán desde la etapa de vivero hasta la puerta de la comercialización mayorista.

Los resultados deberían ser de interés para las personas involucradas en cuestiones ambientales relacionadas con la producción de alimentos y para empresas que buscan desarrollar diferenciación de productos. La información generada permitiría gestionar las emisiones de GEI de manera eficiente y sostenible y con esto, desarrollar una Estrategia Climática, que podría incluir la adopción de nuevas prácticas de cultivo, la transformación de la producción primaria, el empaque y el transporte a grandes centros de consumo. A su vez permitiría a las empresas certificar productos de Carbono Neutro, sellos ecológicos, desarrollar estrategias de carbono a largo plazo, incursionar en la venta de bonos de carbono en mercados opcionales u obligatorios, entre otras cuestiones.

Palabras claves: Estrategia Climática, Diferenciación de Productos, Análisis de Ciclo de Vida.

RESUMO

A área de produção da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) está inserida no ecossistema da Mata Atlântica. Atualmente, quase o 85% da sua cobertura desapareceu devido à exploração madeireira e colonização. A selva de Misiones representa um dos mais importantes remanescentes da Mata Atlântica (Myers et al. 2000), que pelas suas condições biofísicas tem grande capacidade de oferecer Serviços de Ecossistemas nos níveis local, regional e global (Zulaica et al., 2015). O uso produtivo da terra é dominado pelo florestamento exótico e por sistemas agrícolas diversificados baseados na produção de tabaco, erva-mate, chá, pecuária, frutas cítricas e produtos para consumo próprio e venda de pequenos excedentes.

Em relação à estrutura produtiva da erva-mate, o Instituto Nacional da Erva-mate registra 10.811 produtores, dos quais mais do 60% cultivam menos de 10 hectares. Existem 200 salas de secagem e 104 estabelecimentos de moagem e fracionamento. No período 2006-2016, a produção de folhas verdes de erva-mate foi em média de 1,3 milhões de toneladas, colocando à Argentina como o maior produtor mundial de folhas verdes. Destes, o 90% é destinado para consumo doméstico; o restante é exportado, principalmente, para os mercados sírio, chileno, uruguaio e brasileiro.

Hoje, as tendências do mercado global estão levando a uma descrição cada vez mais detalhada das cadeias de valor dos produtos agroalimentares. Há uma preocupação crescente do consumidor com a sustentabilidade dos produtos e uma consciência do poder que suas escolhas podem ter. Produzir, exportar e consumir produtos agroalimentares gera gases do efeito estufa (GEE), que podem ser estimados por meio do indicador Pegada de Carbono. A Argentina contribui com 0,7% das emissões globais dos GEE (37% correspondem ao setor da Agricultura, Pecuária, Silvicultura e outros usos) (Moreira Muzio et al, 2019). Em 2017, trabalho apresentado no Encontro Argentino do Ciclo de Vida indica que a contribuição do setor da erva é de 641 g de CO₂ eq por quilo de erva-mate produzido, estimando que 48% do total é gerado na produção primária e os restantes 52% na etapa que inclui industrialização e comercialização.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o impacto gerado pela cadeia de valor da Erva-Mate no aquecimento global a partir da contribuição dos GEE do setor, tomando como referência um grupo de estabelecimentos dessa cadeia. A etapa de coleta de dados e construção dos inventários dos fluxos de entrada e saída de cada elo da cadeia produtiva incluirá: a produção da muda (viveiro) tendo como referência o viveiro “VyO” localizado no município de Oberá; a produção de folha verde (produção primária), para a qual serão analisados três produtores de alto perfil tecnológico de Jardín América e Santo Pipó. A transformação e embalagem (etapa Industrial), para a qual será considerada a indústria (secagem, moenda e fracionado) da “Cooperativa Agrícola Mixta de Montecarlo”; e transporte até o centro de consumo (Buenos Aires), por transporte terrestre.

Este estudo será realizado seguindo as recomendações das Normas Internacionais ISO 14040 e ISO 14044 (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2018) sobre os princípios e estrutura para avaliação do ciclo de vida. O cálculo da pegada de carbono será realizado no software LCA SimaPro 8.2.3 e no banco de dados EcolInvent 3.3; seguindo o método GWP do IPCC 2013. Foi escolhida uma unidade funcional baseada na massa, definida como 1 kg de erva-mate embalada comercializada na Cidade Autónoma de Buenos Aires (CABA). O sistema será estudado “do berço ao comércio por atacado” e todas as entradas e saídas serão consideradas desde a etapa do viveiro até a porta do comércio atacadista.

Os resultados deveriam ser de interesse para as pessoas envolvidas com as questões ambientais relacionadas à produção de alimentos e para as empresas que buscam desenvolver a diferenciação de produtos. A informação gerada permitiria uma gestão eficiente e sustentável das emissões de GEE e, com isso, o desenvolvimento de uma Estratégia Climática, que poderia incluir a adoção de novas práticas de cultivo, a transformação da produção primária, embalagem e transporte para grandes centros de consumo. Pela sua vez, permitiria às empresas certificar produtos de Carbono Neutro, selos ecológicos, desenvolver estratégias de carbono de longo prazo, aventurar-se na venda de créditos de carbono em mercados opcionais ou obrigatórios, entre outras questões.

Palavras-chave: Estratégia Climática, Diferenciação de Produtos, Análise do Ciclo de Vida.

ABSTRACTS

The Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) production area is located within the Atlantic Forest ecosystem. Currently, almost 85% of its coverage has disappeared due to logging and colonization. The Misiones jungle represents one of the most important remnants of the Atlantic Forest, which have a great capacity to offer ES at the local, regional and global levels due to its biophysical conditions. The productive use of the land is dominated by exotic forestry and by diversified agricultural systems based on the production of tobacco, yerba mate, tea, livestock, citrus and products for self-consumption and sale of small surpluses.

Regarding yerba mate production structure, the National Institute of Yerba Mate registers 10,811 producers, of which more than 60% cultivate less than 10 hectares. There are 200 dryers and 104 milling and fractionating establishments. In the period 2006-2016, yerba mate green leaf production averaged 1.3 million tons, placing Argentina as the world's leading producer of green leaf. Of these, 90% is for domestic consumption; the rest is exported, mainly to the Syrian, Chilean, Uruguayan and Brazilian markets.

Today, global market trends are leading to an increasingly detailed description of the value chains of agri-food products. There is a growing consumer concern about the sustainability of products and an awareness of the power that their choices can have. Producing, exporting and consuming agri-food products generate greenhouse gases (GHG), which can be estimated through the Carbon Footprint indicator. Argentina has a contribution of 0.7% of global GHG emissions (37% correspond to the Agriculture, Livestock, Forestry and other uses sector). Regarding the herbal sector, no works have been found that characterize the contribution of the Yerba Mate chain to GHG.

This research aims to analyze the impact generated by the Yerba Mate value chain on global warming from the contribution of GHG from the sector, taking as a reference a group of establishments in that chain. The stage of data collection and construction of inventories of input and output flows of each link in the production chain will include: the production of the seedling (nursery) taking as a reference the VyO nursery located in the town of Oberá; the production of green leaf (primary production), for which three producers with a high technological profile from Jardín América and Santo Pipó will be analyzed. The transformation and packaging (Industrial stage), for which the industry (field-drying-fractionated) of the "Cooperativa Agrícola Mixta de Montecarlo" will be taken as reference; and transportation to the consumption center (Buenos Aires), by land transportation.

This study will be carried out following the recommendations of the International Standards ISO 14040 and ISO 14044 (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2018) on the principles and framework for life cycle assessment. The calculation of the carbon footprint will be carried out using the LCA SimaPro 8.2.3 software and the Ecolnvent 3.3 database; following the IPCC 2013 GWP method. A functional unit based on mass was chosen, and it was defined as 1 kg of packaged yerba mate marketed in the Autonomous City of Buenos Aires (CABA). The system will be studied "from the cradle to the wholesale trade" and all the inflows and outflows will be considered from the nursery stage to the door of wholesale marketing.

The results should be of interest to people involved in environmental issues related to food production and to companies seeking to develop product differentiation. The information generated would allow GHG emissions to be managed efficiently and sustainably and with this, the development of a Climate Strategy, which could include the adoption of new cultivation practices, the transformation of primary production, packaging and transportation to large centers of consumption. In turn, it would allow companies to certify Carbon Neutral products, ecological seals, develop long-term carbon strategies, venture into the sale of carbon credits in optional or mandatory markets, among other issues.

Keywords: Climate strategy, product differentiation, Life Cycle Analysis.

ECO-EFFICIENCY ANALYSIS OF CONCRETE BLOCKS PRODUCED WITH LOW-CARBON CEMENT (LC³)

ANÁLISE DE ECOEFICIÊNCIA DE BLOCOS DE CONCRETO PRODUZIDOS COM CIMENTO DE BAIXO CARBONO (LC³)

ANÁLISIS DE ECO-EFICIENCIA DE BLOQUES DE HORMIGÓN PRODUCIDOS CON CEMENTO DE BAJO CARBONO (LC³)

MSc. Arq. Meylin Amador Hernández ^{1*}, Dra. C. Elena R. Rosa Domínguez ², Dr. C. Fernando Martirena Hernández ¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo de Estructuras y Materiales, CIDEM. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5^{1/2}, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. meylina@uclv.cu, martirena@uclv.edu.cu

²Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5^{1/2}, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. erosa@uclv.edu.cu

ABSTRACT

The concrete block is one of the materials used in construction because it saves a lot of mortar in comparison with other technologies. This arises from the use of concrete for the formation of different construction technologies. In concrete production, each ton of cement produced emits approximately 0.8 tons of CO₂, and cement production is responsible for 8% of global carbon emissions. Due to climate change, new alternatives to traditional cement have been sought, such is the case of low carbon cement (LC³), which is a new construction material solution, which reduces up to 30% the CO₂ emissions caused by the Portland cement production process. This type of cement in Cuba has been used to produce concrete blocks with the aim of counteracting the housing deficit that the country presents.

The objective of the research is to carry out the evaluation of the eco-efficiency in the use of low carbon cement (LC³) in the production of concrete blocks. This is carried out based on value indicators (production consumption of each type of block) and environmental indicators such as climate change, particulate matter, terrestrial acidification, depletion of fossil resources and water consumption. During the development of the work, a methodology is proposed to evaluate the sustainability in the production of hollow concrete blocks that is sustained with a life cycle approach and includes the proposal of eco-efficiency indicators. The eco-efficiency indicators were obtained according to the NC-ISO 14045 standard.

The functional unit evaluated was a 10 cm hollow concrete block, evaluated in three scenarios: a first scenario was evaluated a block made with Portland P-35 cement, in the second scenario LC³-50 cement was used in the production of the block and in a third scenario, the block was manufactured with LC³-35 cement. In all cases, the same quantity and quality of the rest of the raw material used is maintained. The hollow concrete block production process was carried out in the local construction materials production workshop located in Aguada, Cienfuegos province, Cuba.

For the evaluation, the Life Cycle Analysis (LCA) tool is used through the use of the SIMAPRO 8.5 program. In the conformation of the inventories, the real data in the production process of the cements P-35, LC³-35 and LC³-50 at the Siguaney Cement Factory in the province of Santi Spiritus, Cuba is considered as a reference. The processes for obtaining clay, limestone, iron and gypsum were adapted in the Ecoinvent database, as they are Cuban raw materials. Due to its importance, energy consumption is analyzed in detail, expressed in megajoules (MJ); the Global Warming Potential (GWP) for a projection period of 100 years expressed in kilograms of CO₂ equivalent (kg CO₂eq) and calculated by the IPCC 2013 methodology; and the formation of particulate matter, expressed in kg PM10eq.

The methodology employs the midpoint approach where the uncertainty of the data is low and the results are more reliable and accurate. This facilitates the analysis of the results obtained depending on the objectives set and the calculation of the eco-efficiency indicators. This procedure has a flexible character that allows its adaptability and generalization to other construction technology designs. The research has an articulation of different analytical and methodological tools to obtain indicators of eco-efficiency and environmental behavior of concrete block walls produced with LC³ cement.

The results obtained showed an improvement in the eco-efficiency of the evaluated indicators, showing that the use of LC³ cement for the production of concrete blocks considerably reduces environmental impacts and increases the efficiency of its use in construction; The technical, economic and environmental superiority of the introduction of low-carbon cement in relation to the use of traditional cement is evidenced. The use of LC³ cement reflects a reduction in CO₂ emissions by 34%, PM_{2.2} emissions by 36%, SO₂ emissions by 37%, a reduction in fossil resources by 25% and water consumption in 11%, considering the study carried out at the level of the functional unit of a concrete block.

Keywords: Concrete blocks, low carbon, eco-efficiency.

RESUMO

O bloco de concreto é um dos materiais utilizados na construção, pois economiza uma grande quantidade de argamassa em comparação com outros sistemas construtivos. Isso decorre da utilização do concreto para a formação de diferentes tecnologias construtivas. Na produção de concreto, cada tonelada de cimento produzida emite aproximadamente 0,8 toneladas de CO₂, sendo a produção de cimento responsável por 8% das emissões globais de carbono. Devido às mudanças climáticas, novas alternativas ao cimento tradicional têm sido buscadas, como é o caso do cimento de baixo carbono (LC³), que é uma nova solução de material de construção, que pode reduzir as emissões de CO₂ em até 30%. Causadas pelo cimento Portland processo de produção. Este tipo de cimento em Cuba tem sido utilizado na produção de blocos de concreto com o objetivo de neutralizar o déficit habitacional que o país apresenta.

O objetivo da pesquisa é realizar a avaliação da ecoeficiência do uso de cimento de baixo carbono (LC³) na produção de blocos de concreto a partir de indicadores de valor (consumo de produção de cada tipo de bloco) e ambientais como clima mudança, material particulado, acidificação terrestre, esgotamento de recursos fósseis e consumo de água. Durante o seu desenvolvimento, é proposta uma metodologia para avaliar a sustentabilidade na produção de blocos vazados de concreto que se baseia em uma abordagem de ciclo de vida e inclui a proposição de indicadores de ecoeficiência. Os indicadores de ecoeficiência foram obtidos de acordo com a norma NC-ISO 14045.

A unidade funcional avaliada foi um bloco de concreto oco de 10 cm, avaliado em três cenários: um primeiro cenário avaliou o bloco feito com cimento Portland P-35, no segundo cenário o cimento LC³-50 foi utilizado na produção do bloco e Em um terceiro cenário, o bloco foi fabricado com cimento LC³-35. Em todos os casos, é mantida a mesma quantidade e qualidade do resto da matéria-prima utilizada (agregados). O processo de produção de blocos de concreto oco foi realizado na oficina local de produção de materiais de construção localizada em Aguada, província de Cienfuegos, Cuba.

Para a avaliação, é utilizada a ferramenta Life Cycle Analysis (LCA), por meio do programa SIMAPRO 8.5. Na conformação dos estoques, são considerados como referência os dados reais do processo de produção dos cimentos P-35, LC³-35 e LC³-50 da Fábrica de Cimento Siguaney na província de Santi Spiritus, Cuba. Os processos de obtenção de argila, calcário, ferro e gesso foram adaptados na base de dados Ecoinvent, por se tratarem de matérias-primas cubanas. Devido à sua importância, o consumo de energia é analisado detalhadamente, expresso em megajoules (MJ); o Potencial de Aquecimento Global (GWP) para um período de projeção de 100 anos expresso em quilogramas de CO₂ equivalente (kg CO₂eq) e calculado pela metodologia IPCC 2013; e a formação de material particulado, expressa em kg PM₁₀eq.

A metodologia emprega a abordagem do ponto médio, onde a incerteza dos dados é baixa e os resultados são mais confiáveis e precisos. Isso facilita a análise dos resultados obtidos em função dos objetivos traçados e o cálculo dos indicadores de ecoeficiência. Este procedimento tem caráter flexível que permite sua adaptabilidade e generalização a outros projetos de tecnologia de construção. A pesquisa articula diferentes ferramentas analíticas e metodológicas para a obtenção de indicadores de ecoeficiência e comportamento ambiental de paredes de blocos de concreto produzidos com cimento LC³.

Os resultados obtidos mostraram uma melhoria na ecoeficiência dos indicadores avaliados, mostrando que a utilização do cimento LC³ para a produção de blocos de concreto reduz consideravelmente os impactos ambientais e aumenta a eficiência do seu uso na construção; Fica evidenciada a superioridade técnica, econômica e ambiental da introdução do cimento de baixo carbono em relação ao uso do cimento tradicional. A utilização do cimento LC³ reflete a redução das emissões de CO₂ em 34%, as emissões de PM_{2.2} em 36%, as emissões de SO₂ em 37%, a redução dos recursos fósseis em 25% e o consumo de água em 11%, considerando o estudo realizado em o nível da unidade funcional de um bloco de concreto.

Palavras chaves: Blocos de concreto, baixo carbono, ecoeficiência.

RESUMEN

El bloque de hormigón es uno de los materiales utilizados en la construcción pues ahorra gran cantidad de mortero de colocación en comparación con otros sistemas constructivos. Esto surge a partir del uso del hormigón para la formación de diferentes tecnologías de la construcción. En la producción del hormigón cada tonelada de cemento producida emite aproximadamente 0.8 toneladas de CO₂, y la producción del cemento es responsable del 8% de las emisiones globales de carbono. Debido al cambio climático se han buscado nuevas alternativas al cemento tradicional, tal es el caso del cemento de bajo carbono (LC³), el cual es una nueva solución de material de la construcción, el cual puede reducir hasta un 30% las emisiones de CO₂ provocadas por el proceso de producción del cemento Portland. Este tipo de cemento en Cuba se ha utilizado para producir bloques de hormigón con el objetivo de contrarrestar el déficit habitacional que presenta el país.

La investigación se plantea como objetivo realizar la evaluación de la eco-eficiencia del uso del cemento de bajo carbono (LC³) en la producción de bloques de hormigón a partir de indicadores de valor (consumo de producción de cada tipo de bloque) e indicadores ambientales como el cambio climático, material particulado, acidificación terrestre, agotamiento de recursos fósiles y el consumo de agua. Durante su desarrollo se propone una metodología para evaluar la sustentabilidad en la producción de bloques huecos de hormigón que se sustenta con enfoque de ciclo de vida e incluye la propuesta de indicadores de eco-eficiencia. Los indicadores de eco-eficiencia fueron obtenidos de acuerdo a la norma NC-ISO 14045.

La unidad funcional evaluada fue un bloque hueco de hormigón de 10 cm, evaluado en tres escenarios: un primer escenario se evaluó el bloque fabricado con cemento Portland P-35, en segundo escenario se empleó el cemento LC³-50 en la producción del bloque y en un tercer escenario se fabricó el bloque con cemento LC³-35. En todos los casos se mantiene igual cantidad y calidad del resto de la materia prima empleada (áridos). El proceso de producción de los bloques huecos de hormigón se realizó en el taller de producción local de materiales para la construcción ubicado en Aguada, la provincia de Cienfuegos, Cuba.

Para la evaluación se utiliza la herramienta Análisis de Ciclo de Vida (ACV) mediante el uso del programa SIMAPRO 8.5. En la conformación de los inventarios se considera como referencia las datas reales en el proceso de producción de los cementos P-35, LC³-35 y LC³-50 en la Fábrica de Cementos de Siguaney en la provincia de Santi Spiritus, Cuba. Los procesos de obtención de la arcilla, la caliza, el hierro y el yeso fueron adaptados en la base de dato de Ecoinvent, por ser materias primas cubanas. Por su importancia se analiza en detalle el consumo de energía, expresado en megajoules (MJ); el Potencial de calentamiento global (GWP, Global Warming Potential) para un período de proyección de 100 años expresado en kilogramos de CO₂ equivalente (kg CO₂eq) y calculado por la metodología IPCC 2013; y la formación de material particulado, expresada en kg PM10eq.

La metodología emplea el enfoque de puntos intermedios donde la incertidumbre de los datos es baja y los resultados son más fiables y precisos. Esto facilita el análisis de los resultados obtenidos en dependencia de los objetivos trazados y el cálculo de los indicadores de eco-eficiencia. Este procedimiento posee un carácter flexible que permite su adaptabilidad y generalización a otros diseños de tecnologías constructivas. La investigación tiene una articulación de diferentes herramientas analíticas y metodológicas para obtener indicadores de eco-eficiencia y comportamiento ambiental de muros de bloques de hormigón producidos con cemento LC³.

Los resultados obtenidos demostraron una mejora de la eco-eficiencia de los indicadores evaluados, demostrándose que el uso del cemento LC³ para la producción de bloques de hormigón disminuye considerablemente los impactos ambientales y aumenta la eficiencia del uso del mismo en la construcción; se evidencia la superioridad técnica, económica y ambiental de la introducción del cemento de bajo carbono con relación al uso del cemento tradicional. El uso del cemento LC³ refleja una reducción de emisiones de CO₂ en un 34%, emisiones de PM2.2 en un 36%, emisiones de SO₂ en un 37%, disminución de los recursos fósiles en un 25% y el consumo de agua en un 11%, considerando el estudio realizado al nivel de la unidad funcional de un bloque de hormigón.

Palabras claves: Bloques de hormigón, bajo carbono, eco-eficiencia.

LITHIUM-SULFUR CELLS WITH BIOWASTE-DERIVED CATHODE: A LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE LAB-SCALE PRODUCTION

CELDA DE LITIO-AZUFRE CON CÁTODO PROVENIENTE DE BIOMASA RESIDUAL: ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN A ESCALA LABORATORIO

CÉLULAS DE LÍTIO-ENXOFRE COM CATODO DE BIOMASSA RESIDUAL: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE PRODUÇÃO EM ESCALA DE LABORATÓRIO

Norma Lis Robles ¹, Alvaro Yamil Tesio ^{*2}, Gustavo Luis Leonardo Scalone ³, Fernando Daniel Mele ^{*4}

¹ INQUINOA UNT CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800. S. M. de Tucumán, Tucumán. República Argentina. nrobles@herrera.unt.edu.ar

² Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJu), Centro de Desarrollo Tecnológico General Savio 4612–Palpalá, Jujuy (Argentina). atesio@cidmeju.unju.edu.ar

³ Centro interdisciplinario de investigaciones en tecnologías y desarrollo social para el NOA (CIITED). Scalone. gustavo@gmail.com

⁴ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. CONICET-UNT. Av. Independencia 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. fmele@herrera.unt.edu.ar

ABSTRACT

The development of renewable energy sources requires the parallel design of sustainable energy storage systems, such as lithium-sulfur (Li-S) cells which are among the most promising technologies in this field. The use of biomass to produce cathodes for these batteries instead of other materials frequently used with this purpose would allow to reduce the environmental impacts, in addition to adding value to something normally considered as waste. The production by simple and non-activating pyrolysis of a carbon material using the abundant “after-boiling waste” (ABW) derived from beer brewing was reported recently. After adding a high sulfur loading (70%) to this biowaste-derived carbon, the sulfur-carbon composite thus obtained is used as an effective cathode in Li-S cells with excellent performance. It is worth to mention that Argentina has abundant lithium reserves, which could be the raw material for the production of batteries with important positive economic and social impacts for the region.

To assess the environmental sustainability of the production and performance of Li-S-type cells, Life Cycle Assessment (LCA) studies would be of great assistance. In this communication, we present the results obtained for the production stage of cells with a biowaste-derived carbon-sulfur cathode and a lithium metal anode, being the life cycle inventory based on our lab-scale synthesis of the sulfur-carbon composite and subsequent assembling of the cell. Lack of primary data has been supplied and adapted from datasets of the Ecoinvent 3 database and data reported in the literature. The impacts attributed to these steps are assessed using the ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.02 method implemented in SimaPro (SimaPro® v9.1) and applied to a gate-to-gate study on the Li-S cell without considering the environmental burden attributed to ABW, as it is a waste of other industrial activity. Data on life-length and usage conditions are lacking, and hence the total energy throughput and similar parameters are not accurately estimated yet. The production of 1 kg of Li-S cells (including the case) was defined as the functional unit, as it is the aim of the present study to provide the readers and stakeholders interested in the development of such novel energy storage systems with a real approach to the sustainability of these cells from an LCA perspective.

The environmental impact assessment shows that the battery obtained may be split into five sub-systems: Lithium anode, Coin cell case, C-S composite, Aluminium foil and Electrolyte, which contribute in different degrees to three environmental impact categories on which we focus our attention: global warming potential/

climate change (GWP), terrestrial ecotoxicity (TE) and fossil resource scarcity (FRS). Metallic components of the cell, i.e., lithium anode and aluminium foil to support the cathode, account for 40-50% of the negative impacts in GWP category, while those attributed to the stainless steel coin cell cases are up to 65% in TE category. With regard to FRS category, all analyzed sub-systems contribute up to 35% of the negative impacts. Energy consumption has been also assessed. The energy contributions attributed to manufacture the coin cell cases used to assemble the cells account for over 80%, being the production of the C-S composite the second most relevant energy depleting sub-system. From the results it is evident that it is the case of the Li-S cells rather than the remaining components the one which contributes in a major degree to the negative environmental impacts, and therefore the first turning point for attempting a more eco-friendly design.

Keywords: sustainable manufacturing, lithium-sulfur cells, biowaste-derived material.

RESUMEN

El desarrollo de fuentes renovables de energía requiere del diseño continuo y en simultáneo de sistemas sustentables de almacenamiento de energía, tales como las celdas de Li-S, una de las tecnologías más prometedoras en este campo. A su vez, el uso de biomasa residual para la producción de los cátodos de estas baterías, en lugar de otros materiales de uso corriente para tal fin, permitiría reducir los impactos ambientales al tiempo que se otorga valor agregado a un material que normalmente sería considerado como un residuo. Recientemente se ha reportado la producción de un material carbonoso mediante la pirólisis simple y sin activación del abundante "residuo post-cocción" (ABW) proveniente de la fabricación de cerveza. El agregado de una elevada carga de S (70%) lo transforma en un composite de C y S útil para la elaboración de cátodos de celdas de Li-S de gran eficiencia. En este punto merece la pena mencionar que Argentina posee abundantes reservas de litio, el que podría utilizarse como materia prima para la producción de pilas, con los consecuentes impactos económicos y sociales positivos para la región.

El Análisis de Ciclo de Vida (LCA) es una herramienta idónea para la evaluación de la sustentabilidad ambiental de la producción y funcionamiento de este tipo de celdas. Así, se presentan en este trabajo los resultados obtenidos para las etapas de producción de celdas de Li-S que poseen un cátodo formado por un *composite* de C, con agregado de S, obtenido a partir de biomasa residual proveniente de la elaboración de cerveza, y un ánodo de litio metálico. Los datos de inventario fueron obtenidos de la síntesis a escala laboratorio del *composite* C-S y el posterior ensamblado de la celda, en tanto que la falta de otros datos primarios fue suministrada y adaptada de aquellos provenientes de la base de datos Ecoinvent 3 y de los reportados en artículos en esta temática. Los impactos atribuidos a las distintas etapas fueron evaluados mediante el método ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.02 disponible en el programa SimaPro (SimaPro® v9.1) y se aplican a la producción de baterías de Li-S "de la puerta a la puerta", omitiendo la consideración de la carga ambiental proveniente del ABW, ya que se trata de un residuo de una actividad industrial previa. Dado que no se dispone de datos del tiempo de vida y de uso de la celda, los rendimientos energéticos y otros parámetros similares no pudieron estimarse con precisión al presente. Es así entonces que la unidad funcional es estableció como la producción de 1 kg de celdas de Li-S (incluyendo la cápsula contenedora), ya que el objetivo del presente estudio está más bien centrado en permitir al lector y a las partes interesadas en el desarrollo de tales sistemas de almacenamiento de energía contar con una aproximación fiable respecto de la sustentabilidad del producto obtenido desde la perspectiva del LCA.

Los resultados de la evaluación del impacto ambiental demuestran que cada celda obtenida puede desglosarse en cinco sub-sistemas: ánodo de Li, cápsula de ensamble, *composite* C-S, soporte de aluminio y electrolito, los que contribuyen en diferentes grados a tres categorías de impacto ambiental de nuestro interés: calentamiento global/cambio climático (GWP), ecotoxicidad terrestre (TE) y agotamiento de recursos fósiles (FRS). Los componentes metálicos de la celda, que son el ánodo de litio y la lámina de aluminio que da soporte al cátodo carbonoso, dan cuenta del 40-50% de los impactos negativos en la categoría GWP, mientras que aquellos que se atribuyen a las cápsulas de acero inoxidable utilizadas para el ensamble contribuyen con hasta un 65% en la categoría TE. Con respecto al impacto FRS, todos los sub-sistemas analizados contribuyen con hasta un 35% de los impactos negativos. En términos del consumo de energía para la elaboración de las celdas, más del 80% del gasto energético está involucrado en la manufactura de cápsulas contenedoras de las baterías, muy por delante de la que se requiere para la elaboración del *composite* C-S, que se ubica en segundo lugar entre las etapas de mayor demanda energética. De los resultados se hace evidente que son las cápsulas de acero inoxidable, más que los restantes componentes de la celda, las que contribuyen en mayor medida a los impactos ambientales negativos, por lo que serían un primer punto a modificar para obtener un diseño de celda más eco-amigable.

Palabras claves: producción sustentable, celdas de litio-azufre, derivados de biomasa residual.

RESUMO

O desenvolvimento de fontes renováveis de energia exige o projeto contínuo e simultâneo de sistemas sustentáveis de armazenamento de energia, como as células Li-S, uma das tecnologias mais promissoras neste campo. Por sua vez, a utilização de biomassa residual para a produção dos cátodos dessas baterias em vez de outros materiais de uso comum para esse fim permitiria reduzir os impactos ambientais ao mesmo tempo que agregaria valor a um material que normalmente seria considerado como um resíduo. Recentemente, foi relatada a produção de um material carbonáceo por pirólise simples e sem ativação do abundante “resíduo pós-cozimento” (ABW) da fabricação de cerveja. A adição de uma alta carga de S (70%) o transforma em um composto de C e S útil para a produção de cátodos de células Li-S altamente eficientes. Nesse ponto, vale ressaltar que a Argentina possui abundantes reservas de lítio, que poderiam ser utilizadas como matéria-prima para a produção de baterias, com consequentes impactos econômicos e sociais positivos na região.

Atualmente, a implementação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para a medir a sustentabilidade ambiental da produção e operação deste tipo de células seria muito útil. Este trabalho apresenta os resultados obtidos para as etapas de produção de células de Li-S que possuem um cátodo formado por um compósito C, com S adicionado, obtido da biomassa residual da produção de cerveja, e um ânodo de lítio metálico. Os dados do inventário baseiam-se naqueles obtidos na síntese em escala de laboratório do composto C-S e na montagem subsequente da célula, enquanto a falta de outros dados primários foi fornecida e adaptada de conjuntos de dados do banco de dados Ecoinvent 3 e aquelas relatadas em artigos sobre o assunto. Os impactos atribuídos às diferentes etapas foram avaliados utilizando o método ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.02 disponível no programa SimaPro (SimaPro® v9.1) e são aplicados à produção de baterias Li-S “porta a porta”, omitindo a consideração da carga ambiental do ABW, por se tratar de um resíduo de uma atividade industrial anterior. Uma vez que os dados de vida celular e tempo de uso não estão disponíveis, os rendimentos de energia e outros parâmetros semelhantes não podem ser estimados com precisão no momento. É então que a unidade funcional se estabelece como a produção de 1 kg de células Li-S, uma vez que o objetivo deste estudo está bastante focado em permitir ao leitor e interessados no desenvolvimento de tais sistemas de armazenamento de energia para chegar a uma aproximação precisa quanto à sustentabilidade do produto obtida na perspectiva da ACV.

Os resultados da avaliação de impacto mostram que cada célula obtida pode ser decomposta em cinco sub-sistemas: ânodo de Li, casco de montagem, compósito C-S, suporte de alumínio e eletrólito, que contribuem em diferentes graus para três categorias de impacto ambiental. de nosso interesse: aquecimento global / mudanças climáticas (GWP), ecotoxicidade terrestre (TE) e esgotamento de recursos fósseis (FRS). Os componentes metálicos da célula, que são o ânodo de lítio e a folha de alumínio que sustenta o cátodo carbonoso, respondem por 40-50% dos impactos negativos na categoria GWP, enquanto aqueles atribuídos às caixas o aço inoxidável usado para montagem contribui com até 65% na categoria TE. Em relação ao impacto do FRS, todos os subsistemas analisados contribuem com até 35% dos impactos negativos. Em termos de consumo de energia para a elaboração das células, mais de 80% do gasto energético está envolvido na fabricação dos elementos para a montagem das baterias, muito além do necessário para a elaboração do compósito C-S. que ocupa o segundo lugar entre os estágios com maior demanda de energia. A partir dos resultados, fica evidente que são as caixas utilizadas para a montagem, e não os outros componentes da célula, que mais contribuem para os impactos ambientais negativos, portanto, seriam o primeiro ponto a ser modificado para obter um projeto de célula mais ecológico.

Palavras chaves: manufatura sustentável, células de lítio-enxofre, material derivado de biomassa residual.

HUMAN FOOD AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

Bruna Gabriela Siqueira Souza Sudré ¹, Luciano Brito Rodrigues ^{1*}

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência dos Alimentos. Rodovia BR 415, km 03, s/n, Itapetinga- Bahia, Brasil. brunagabriellass@gmail.com, rodrigueslb@uesb.du.br

ABSTRACT

Given the growing demand of the world population for food, we are faced with the current production model, which has come to be considered responsible for environmental problems, such as the depletion of natural resources, soil contamination, and climate change. In this sense, sustainable food production has become a significant challenge instead of utopia. Different studies have emerged in the food sector allied to the environment, especially those that address the life cycle assessment (LCA) to identify the potential environmental impacts related to the product. Factors such as food choices and consumption patterns are the responsible reasons for food production. However, it can lead us to understand how much our food choices can imply environmental issues from an LCA perspective. Thus, the development of nutritionally viable diets with less potential to cause environmental impacts has come to be considered. This work evaluated the scientific basis regarding the environmental impact on human food, referring to environmentally sustainable food and diets. The literature search identified articles using the keywords 'food' or 'diet' associated with 'sustainability' or 'environmental impact' and 'LCA.' The articles were selected using the Scopus database, considering those written in the English language and containing data on food, environmental impact, and life cycle assessment. The choice of articles that met the inclusion criteria was based on information available in the articles' titles and abstracts, with no restrictions on date and geographic location. The review includes 15 peer-reviewed journal articles that address LCA as a methodology for assessing diet's environmental impact, considering that LCA can help choose more sustainable options. The studies that evaluated the consumption of red meat resulted in the fact that this food in the diet most contributes to greenhouse gases (GHG). However, it is emphasized that the GHGs differ in food since the diets can differ, both in composition and quantity. The urgency to reduce GHGs volume generated by the food sector resulted in studies that concluded that changes in the human diet could significantly reduce GHG emissions. Studies on different diets such as Mediterranean and vegetarian suggest that reducing or even excluding red meat and processed foods and including more plant-based foods are potential ways to achieve environmental sustainability. Other studies suggest that a vegetarian diet based on non-organic foods can be just as harmful to the environment as red meat consumption. Changes in food, improvement in production techniques, and loss reduction in the food chain can be beneficial strategies and help decrease environmental impact. Although several studies bring up the theme and importance of human food associated with the environmental impact, this is still a challenging topic, with numerous limitations regarding the diets. Therefore, such complexity requires studies in the area covering the importance of nutrition combined with environmental objectives.

Keywords: LCA, Food, Environmental Impacts, Diet.

PANORAMA DA ROTULAGEM AMBIENTAL DO CAFÉ BRASILEIRO

PANORAMA DE ETIQUETADO AMBIENTAL DEL CAFÉ BRASILEÑO

OVERVIEW OF BRAZILIAN COFFEE ECOLABELLING

Thiago Rodrigues ¹*, André Appel ¹, Layra Dias ¹, Adriana Oliveira ¹, Cayan Dantas ¹, Juliana Gerhardt ¹, Luane Araújo ¹, Marcel Souza ¹

¹ Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). thiagorodrigues@ibict.br, andreappel@ibict.br, layradias@ibict.br, adrianaoliveira@ibict.br, cayandantas@ibict.br, julianagerhardt@ibict.br, luanearaujo@ibict.br, marcelsoouza@ibict.br

RESUMO

O Brasil é reconhecido internacionalmente pela pujança do seu agronegócio, sendo considerado como o celeiro do mundo. O país é o principal exportador das maiores commodities agropecuárias como soja, açúcar, laranja, milho, algodão e café. Algumas dessas são produzidas no país há algumas centenas de anos e se estabeleceram como verdadeiras marcas nacionais em todo o planeta. Este é o caso do café, planta de origem africana (Etiópia), trazida ao Brasil no século XVIII e do qual hoje o país é o maior exportador. O café está entre as cinco maiores culturas agrícolas em termos de arrecadação, contribuindo com mais de R\$ 30 bilhões em 2020. Os relatos históricos apontam que o café foi primeiramente plantado no estado do Pará, na região norte do país, mas ao longo dos anos a cultura se consolidou na região sudeste, principalmente em zonas específicas dos estados de São Paulo e Minas Gerais. As condições edafoclimáticas nessa região são mais adequadas à planta, além de questões culturais e econômicas que tornaram esses dois estados os maiores produtores nacionais de café. O café brasileiro é referência de qualidade e sabor, além de ser o maior exportador de cafés especiais. Para ter esse atributo, além de questões técnicas relativas à qualidade, os cafés também devem atender critérios socioambientais ao longo de sua cadeia produtiva. Trata-se de um nicho de mercado muito restrito e rigoroso, portanto, os cafeicultores devem comprovar o atendimento aos critérios por meio de sistemas de certificação, conhecidos como selos ecológicos ou rótulos ambientais. Estes sistemas definem requisitos obrigatórios que os plantios de café devem atender e remetem a práticas mais sustentáveis, que geram menos impactos ambientais e mais respeito às relações sociais. Os rótulos ambientais são normalizados pela série ISO 14020, sendo a 14024 (rótulo tipo I) e a 14025 (rótulo tipo III) as mais confiáveis por serem emitidas por firmas certificadoras sem conflito de interesse e que consideram o ciclo de vida do produto. A rotulagem ambiental do café implica em expressiva agregação de valor que cobre os custos da certificação, além de ser quase que uma exigência no mercado internacional. Embora o país seja o mais importante ator tanto no mercado de café tradicional quanto no de cafés especiais, nem todo café brasileiro aplica práticas sustentáveis em seus processos, por isso não conseguem ser elegíveis aos rótulos ambientais. Assim, é importante conhecer as vantagens ambientais da rotulagem para que o cafeicultor possa decidir com mais clareza sobre a relação custo/benefício em mudar seus processos agrícolas para atender aos requisitos de uma certificação. Portanto, o propósito dessa pesquisa é analisar o panorama da rotulagem ambiental do café brasileiro, de maneira a compreender o quanto essa certificação contribui para mitigação de impactos ambientais dessa cultura.

A pesquisa é realizada em três fases. A primeira é dedicada à análise da produção cafeeira brasileira por meio do levantamento das áreas produtoras, a produção e a produtividade, os principais processos agrícolas e a identificação dos pontos críticos referentes aos processos e seus fluxos mais representativos em termos de massa, volume e relevância ambiental. A fase seguinte se dedica à classificação sistemática dos principais tipos de rótulos ambientais (tipo I e III) existentes e sua aplicação no setor cafeeiro brasileiro. A partir da análise dos critérios e requisitos dos rótulos e o grau de utilização no contexto nacional, um deles será selecionado para uma análise de cenários de sua aplicação. Tal análise consiste em estimar o potencial de redução de impactos ambientais caso a aplicação do rótulo se estendesse a mais regiões e fazendas do país, além das regiões com cafés já rotulados.

Os resultados esperados nessa pesquisa devem explicitar o quanto a rotulagem ambiental contribui para um melhor desempenho ambiental do café brasileiro, quais são as regiões mais atuantes e quais carecem de maior atenção em programas de incentivo à rotulagem. Resultados mais específicos deverão indicar diferenças entre os tipos de rótulos (I e III), quais são as categorias de impacto mais expressivas para o setor e quais são as práticas sustentáveis mais indicadas para mitigação desses impactos.

Palavras-chave: Rotulagem ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida, Inventários do Ciclo de Vida, café brasileiro.

RESUMEN

Brasil es reconocido internacionalmente por la fuerza de su agroindustria, siendo considerado el granero del mundo. El país es el principal exportador de los principales productos agrícolas como soja, azúcar, naranja, maíz, algodón y café. Algunos de estos se han producido en el país durante cientos de años y se han establecido como verdaderas marcas nacionales en todo el planeta. Es el caso del café, una planta de origen africano (Etiopía), traída a Brasil en el siglo XVIII y hoy el país es el mayor exportador. El café se encuentra entre los cinco cultivos agrícolas más importantes en términos de ingresos, aportando más de R \$ 30 mil millones en 2020. Reportes históricos indican que el café se plantó primero en el estado de Pará, en la región norte del país, pero en el años la cultura se consolidó en la región sureste, principalmente en áreas específicas de los estados de São Paulo y Minas Gerais. Las condiciones edafoclimáticas de esta región se adaptan mejor a la planta, además de las cuestiones culturales y económicas que han convertido a estos dos estados en los mayores productores nacionales de café. El café brasileño es un referente en calidad y sabor, además de ser el mayor exportador de cafés especiales. Para tener este atributo, además de los aspectos técnicos relacionados con la calidad, los cafés también deben cumplir con criterios socioambientales en toda su cadena de producción. Es un nicho de mercado muy estrecho y estricto, por lo que los cafetaleros deben acreditar el cumplimiento de los criterios mediante sistemas de certificación, conocidos como sellos ecológicos o etiquetas ambientales. Estos sistemas definen requisitos obligatorios que deben cumplir los cafetales y hacen referencia a prácticas más sostenibles, que generan menos impactos ambientales y más respeto por las relaciones sociales. Las etiquetas ambientales están estandarizadas por la serie ISO 14020, siendo 14024 (etiqueta tipo I) y 14025 (etiqueta tipo III) las más confiables ya que son emitidas por empresas de certificación sin conflicto de intereses y que consideran el ciclo de vida del producto. El etiquetado ambiental del café implica un importante valor agregado que cubre los costos de certificación, además de ser casi un requisito en el mercado internacional. Si bien el país es el actor más importante tanto en el mercado de café tradicional como en el de especialidad, no todo el café brasileño aplica prácticas sostenibles en sus procesos, por lo que no puede ser elegible para etiquetas ambientales. Por lo tanto, es importante conocer las ventajas ambientales del etiquetado para que el cafetero pueda decidir con mayor claridad la relación costo / beneficio al cambiar sus procesos agrícolas para cumplir con los requisitos de una certificación. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es analizar el panorama del etiquetado ambiental del café brasileño, a fin de comprender en qué medida esta certificación contribuye a mitigar los impactos ambientales de esta cultura.

La investigación se lleva a cabo en tres fases. El primero está dedicado al análisis de la producción cafetera brasileña mediante el relevamiento de las áreas de producción, producción y productividad, los principales procesos agrícolas y la identificación de los puntos críticos respecto a los procesos y sus flujos más representativos en términos de masa, volumen y relevancia ambiental. La siguiente fase está dedicada a la clasificación sistemática de los principales tipos de etiquetas ambientales (tipos I y III) existentes y su aplicación en el sector cafetero brasileño. A partir del análisis de los criterios y requisitos de las etiquetas y el grado de uso en el contexto nacional, se seleccionará uno de ellos para un análisis de escenarios de su aplicación. Dicho análisis consiste en estimar el potencial de reducción de impactos ambientales si la aplicación de la etiqueta se extendiera a más regiones y fincas del país, además de regiones con cafés ya etiquetados.

Los resultados esperados en esta investigación deberían explicar en qué medida el etiquetado ambiental contribuye a un mejor desempeño ambiental del café brasileño, qué regiones son más activas y cuáles necesitan más atención en los programas de incentivos de etiquetado. Los resultados más específicos deben indicar diferencias entre los tipos de etiquetas (I y III), que son las categorías de impacto más significativas para el sector y cuáles son las prácticas sostenibles más adecuadas para mitigar estos impactos.

Palabras clave: Ecoetiquetado, Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Inventario del Ciclo de Vida, café brasileño.

ABSTRACT

Brazil is internationally recognized for the strength of its agribusiness, being considered the farm of the world. The country is the main exporter of the largest agricultural commodities such as soy, sugar, orange, corn, cotton and coffee. Some of these have been produced in the country for hundreds of years and have established themselves as true national brands across the planet. This is the case of coffee, a plant of African origin (Ethiopia), brought to Brazil in the 18th century and today the country is the largest exporter. Coffee is among the five largest agricultural crops in terms of revenue, contributing over R\$ 30 billion in 2020. Historical reports indicate that coffee was first planted in the state of Pará, in the northern region of the country, but over the years the culture was consolidated in the southeast region, mainly in the states of São Paulo and Minas Gerais. The edaphoclimatic conditions in this region are better suited to the plant, in addition to cultural and economic issues that have made these two states the largest national coffee producers. Brazilian coffee is a benchmark for

quality and flavor, in addition to being the largest exporter of specialty coffees. To have this attribute, in addition to technical issues related to quality, coffees must also meet socio-environmental criteria throughout their production chain. It is a very narrow and strict market niche, therefore, coffee growers must prove compliance with the criteria through certification systems, known as ecological seals or environmental labels. These systems define mandatory requirements that coffee plantations must meet and refer to more sustainable practices, which generate less environmental impacts and more respect for social relations. Ecolabels are standardized by the ISO 14020 series, with 14024 (type I label) and 14025 (type III label) being the most reliable since they are issued by certification firms without conflict of interest and which consider the product life cycle. The ecolabelling of coffee implies a significant added value that covers the costs of certification, in addition to being almost a requirement in the international market. Although the country is the most important player in both the traditional and specialty coffee markets, not all Brazilian coffee applies sustainable practices in its processes, which is why they are unable to be eligible for environmental labels. Thus, it is important to know the environmental advantages of labelling so that the coffee grower can decide more clearly on the cost / benefit ratio in changing his agricultural processes to meet the requirements of a certification. Therefore, the purpose of this research is to analyze the panorama of the ecolabelling of Brazilian coffee, in order to understand how much this certification contributes to mitigate the environmental impacts of this culture.

The research is carried out in three phases. The first is dedicated to the analysis of Brazilian coffee production by surveying the production areas, production and productivity, the main agricultural processes and the identification of the critical points regarding the processes and their most representative flows in terms of mass, volume and environmental relevance. The next phase is dedicated to the systematic classification of the main types of ecolabels (types I and III) and their application in the Brazilian coffee sector. From the analysis of the criteria and requirements of the labels and the degree of use in the national context, one of them will be selected for an scenario analysis of its application. Such an analysis consists of estimating the potential for reducing environmental impacts if the application of the label extends to more regions and farms in the country, in addition to regions with already labeled coffees.

The results expected in this research should explain how much the ecolabelling contributes to a better environmental performance of Brazilian coffee, which regions are more active and which need more attention in labelling incentive programs. More specific results should indicate differences between the types of labels (I and III), which are the most significant impact categories for the sector and which are the most suitable sustainable practices to mitigate these impacts.

Keywords: Ecolabelling, Life Cycle Assessment, Life Cycle Inventory, brazilian coffee.

IMPACTOS AMBIENTAIS DO LEITE DE CABRA

Naiane Talita dos Santos Damasceno ¹, Luciano Brito Rodrigues ^{1*}

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Alimentos. Alimentos. Rodovia BR 415, km 03, s/n, Itapetinga- Bahia, Brasil., Itapetinga- Bahia, Brasil. naianetalita25@hotmail.com, rodrigueslb@uesb.edu.br

RESUMO

A caprino-ovinocultura é uma atividade econômica que vem sendo desempenhada em todos os continentes, principalmente em regiões de clima árido e semiárido. Os caprinos, por sua vez, têm como vantagem sobre os ovinos sua adaptação às regiões semi-áridas, com predominância da vegetação de caatinga arbustiva e arbórea. O Brasil vem se destacando na produção de caprinos no continente sul-americano, com destaque para a produção de carne e leite. Na região nordeste brasileira está localizada cerca de 90% do rebanho caprino nacional, sendo, portanto, uma atividade relevante para a região. Contudo, como toda atividade antrópica, tanto a pecuária caprina como a produção de carne, o processamento de leite e a fabricação de produtos lácteos provocam impactos ambientais, tanto positivos como negativos. Dessa forma, se faz necessário a utilização de métodos confiáveis para mensuração de impactos, como é o caso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Este trabalho avaliou a base científica em relação aos impactos ambientais ocasionados pelo sistema de produção de leite de cabra e a fabricação de seus derivados. Foi realizada uma pesquisa na literatura com a finalidade de encontrar estudos que aplicaram a ACV no setor em questão. Foram utilizadas as palavras-chave na língua inglesa: 'goat', 'milk', 'food', 'environmental', 'impacts' and 'life cycle assessment', na base de dados da Scopus, em agosto de 2020. Não houve delimitação no ano de publicação, bem como o país de origem. A revisão retomou quatro artigos de periódicos que tratam de impactos ambientais no sistema de produção de cabra e/ou de leite de cabra. Um estudo abordou a ACV na produção de leite e queijo de cabra relatando que as categorias de impactos, mudanças climáticas, ecotoxicidade de água doce e o uso do solo, foram as que predominaram no estágio de produção de leite. Com tal característica, o ciclo de vida do queijo de cabra teve contribuições significativas no estágio da produção de leite. Entretanto, foi proposto uma análise de cenário, que permitiu comparar os impactos ambientais para o estágio que mais contribuiu negativamente, a produção de leite, o qual é afetado pela alimentação animal. No cenário de comparação, a soja foi substituída parcialmente por um concentrado animal, na qual houve redução de algumas categorias de impactos e aumento em outras categorias. Outro estudo analisou a criação extensiva de cabras leiteiras e avaliou o impacto ambiental por meio da ACV. Os resultados mostram, que o leite de cabra apresenta maior impacto em relação a outras produções de sistema de leite, a exemplo do gado leiteiro. Isso é devido ao seu menor nível de produção de leite, bem como pelo sistema de criação, que se difere do bovino, o que resulta em maior impacto ambiental, principalmente na categoria mudanças climáticas. No terceiro estudo, a produção de leite de cabra foi avaliada ambientalmente pelo método da Pegada de Carbono comparando os sistemas de criação extensivo e intensivo. Logo, as emissões de metano da fermentação entérica foram os maiores contribuintes para a pegada de carbono para todas as fazendas analisadas. Sendo que o sistema de criação de cabras intensiva apresentou uma pegada de carbono significativamente maior que o sistema extensivo. E por fim, o último estudo verificou os impactos ambientais na criação de pequenos ruminantes, nesse caso, as cabras, analisando a pegada de carbono, a pegada hídrica azul e a sustentabilidade socioeconômica. Os resultados mostram que nos últimos 20 anos houve redução nas emissões de metano, gás nitroso e no consumo de água, confirmando que o sistema de criação de cabras é mais eficiente quando comparado ao sistema bovino, já que aquelas emitem menos metano. Embora muitos artigos apresentem estudos de ACV em vários tipos de sistemas agropecuários, a produção caprina, em especial a produção de leite e seus derivados, ainda é pouco estudada. Isso mostra a importância de novos estudos de ACV relacionados ao tema, de modo a trazer contribuições para o setor e a literatura científica.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida, leite caprino, nordeste brasileiro.

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA AMAZÔNIA LEGAL: ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE LEGAL AMAZON: ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IMPACTS

GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA AMAZONÍA LEGAL: ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Juliana Gerhardt ^{1*}, Thiago Rodrigues ¹, Adriana Oliveira ¹, Luane Araújo ¹, André Appel ¹, Marcel Garcia de Souza ¹

¹ Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – Ibict - SAUS Quadra 5 - Lote 6, Bloco H, Brasília, Brasil. julianagerhardt@ibict.br, thiagorodrigues@ibict.br, adrianaoliveira@ibict.br, luanearaujo@ibict.br, andreappel@ibict.br, marcelsoouza@ibict.br

RESUMO

O Brasil hoje possui uma população que ultrapassa os 212 milhões de habitantes distribuídos em dimensões continentais. Aliado a isso, o crescimento populacional e urbano tem trazido diversas dificuldades ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na maioria das cidades brasileiras. O aumento da geração de resíduos, as dificuldades estruturais atribuídas à coleta, tratamento e destinação, e a falta de uma gestão municipal que funcione de forma integrada, afetam a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento de um meio ambiente saudável.

Os dados oficiais brasileiros sobre resíduos sólidos são retratados na perspectiva das cinco regiões brasileiras, ou seja, não existem dados consolidados sobre a situação específica da Amazônia Legal, composta por nove estados, que abarcam três (Norte, Nordeste e Centro-Oeste) das cinco regiões brasileiras existentes. Portanto, um olhar mais próximo aos dados da região é de grande necessidade.

Sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na Amazônia Legal, dados de 2018 apontam que cerca de 24%, 27% e 29% dos resíduos domiciliares e resíduos públicos da região Norte, Nordeste e Centro-Oeste respectivamente, são destinados aos lixões. Somam-se a isso as dificuldades logísticas relacionadas ao tamanho dos municípios, a baixa densidade populacional e as grandes distâncias até as indústrias recicladoras que geralmente estão na região Sudeste.

Frente a esta situação, e sabendo que a inadequada gestão de resíduos contribui para o esgotamento dos recursos naturais, para a poluição dos ecossistemas e causa diversos malefícios à saúde humana, é de suma importância analisar o gerenciamento de resíduos sólidos na Amazônia Legal, a partir de uma perspectiva mais sustentável e focada nos aspectos de fim de vida. Por isso, o objetivo deste trabalho é analisar o perfil ambiental dos serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos na Amazônia Legal, sob a perspectiva do ciclo de vida, por meio da identificação dos aspectos e impactos ambientais afetados por eles.

Para o desenvolvimento do trabalho foi enviado um questionário auto declaratório aos 772 municípios da Amazônia Legal, solicitando informações a respeito do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Após o retorno dos questionários respondidos, será definida uma amostra para análise dos dados. As questões solicitadas envolvem categorias como a coleta, disposição e tratamento de resíduos domiciliares, resíduos públicos e resíduos secos da coleta seletiva. Na sequência, pretende-se elaborar uma matriz de análise com os dados agregados do levantamento, a fim de analisar aspectos e impactos do cenário atual e de possíveis cenários alternativos.

Dentre os resultados esperados da pesquisa, pretende-se indicar os gargalos ambientais do gerenciamento de resíduos sólidos sob uma perspectiva do ciclo de vida desses serviços. Assim, a pesquisa proporcionará informações que possam amparar soluções customizadas ao contexto amazônico, e deverá indicar quais cenários poderão ser apontados como novas possibilidades de gerenciamento de resíduos, no que tange a causar menores impactos ambientais na região.

As respostas aos questionários apoiarão a análise de quais são os materiais mais críticos para cada tipo de serviço de gerenciamento, a quais categorias de impacto eles se relacionam (direta e indiretamente) e quais são as medidas mitigadoras possíveis e adequadas às realidades amazônicas.

Palavras-chave: Gerenciamento, Resíduos sólidos urbanos, Amazônia Legal (Brasil).

ABSTRACT

Brazil today has a population that exceeds 212 million inhabitants distributed in continental dimensions. Allied to this, population and urban growth has brought several difficulties to the management of urban solid waste in most Brazilian cities. The increase in waste generation, the structural difficulties attributed to collection, treatment and disposal, and the lack of municipal management that works in an integrated manner, affect people's quality of life and the development of a healthy environment.

The official Brazilian data on solid waste are portrayed from the perspective of the five Brazilian regions, that is, there are no consolidated data on the specific situation of the Legal Amazon, made up of nine states, covering three (North, Northeast and Midwest) of the five existing Brazilian regions. Therefore, a closer look at the region's data is of great need.

Regarding the management of urban solid waste in the Legal Amazon, data from 2018 show that around 24%, 27% and 29% of household waste and public waste in the North, Northeast and Midwest regions, respectively, are sent to landfills. Added to this are the logistical difficulties related to the size of the municipalities, the low population density and the great distances to the recycling industries that are usually in the Southeast region.

Faced with this situation, and knowing that the inadequate waste management contributes to the depletion of natural resources, to the pollution of ecosystems and causes several harms to human health, it is extremely important to analyze the management of solid waste in the Legal Amazon, from a more sustainable perspective and focused on end-of-life aspects. Therefore, the objective of this work is to analyze the environmental profile of solid waste management services in the Legal Amazon, from the perspective of the life cycle, by identifying the environmental aspects and impacts affected by them.

For the development of the work, a self-declared questionnaire was sent to the 772 municipalities of the Legal Amazon, requesting information regarding the management of urban solid waste. After returning the completed questionnaires, a sample will be defined for data analysis. The questions asked involve categories such as the collection, disposal and treatment of household waste, public waste and dry waste from selective collection. Then, it is intended to elaborate an analysis matrix with the aggregated data of the survey, in order to analyze aspects and impacts of the current scenario and possible alternative scenarios.

Among the expected results of the research, it is intended to indicate the environmental bottlenecks of solid waste management from a perspective of the life cycle of these services. Thus, the research will provide information that can support customized solutions to the Amazonian context, and should indicate which scenarios can be pointed out as new possibilities for waste management, in terms of causing less environmental impacts in the region.

The responses to the questionnaires will support the analysis of what are the most critical materials for each type of management service, which categories of impact they relate to (directly and indirectly) and what are the mitigating measures possible and appropriate to the Amazonian realities.

Keywords: Management, Solid waste, Legal Amazon (Brazil).

RESUMEN

Brasil tiene hoy una población que supera los 212 millones de habitantes distribuidos en dimensiones continentales. Junto a esto, el crecimiento poblacional y urbano ha traído varias dificultades a la gestión de residuos sólidos urbanos en la mayoría de las ciudades brasileñas. El aumento de la generación de residuos, las dificultades estructurales atribuidas a la recolección, tratamiento y disposición, y la falta de una gestión municipal que funcione de manera integrada, afectan la calidad de vida de las personas y el desarrollo de un medio ambiente saludable.

Los datos oficiales brasileños sobre residuos sólidos se retratan desde la perspectiva de las cinco regiones brasileñas, es decir, no existen datos consolidados sobre la situación específica de la Amazonía Legal, conformada por nueve estados, que cubren tres (Norte, Nordeste y Medio Oeste) de los cinco regiones brasileñas existentes. Por lo tanto, es muy necesario observar más de cerca los datos de la región.

En cuanto a la gestión de residuos sólidos urbanos en la Amazonía Legal, los datos de 2018 muestran que alrededor del 24%, 27% y 29% de los residuos domésticos y públicos de las regiones Norte, Nordeste y Medio Oeste, respectivamente, se envían a rellenos sanitarios. A esto se suman las dificultades logísticas relacionadas con el tamaño de los municipios, la baja densidad poblacional y las grandes distancias a las industrias de reciclaje que suelen estar en la región Sudeste.

Ante esta situación, y sabiendo que la gestión inadecuada de residuos contribuye al agotamiento de los recursos naturales, a la contaminación de los ecosistemas y ocasiona varios daños a la salud humana, es de suma impor-

tancia analizar el manejo de los residuos sólidos en la Amazonía Legal, desde desde una perspectiva más sostenible y centrada en aspectos relacionados con el final de la vida. Por tanto, el objetivo de este trabajo es analizar el perfil ambiental de los servicios de gestión de residuos sólidos en la Amazonía Legal, desde la perspectiva del ciclo de vida, mediante la identificación de los aspectos e impactos ambientales afectados por los mismos.

Para el desarrollo del trabajo, se envió un cuestionario autodeclarado a los 772 municipios de la Amazonía Legal, solicitando información sobre el manejo de residuos sólidos urbanos. Después de devolver los cuestionarios completados, se definirá una muestra para el análisis de datos. Las preguntas planteadas abarcan categorías como la recogida, eliminación y tratamiento de residuos domésticos, residuos públicos y residuos secos de recogida selectiva. Luego, se pretende elaborar una matriz de análisis con los datos agregados de la encuesta, con el fin de analizar aspectos e impactos del escenario actual y posibles escenarios alternativos.

Entre los resultados esperados de la investigación, se pretende señalar los cuellos de botella ambientales de la gestión de residuos sólidos desde una perspectiva del ciclo de vida de estos servicios. Así, la investigación brindará información que pueda sustentar soluciones personalizadas al contexto amazónico, y deberá indicar qué escenarios se pueden señalar como nuevas posibilidades para la gestión de residuos, en términos de causar menores impactos ambientales en la región.

Las respuestas a los cuestionarios apoyarán el análisis de cuáles son los materiales más críticos para cada tipo de servicio de gestión, con qué categorías de impacto se relacionan (directa e indirectamente) y cuáles son las medidas mitigadoras posibles y adecuadas a las realidades amazónicas.

Palabras-clave: Administración, Residuos sólidos urbanos, Amazonia legal (Brasil).

INNOVATION THROUGH DESIGN OF MORE SUSTAINABLE SYSTEMS: LCA AND THE USE OF TRIZ

Wladimir Motta ¹, Sérgio Fandiño ²

CEFET-RJ, Production Engineering Department / BRAZIL. eccoa.pesquisas@gmail.com

UEZO, Production Engineering Department / BRAZIL. baltar@camelos.com.br

ABSTRACT

Ecological crisis is directly related to climate change, depletion of natural resources, high generation of environmental impacts and so on. A review in industrial practices and design of more sustainable systems are necessary conditions to confront this crisis, considering this fact, some proposals have emerged, including the life cycle assessment (LCA). It encompasses the entire production chain: the extraction of natural resources, transport, production process, consumption and disposal of products (waste), measuring each phase of a production chain, providing opportunities to identify critical points for environmental innovations. Considering this innovation generation, philosophies such as the inventive problem solving theory (TRIZ) have gained relevance by allowing their users to access methods that allow them to solve difficult technical problems, in a structured way and with creative solutions. TRIZ is defined as being a systematic methodology, oriented to the human being, based on knowledge for the solution of inventive problems, these functions are identified through the analysis of the problem itself and socio-economic circumstances. As a systematic thinking tool, TRIZ provides 39 engineering parameters and 40 inventive solutions, that can help to improve "systems" in an innovative way, being a powerful tool to solve inventive problems. The discussions underline the need of integrating these two axes of the literature, considering the huge potential to provide new means to tackle the ecological crisis. This study is a bibliographic research. To summarize: (i) LCA allows to find critical points in the product life cycle; (ii) TRIZ methodology can help points out the type of change to be developed to improve a product in the critical points. (iii) this interrelationship between LCA and TRIZ should promote better opportunities facing the ecological crisis.

Keywords: circular economy, reverse logistics, product life cycle, ecological crisis, waste.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DAS FIBRAS TÊXTEIS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF TEXTILE FIBERS: A LITERATURE REVIEW

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS FIBRAS TEXTILES: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Juliana Picoli ^{1,*}, Thais Camolesi ²

¹Fundação Getúlio Vargas, Centro de Estudos em Sustentabilidade, Av. 9 de Julho, 2029 - 11º andar - São Paulo - SP - Brasil. juliana.picoli@fgv.br

²Maynooth University, Mariavilla, Maynooth, Co. Kildare, Irlanda. thacamolesi@gmail.com

RESUMO

Impulsionada pelo aumento populacional e pela chamada *Fast-Fashion*, a produção de fibras têxteis mais do que dobrou nos últimos 20 anos. No Brasil, anualmente são confeccionadas 8,9 bilhões de peças, o equivalente, em média, a 42,5 peças/hab/ano. Atender a demanda por matéria-prima e mão de obra de toda essa cadeia de valor da moda acarreta uma sucessão de impactos socioambientais. Por outro lado, o aumento da conscientização e preocupação com a produção e o consumo insustentáveis somado com as metas impostas pelas mudanças climáticas, vêm exigindo uma transformação da indústria têxtil rumo a sistemas de produção e consumo menos impactantes. A existência de métricas que originam indicadores-chave de desempenho é essencial para que as empresas estabeleçam metas de sustentabilidade corporativa. Nesse sentido, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem sido a ferramenta dominante para estimar os impactos ambientais de produtos. Com um olhar sistêmico para toda a cadeia de valor, a ACV contribui para que decisões baseadas em dados científicos sejam tomadas, ações sejam implementadas e resultados sejam acompanhados. Este artigo apresenta uma revisão da literatura de estudos de ACV das três fibras mais utilizadas na indústria têxtil: o poliéster, o algodão e a viscose. O artigo fornece o estado da arte atual e aponta áreas para futuras pesquisas no setor têxtil. O método utilizado para a revisão da literatura compreendeu as seguintes etapas: Identificação do tema de pesquisa; Definição dos critérios de busca e seleção dos artigos; Avaliação e sistematização dos estudos; e Análise e interpretação dos resultados. Foram revisados 31 estudos, dos quais 26% são estudos brasileiros e 74% estudos internacionais. O algodão é a fibra mais estudada (31 estudos), seguida pelo poliéster (11 estudos) e viscose (11 estudos). As categorias de impacto mais avaliadas são: mudanças climáticas, consumo de água e uso de energia. Em termos de contornos metodológicos, os autores em sua maioria consideram o escopo do “berço ao portão” e poucos consideram os impactos do uso pelo consumidor. As publicações revisadas fornecem uma visão geral dos impactos ambientais ao longo da cadeia de valor e permitem identificar os pontos críticos de cada um dos produtos analisados. A revisão, no entanto, expõe a grande variação de resultados observada entre diferentes estudos. As diferenças de resultados de determinada fibra são, em alguns casos, maiores do que as diferenças entre os tipos de fibra. Por exemplo, a diferença no impacto de mudanças climáticas entre o valor máximo e o valor mínimo relatado para a fibra de algodão é maior do que a diferença média desse impacto entre o algodão e o poliéster. Há também uma ausência de padrão metodológico e lacunas em algumas áreas do conhecimento, o que dificulta uma comparação consistente dos dados e do perfil ambiental entre as fibras. Por fim, os resultados desta revisão de literatura contribuem para a identificação dos pontos críticos e das principais oportunidades de redução dos impactos ambientais nessa cadeia, fomentando melhores práticas e ações conjuntas entre os diversos atores do setor têxtil.

Palavras-chave: Impacto ambiental, Indústria têxtil, Moda sustentável, Algodão, Poliéster, Viscose.

ABSTRACT

Driven by population growth and Fast-Fashion, the production of textile fibers has more than doubled in the last 20 years. In Brazil, 8.9 billion pieces are made annually, equivalent, on average, to 42.5 pieces/hab/year. Meeting the demand for raw materials and labor in this entire fashion value chain leads to a succession of socio-environmental impacts. On the other hand, the increase in awareness and concern about unsustainable production and consumption coupled with the goals imposed by climate change, have been demanding a transformation

of the textile industry towards more sustainable production and consumption systems. The existence of metrics that give rise to key performance indicators is essential for companies to establish corporate sustainability goals. In this sense, Life Cycle Assessment (LCA) has been the dominant tool for estimating the environmental impacts of products. With a systemic view at the entire value chain, LCA contributes so that decisions based on scientific data are made, actions are implemented, and results are monitored. This article presents a literature review of LCA studies of the three most used fibers in the textile industry: polyester, cotton, and viscose. The article provides the current state of the art and points out areas for future research in the textile sector. The method used for the literature review comprised the following steps: Identification of the research topic; Definition of search criteria and selection of articles; Evaluation and systematization of studies; and Analysis and interpretation of results. 31 studies were reviewed, of which 26% are Brazilian studies and 74% international studies. Cotton is the most studied fiber (31 studies), followed by polyester (11 studies) and viscose (11 studies). The most assessed impact categories are climate change, water consumption and energy use. In terms of system boundaries, most authors consider the scope of the “cradle to gate” and few consider the impacts of use by the consumer. The revised publications provide an overview of the environmental impacts along the value chain and allow to identify the hotspots of the analyzed products. The review, however, exposes the wide variation in results observed between different studies. The differences in the results of a given fiber are, in some cases, greater than the differences between the types of fiber. For example, the difference in the impact of climate change between the maximum and the minimum reported value for cotton fiber is greater than the average difference in this impact between cotton and polyester. There is also an absence of methodological standard and gaps in some areas of knowledge, which makes it difficult to consistently compare data and the environmental profile between fibers. Finally, the results of this literature review contribute to the identification of hotspots and the main opportunities for reducing environmental impacts in this chain, fostering best practices and joint actions among the various players in the textile sector.

Keywords: Environmental impact, Textile industry, Sustainable fashion, Cotton, Polyester, Viscose.

RESUMEN

Impulsada por el crecimiento de la población y la llamada *Fast-Fashion*, la producción de fibras textiles se ha más que duplicado en los últimos 20 años. En Brasil se fabrican anualmente 8,9 mil millones de piezas, lo que equivale, en promedio, a 42,5 piezas/hab/año. Satisfacer la demanda de materias primas y mano de obra en toda esta cadena de valor de la moda conduce a una sucesión de impactos socioambientales. Por otro lado, el aumento de la conciencia y la preocupación por la producción y el consumo insostenibles unido a las metas que impone el cambio climático, han exigiendo una transformación de la industria textil hacia sistemas de producción y consumo menos impactantes. La existencia de métricas que den lugar a indicadores clave de desempeño es fundamental para que las empresas establezcan metas corporativas de sustentabilidad. En este sentido, la Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ha sido la herramienta dominante para estimar los impactos ambientales de los productos. Con una visión sistémica a toda la cadena de valor, la ACV contribuye para que se tomen decisiones basadas en datos científicos, se implementen acciones y se monitoreen los resultados. Este artículo presenta una revisión de la literatura de estudios de ACV de las tres fibras más utilizadas en la industria textil: poliéster, algodón y viscosa. El artículo proporciona el estado actual de la literatura y señala áreas de investigación futura en el sector textil. El método utilizado para la revisión de la literatura comprendió los siguientes pasos: Identificación del tema de investigación; Definición de criterios de búsqueda y selección de artículos; Evaluación y sistematización de estudios; y Análisis e interpretación de resultados. Se revisaron 31 estudios, de los cuales el 26% son estudios brasileños y el 74% estudios internacionales. El algodón es la fibra más estudiada (31 estudios), seguida del poliéster (11 estudios) y la viscosa (11 estudios). Las categorías de impacto más evaluadas son: cambio climático, consumo de agua y uso de energía. En términos de contornos metodológicos, la mayoría de los autores consideran el alcance “de la cuna a la puerta” y pocos consideran los impactos del uso por parte del consumidor. Las publicaciones revisadas brindan una visión general de los impactos ambientales a lo largo de la cadena de suministro y permiten identificar los puntos críticos de cada uno de los productos analizados. La revisión, sin embargo, expone la amplia variación en los resultados observados entre los diferentes estudios. Las diferencias en los resultados de una fibra determinada son, en algunos casos, mayores que las diferencias entre los tipos de fibra. Por ejemplo, la diferencia en el impacto del cambio climático entre el valor máximo y mínimo informado para la fibra de algodón es mayor que la diferencia promedio en este impacto entre el algodón y el poliéster. También hay una ausencia de un estándar metodológico y lagunas en algunas áreas de conocimiento, lo que dificulta la comparación coherente de datos y el perfil ambiental entre fibras. Finalmente, los resultados de esta revisión de la literatura contribuyen a la identificación de los puntos críticos y las principales oportunidades para reducir los impactos ambientales en esta cadena, fomentando las mejores prácticas y acciones conjuntas entre los distintos actores del sector textil.

Palabras clave: Impacto ambiental, Industria textil, Moda sostenible, Algodón, Poliéster, Viscosa.

AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DAS CÉDULAS DE PAPEL E POLÍMERO: ESTUDOS REALIZADOS POR BANCOS CENTRAIS

PhD. Daiane Veras ^{*}, MSc. Frederico Vilela ^{**}

^{*} Instituto Federal de Goiás, Campus de Valparaíso, Valparaíso/GO, Brasil. daiane.veras@ifg.edu.br,

^{**} Banco Central do Brasil, Setor Bancário Sul, Quadra 3, Brasília/DF, Brasil. vilelafrederico@gmail.com,

RESUMO

A análise de desempenho ambiental do ciclo de vida das cédulas de dinheiro (em papel e polímero) é essencial à identificação dos elos da cadeia passíveis de otimização energética e ambiental. Trata-se de uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisões com vistas a diagnosticar quais são as ineficiências cuja eliminação contribuiria com a redução de custos ambientais. Por esse motivo, alguns bancos centrais realizaram estudos que utilizaram a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para obter indicadores ambientais capazes de obter as soluções como o reaproveitamento e/ou reciclagem dos resíduos; eliminação e/ou revisão de processos ineficientes; transferência de impactos ambientais mediante importação de substratos de polímero; avaliação de possíveis reduções de custos ambientais e comparação de resultados obtidos para cédulas produzidas a partir de diferentes matérias-primas. Dessa forma, o presente estudo tem o objetivo de apresentar o modelo tecnológico de uma ACV de cédulas e resultados já obtidos por bancos centrais tais como o do Canadá, Inglaterra. A fronteira do sistema é um "cradle-to-grave". As categorias de impacto analisadas são: demanda de energia primária, consumo de água fresca, ecotoxicidade, eutrofização, acidificação, gases com potencial de aquecimento global, toxicidade humana e potencial de criação de ozônio não fotoquímico. Os resultados - que estão diretamente relacionados à velocidade de circulação, massa das cédulas e tempo de vida - apontam o seguintes fatos: as cédulas de polímero tem 2,5 vezes a mais de tempo de vida em relação as de papel (celulose de algodão); os impactos mais relevantes são a geração de eletricidade requisitada para operar os caixas eletrônicos (ATM's), produção de matéria-prima, conversão de substratos de polímeros e classificação de notas; as fases de menor significância são a pintura, transporte e descarte no fim de vida; a categoria toxicidade humana (câncer) foi a que apresentou maior magnitude. Os estudos nos levam à conclusão de que os impactos ambientais da produção de cédulas de polímeros são inferiores às de papel e que é preciso analisar alguns aspectos importantes: os caminhos para a redução de impactos no transporte, a diminuição de consumo do mix de energia a partir da importação de matérias-primas e produtos, a otimização da gestão de resíduos para reaproveitamento energético, a reciclagem e soluções para redução do consumo energético dos ATM's. O estudo tem como contribuição a possibilidade de utilização da metodologia e resultados pesquisados como base para elaboração de ACV's aplicáveis ao ciclo de vida da unidade monetária brasileira (Real) e apresentação de recomendações de quais são os aspectos relevantes que servem de ferramentas para tomadas de apoio às decisões estratégicas da parte dos gestores públicos.

Palavras-chaves: numerário, polímero, celulose.

VALORACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES: MODELO DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL DE LA PROVINCIA DE CORDOBA

Sofia Gonzalez ^{1*}, Celina Amato ²

¹Instituto de Administración, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Bv. Enrique Barros s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. sofia_gonzalez@mi.unc.edu.ar

²Instituto de Administración, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba y CONICET. Bv. Enrique Barros, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. amatocelina@eco.uncor.edu

RESUMEN

El presente es un proyecto de investigación, cuyo objetivo es delinear un modelo de Simbiosis Industrial a partir de los residuos generados por diferentes industrias de la provincia de Córdoba. Al encontrarse en una fase embrionaria, todavía no se ha definido el objeto específico de estudio, pero se prevé que se incluirán los sectores de mayor producción en la provincia, como el agrícola, ganadero y automotriz, ya que se estima son los que mayor cantidad de residuos generan. Para lograr esto, la investigación tendrá un enfoque cualitativo, a través del método de casos, utilizando métodos exploratorios y descriptivos, en donde cada caso será una empresa de la industria seleccionada.

Palabras clave: Simbiosis Industrial, Residuos Industriales, Valoración de Residuos, Economía circular, Responsabilidad Social Empresaria.

ABSTRACT

This is a research project, the objective of which is to draw an Industrial Symbiosis model from the waste generated by different industries in the province of Córdoba. Being in an embryonic phase, the specific object of study has not yet been defined, but it is expected that the sectors with the highest production in the province will be included, such as agriculture, livestock and automotive, since it is estimated that they are the ones with the greatest amount of waste they generate. To achieve this, the research will have a qualitative approach, through the case method, using exploratory and descriptive methods, where each case will be a company from the selected industry.

Key words: Industrial Symbiosis, Industrial Waste, Waste Valuation, Circular Economy, Corporate Social Responsibility.

RESUMO

Este é um projeto de pesquisa cujo objetivo é traçar um modelo de Simbiose Industrial a partir dos resíduos gerados por diferentes indústrias na província de Córdoba. Estando em fase embrionária, o objeto específico de estudo ainda não foi definido, mas espera-se que sejam incluídos os setores de maior produção da província, como agricultura, pecuária e automotivo, uma vez que se estima que sejam aqueles com maior quantidade de resíduos que geram. Para tanto, a pesquisa terá uma abordagem qualitativa, por meio do método de caso, utilizando métodos exploratórios e descritivos, onde cada caso será uma empresa do setor selecionado.

Palavras-chave: Simbiose Industrial, Resíduos Industriais, Avaliação de Resíduos, Economia Circular, Responsabilidade Social Corporativa.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es compartir un proyecto de investigación incipiente, cuyo objetivo final es delinear un modelo de Simbiosis Industrial (SI) a partir de los residuos generados por diferentes industrias de la provincia de Córdoba, Argentina.

Desde la revolución industrial, predomina un sistema de producción y consumo lineal que provoca crecientes emisiones de gases efecto invernadero y exceso de generaciones de residuos. Esta situación derivó en una rápida degradación ambiental, agravando el problema del calentamiento global, al punto de tener islas de plásticos en los océanos y basureros que exceden su capacidad. Esto obligó a diversos actores a reconsiderar el modelo económico actual y cuestionar las implicaciones para la sociedad y para el medio ambiente.

A raíz de la creciente importancia de esta problemática, se han desarrollado teorías inherentes a la misma desde diversas disciplinas. El concepto de desarrollo sostenible se difundió en la década de los 80 a partir del Informe Brundtland de la ONU, donde se define al desarrollo sustentable como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas (Amato, 2019; citando a la ONU). Asociado a este concepto, en el *management*, Elkington (1994) desarrolló tres pilares, económico, ambiental y social, en los cuales se fundamenta la sustentabilidad, conformando la *Triple Bottom Line (TBL)* o triple cuenta de resultados. El ámbito privado adoptó este término bajo el concepto de Responsabilidad Social Empresaria (RSE), donde las empresas asumen las externalidades que producen, lo cual implica que no solo tienen responsabilidades económicas, de obtener ganancias, sino también un compromiso con el medio ambiente y la sociedad (Amato, 2015a).

Asimismo, en el marco de la sustentabilidad, se han originado distintos enfoques, como la *economía circular*, en la que se entiende al flujo de materiales como un circuito cerrado (Lieder y Rashid, 2016). Relacionado a esta última teoría, se encuentra la *ecología industrial*, la cual considera a la industria como un ecosistema, en el que el consumo de energía y materiales es optimizado, los efluentes de un proceso sirven como materia prima para otro y los desechos se minimizan, esta se puede enfocar a nivel de empresa, a nivel interempresarial, y a nivel regional o mundial (*ibid*; Chertow, 2000; Frosch y Gallopoulos, 1989). En el nivel entre empresas se ubica a la *simbiosis industrial (SI)*, la cual es interpretada como la participación de industrias "...en un enfoque colectivo de ventaja competitiva, que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua, y subproductos" (Chertow, 2000, p. 314), estas pueden estar separadas o configuradas a través de parques eco industriales, no siendo necesaria, ni suficiente, la proximidad geográfica entre ellas (Lombardi y Laybourn, 2012).

Cabe resaltar que, con frecuencia, las industrias del sector manufacturero son las que conforman este tipo de sinergias. Esto se debe al gran volumen de desechos que generan y, además, por su capacidad de absorber residuos y subproductos e incorporarlos como materia prima en sus procesos de producción (Neves et al., 2020). En el caso de la provincia de Córdoba, según el Informe Productivo del Ministerio de Hacienda de la Subsecretaría de Programación Macroeconómica (2018), se desarrollan diversas industrias: en primer lugar, se destaca la agrícola, en donde la producción primaria y la etapa industrial de maní, maíz, soja y trigo son las más importantes, en segundo lugar, se posiciona la industria automotriz, luego se encuentran las cuencas lecheras y por último se menciona a la industria de maquinaria agrícola y agro-componentes como las más relevantes. Al ser estas las de mayor producción en la provincia, se presume que son las que más cantidad de residuos generan, por lo que de ellas surgirá la selección de los casos a estudiar en esta investigación.

Por otro lado, se debe mencionar que el rol del Estado es crucial, tanto para el surgimiento de una nueva SI, como para su correcto funcionamiento, Mortensen y Kornov (2019), expresan que "la política es un factor muy importante cuando se trata de generar conciencia sobre las posibilidades de SI e interés por obtener sus beneficios" (p. 61), es el responsable de fomentar oportunidades para nuevos flujos de materiales y regular estos procesos (*ibid*). En Argentina, existen leyes de presupuestos mínimos y de residuos peligrosos y electrónicos, así como la ley de gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU), y múltiples propuestas de proyectos para el desarrollo de nuevas normativas, sin embargo, las políticas de incentivo y herramientas de gestión que fomenten la economía circular están en desarrollo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f). En este punto, es preciso señalar que, si bien el estudio de SI se ha desarrollado de manera íntegra y variada en lugares como Europa o Asia, donde las políticas públicas de incentivo son abundantes, en América Latina es incipiente la investigación de este tipo de sinergias (Neves et al., 2020). En Argentina, existen estudios centrados en el reciclaje de los residuos industriales, pero los relacionados a SI son escasos y en la provincia de Córdoba no se encontraron, por lo que el presente estudio intenta llenar ese vacío.

A partir de esta premisa, y considerando la relevancia de la problemática mencionada en un principio (degradación ambiental, cantidad excesiva de residuos, calentamiento global), se presenta el problema que intentará resolver esta investigación, formulado a través de la siguiente pregunta: *¿Cuáles son las empresas de las industrias seleccionadas que integrarían un modelo de SI en la ciudad de Córdoba? ¿Qué beneficios económicos, sociales y ambientales tendría el modelo propuesto?* Por consiguiente, se plantea el objetivo general del estudio, tendiente a delinear un modelo de SI a partir de los residuos de las industrias seleccionadas en la Provincia de Córdoba.

Para poder cumplir el mismo, primero es necesario analizar el estado de situación de los residuos de las industrias objeto de estudio y su potencial de reciclabilidad, para obtener un panorama de la situación actual. Luego, como indica Chertow (2007), para expandir la SI es recomendable identificar los núcleos de intercambio que están ocultos, buscando patrones o características comunes para ver dónde podrían encontrarse otras simbiosis con diferentes industrias, creando puentes para un intercambio más extenso. Reconocer estos nexos es primordial debido a que, generalmente, las distintas empresas carecen de información sobre las industrias con las que podrían relacionarse o desconocen las ventajas que esto traería. Por lo anterior, se explorarán los flujos

de intercambio existentes, que revistan características de SI, en las industrias seleccionadas de la provincia de Córdoba, para luego, en base a lo relevado, proponer los intercambios potenciales de SI.

Luego, es necesario destacar que el desarrollo de la SI trae aparejado múltiples beneficios, los cuales se pueden categorizar en dimensiones económicas, ambientales y sociales, en concordancia con la *Triple Bottom Line*. En relación a la primera dimensión, se encuentran beneficios como la reducción de costos de materia prima y de eliminación de desechos, mayores ingresos por venta de estos residuos y aumento de la competitividad. Respecto a las mejoras ambientales, se menciona que implica la reducción de gases efecto invernadero, impacta en el menor consumo de materias primas, recursos naturales y energía, y la disminución de los residuos enviados a vertederos o basurales a cielo abierto. La dimensión social, es la menos estudiada, pero se encuentran beneficios tales como la mejora de calidad de vida, mejores condiciones sociales y económicas, y la creación de nuevos empleos (Chertow y Miyata, 2011; Martín y Harris, 2018; Neves et al., 2020). Es así como se plantea otro objetivo específico que deriva del principal, enfocado en analizar cuáles son los beneficios, tanto ambientales, económicos y sociales, que derivarían del modelo propuesto.

Por otro lado, para lograr el buen desempeño de una SI, es esencial que las empresas involucradas desarrollen lazos sinérgicos (Mortensen y Kornov, 2019). Es decir, deben crear un vínculo de confianza con alto grado de cooperación entre ellas, así como es relevante el interés que presentan por la SI, las prácticas ambientales previas, la disposición de adoptar nuevas actividades y cambios organizacionales, y de garantizar el suministro de residuos y recursos para el funcionamiento del flujo de materiales (Spekkink y Boons, 2016). Por ello, se propone analizar si las empresas partes del modelo propuesto cumplen con las condiciones para generar lazos sinérgicos adecuados.

Por último, se quiere resaltar la importancia de realizar estudios de este tipo. Behera et al. (2012), mencionan que las instituciones de investigación y educación son actores claves para desarrollar sinergias de SI, desempeñando roles facilitadores y coordinadores, y alimentando redes de información válidas. Se resalta, que debe ser de interés tanto para las empresas, para mejorar su rentabilidad y competitividad, como para los organismos públicos, por los beneficios expuestos en la sociedad y el medio ambiente. Sin mencionar que, si se lograra esto, se estaría contribuyendo al compromiso que asumió el país en 2015 como parte del Acuerdo de París en la formulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos planteados, se prevé que la investigación tenga un enfoque cualitativo, en donde se realizará un estudio exploratorio y descriptivo a través del método de casos, estos serán las empresas de las distintas industrias seleccionadas. Este método es eficiente para dar respuesta a los objetivos de investigación debido a que indaga sobre un fenómeno contemporáneo en profundidad, abarcando condiciones contextuales importantes en su entorno real (Yin, 2009). Se realizarán entrevistas semiestructuradas a integrantes de las distintas empresas, para la recolección de datos primarios, y análisis de documentos como datos secundarios, para luego estudiarlos con la ayuda de software tales como Atlas.ti. A partir de este análisis, pueden surgir otras industrias además de las mencionadas en el cuerpo del texto, debido a que pueden ser, por ejemplo, receptoras de algunos subproductos o residuos. Esto es acorde con la modalidad cualitativa, ya que su propósito es reconstruir la realidad y en general las preguntas e hipótesis surgen como parte del proceso de investigación (Hernández Sampieri et al., 2004). Para estudiar cuáles serían los beneficios que derivarían del modelo propuesto, se prevé utilizar herramientas como el análisis de ciclo de vida, análisis de flujo de material, además de estudiar algunos parámetros como el ahorro de costos de compra de materia prima, de costos de eliminación de desechos, ingresos por ventas de subproductos o residuos y aumento de empleo.

No obstante, utilizar el método de caso presenta algunas desventajas. Una de ellas es que no se puede lograr la generalización de la muestra, como lo sería en un estudio estadístico, sin embargo, el fin de esta investigación no es ese, sino estudiar el fenómeno en profundidad en un contexto en específico, por lo que se incluirán casos que otorguen una mayor oportunidad de aprendizaje del tema en estudio. Por otro lado, el método elegido puede llegar a tener limitaciones en cuanto a las variables de tiempos y costos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al ser una investigación incipiente todavía no se ha implementado la metodología pertinente, por lo cual no existen resultados para mostrar. Este trabajo pretende delinear un posible modelo de SI en la ciudad de Córdoba. Se prevé que lo integren empresas pertenecientes a industrias manufactureras, ya que son las mayores generadoras de residuos y tienen capacidad para transformar los materiales, tales como la automotriz, de actividad primaria como la agrícola, una de las principales actividades de Córdoba, y otras que tengan aptitud

para desarrollar esta sinergia, incluyendo la capacidad de reciclar o reutilizar los residuos, se encuentran en este grupo industrias como las de reciclaje o desarrollistas. Se espera encontrar flujos de intercambio de material ya existentes que revistan características de SI. A partir de estos hallazgos y de la información relevada, se delinearán nuevos flujos de material y formar un modelo completo de SI, con organizaciones que cumplan las características necesarias para desarrollar lazos sinérgicos y este modelo pueda prevalecer en el tiempo.

Se desea agregar valor a los conocimientos sobre política pública en materia de economía circular. Este trabajo pretende ser, en última instancia, una herramienta para colaborar con el sector público a incentivar a las organizaciones a generar modelos de SI, desencadenando beneficios de triple impacto (Ambientales, sociales, económicos).

CONCLUSIÓN

Al no haber resultados para discutir, no existen conclusiones para mostrar.

REFERENCIAS

1. Amato, C. (2015a). La logística inversa como estrategia para el logro de un desempeño superior (económico, social y ambiental). Estudio de casos de empresas embotelladoras de gaseosas en Argentina. Tesis doctoral. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba
2. Amato, C. (2015b). Relación entre logística inversa y desempeño. Estudio de casos en Córdoba, Argentina. Cuadernos de administración, 31, 85-96.
3. Amato, C. (2019). Revisión bibliográfica sobre sustentabilidad y ética organizacional: actores relevantes. Ciencias Administrativas, 13, 49-60.
4. Behera, S., Kim, J., Lee, S., Suh, S. y Park, H. (2012). Evolution of 'designed' industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: 'research and development into business' as the enabling framework. Journal of Cleaner Production, 29, 103-112.
5. Chertow, M. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. Annual review of energy and the environment, 25(1), 313-337.
6. Chertow, M. (2007). "Uncovering" industrial symbiosis. Journal of industrial Ecology, 11(1), 11-30.
7. Chertow, M. y Miyata, Y. (2011). Assessing collective firm behavior: Comparing industrial symbiosis with possible alternatives for individual companies in Oahu, HI. Business Strategy and the Environment, 20(4), 266-280.
8. Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. California management review, 36(2), 90-100.
9. Frosch, R. y Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. Scientific American, 261(3), 144-153.
10. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2004). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill interamericana.
11. Lieder, M. y Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. Journal of cleaner production, 115, 36-51.
12. Lombardi, D. y Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis: Crossing academic-practitioner boundaries. Journal of Industrial Ecology, 16(1), 28-37.
13. Martin, M. y Harris, S. (2018). Prospecting the sustainability implications of an emerging industrial symbiosis network. Resources, Conservation and Recycling, 138, 246-256.
14. Meadows, D., Randers, J. y Meadows, D. (2005). Limits to growth: The 30-year update. London: EarthScan.
15. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (s.f). Informe de la estructura normativa de residuos. Córdoba: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/economia-circular/estructura-residuos/informe> (31/07/2020)
16. Mortensen, L. y Kornov, L. (2019). Critical factors for industrial symbiosis emergence process. Journal of cleaner production, 212, 56-69.
17. Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. y Matias, J. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. Journal of Cleaner Production, 247, 119-113.
18. Subsecretaría de Programación Macroeconómica, (2018). Informes productivos provinciales. Buenos Aires: Subsecretaría de programación macroeconómica, Secretaría de política económica, Ministerio de hacienda de la Nación Argentina. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_productivo_cordoba.pdf
19. Spekkink, W. y Boons, F. (2016). The emergence of collaborations. Journal of Public Administration Research and Theory, 26(4), 613-630.

ANÁLISIS DEL EFECTO AMBIENTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD EN EL CICLO DE VIDA DEL SECTOR VEHICULAR DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

Nicolas Van De Wyngard ¹, Camila López Eccher ¹, Iván Franchi ², Edmundo Muñoz Alvear ^{3*}

¹ Universidad Andrés Bello, Escuela de Ciencias Ambientales y Sustentabilidad, República 440, Santiago, Chile. nicolasvandew@gmail.com, ca.lopezeccher@gmail.com

² Universidad Andrés Bello, Centro de Investigaciones para la Sustentabilidad, República 440, Santiago, Chile. Ivan.franchi@unab.cl, edmundo.munoz@unab.cl

RESUMEN

El sector transporte es responsable del consumo de elevadas cantidades de recursos fósiles y de impactos negativos al medio ambiente. Debido a esto, y a los efectos provocados en la salud de las personas, la electromovilidad ha adquirido protagonismo en políticas internacionales, las cuales han apuntado a economías bajas en carbono mediante la promoción de vehículos eléctricos. En esta línea, Chile ha desarrollado su Estrategia Nacional de Electromovilidad (ENE), la cual fue planteada para aportar a las metas de eficiencia energética y mitigación de gases de efecto invernadero a través de la integración de tecnologías de vehículos eléctricos al parque automotriz nacional. En este sentido, este estudio analizó los efectos ambientales causados por el parque automotriz de la ciudad de Santiago, según el recambio de vehículos de la ENE y la influencia de la matriz eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). La metodología de análisis de ciclo de vida fue utilizada para evaluar el escenario actual del parque automotriz (línea de base) y la proyectado por la ENE al año 2050, incluyendo la influencia del cambio de la matriz energética. La unidad funcional utilizada fue de "1 km recorrido" por cada tecnología, unidad que fue utilizada para proyectar el parque automotriz de la ciudad de Santiago. Además, se asumió que las tecnologías de vehículos a comparar tienen una vida útil de 150.000 km como línea de base, para así amortizar los impactos ambientales asociados a la producción de los vehículos convencionales y eléctricos. El alcance del estudio consideró la modelación de la "cuna a la rueda", es decir, desde la fase de extracción de recursos hasta la fase del uso, incluyendo el mantenimiento del vehículo. La modelación de los escenarios y evaluación de impacto fue realizada a través del software SimaPro. Las categorías de impacto analizadas fueron, de calentamiento global (kg CO₂ eq), formación de material particulado fino (kg MP_{2,5} eq), escasez de recursos fósiles (kg oil eq); y escasez de recursos minerales (kg Cu eq).

Los resultados muestran que los impactos asociados al calentamiento global fueron 0,29 kg CO₂ eq/km para vehículos a gasolina, 0,24 kg CO₂ eq/km para diésel y 0,17 kg CO₂ eq/km para eléctricos, tendencia que se repite para escasez de recursos fósiles. Sin embargo, en las categorías de formación de material particulado fino y escasez de recursos minerales, el vehículo eléctrico fue el que generó mayores impactos ambientales. Además, se observa la fuerte influencia de la matriz energética en los impactos de los vehículos eléctricos. En este sentido, si no se cumple la descarbonización de la matriz eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional al año 2050, los impactos ambientales potenciales del parque vehicular de Santiago serán mayores en comparación con una matriz descarbonizada, en 3 de las 4 categorías analizadas. Principalmente en la formación de material particulado, donde, los impactos potenciales con una matriz que mantiene un 40% de generación eléctrica a partir de carbón, serán 60% mayores que los impactos con una matriz libre de carbón (0,04% de carbón). A excepción del agotamiento de recursos minerales, donde se da un fenómeno contrario, es decir, los impactos ambientales aumentarán a medida que se descarboniza la matriz del SEN. Esto se debe a que la generación de electricidad a partir de carbón es sustituida por tecnologías renovables, las cuales utilizan una mayor porción de componentes minerales, principalmente las tecnologías eólica y solar fotovoltaica.

Palabras clave: Electromovilidad, Matriz eléctrica, ACV, parque automotriz.

O-LCA: AN IMPORTANT DRIVER FOR THE CIRCULAR ECONOMY

Wladimir Motta

CEFET-RJ, Production Engineering Department / BRAZIL. eccoa.pesquisas@gmail.com

ABSTRACT

Today, the world is experiencing an unprecedented ecological crisis, recently renamed as ecological urgency. This crisis translates into serious challenges for humanity, which require radical changes in the way we live, especially in the way we produce and consume. The concept of circular economy - EC arises as a result of a continuous search for solutions to face this fragile current ecological reality and its future perspectives. The main objective of EC is to maximize the environmentally sustainable use of natural resources, seeking to reduce waste and organize economic activities, in a continuous feedback process.

The successful transition to this proposal requires tools and methodologies to assist in this transition, both to provide the information base for the decisions to be taken and to validate any environmental benefits obtained. In this sense, it becomes necessary to have effective information available to support organizations' decision-making, few approaches consider the entire value chain, there is the proposal derived from the life cycle assessment - LCA, the Organizational LCA, which identifies environmental and social issues of organizations. Organizational LCA is used to map and quantify risks and impacts for the entire organization - supply chain, operations, as well as products and services.

Providing a global and accurate image of the supply chain, being further supported by ISO 14072, which provides requirements and guidelines for the methodology. Assessing various impacts and adopting a life cycle approach can offer innovative and applicable environmental impact reduction solutions incorporated into a more sustainable business model and with the potential to assist in the transition to a CE. In this way, it can be seen that the Organizational LCA can collaborate directly with these current challenges of EC to overcome the current dichotomy between our model of incessant economic growth and the environmental crisis. In this context, this article seeks, through a bibliographic review, to point out and clarify the effective role of Organizational LCA and ISO 14072 in this change towards CE. It was observed that the use of Organizational LCA as well as ISO 14072 has promising perspectives regarding the transition to CE.

Keywords: circular economy, O-LCA, ecological urgency, ISO 14072.

RESUMEN

Hoy, el mundo está experimentando una crisis ecológica sin precedentes, recientemente rebautizada como urgencia ecológica. Esta crisis se traduce en serios desafíos para la humanidad, que requieren cambios radicales en la forma en que vivimos, especialmente en la forma en que producimos y consumimos. El concepto de economía circular - EC surge como resultado de una búsqueda continua de soluciones para afrontar esta frágil realidad ecológica hoy y sus perspectivas de futuro. El objetivo principal de la EC es maximizar el uso ambientalmente sostenible de los recursos naturales, buscando reducir los residuos y organizar las actividades económicas, en un proceso de retroalimentación continuo.

El éxito de la transición a esta propuesta requiere herramientas y metodologías que ayuden en esta transición, tanto para brindar la base de información para las decisiones a tomar, como para validar los beneficios ambientales obtenidos. En este sentido, es necesario contar con información efectiva para apoyar la toma de decisiones en las organizaciones, pocos enfoques consideran toda la cadena de valor, existe la propuesta derivada de la evaluación del ciclo de vida - ECV, el ECV Organizacional, que identifica aspectos ambientales y aspectos sociales. de organizaciones. El ECV organizacional se utiliza para mapear y cuantificar riesgos e impactos para toda la organización, considerando la cadena de suministro, las operaciones, así como los productos y servicios. Al proporcionar una imagen global y precisa de la cadena de suministro, también está respaldada por la norma ISO 14072, que proporciona requisitos y pautas para la metodología. La evaluación de varios impactos y la adopción de un enfoque de ciclo de vida puede ofrecer soluciones innovadoras y aplicables de reducción del impacto ambiental incorporadas en un modelo de negocio más sostenible con el potencial de ayudar en la transición a la economía circular. De esta forma, se puede ver que la ECV Organizacional puede colaborar directamente con estos desafíos actuales de la EC para superar la dicotomía actual entre nuestro modelo de crecimiento económico incesante y la crisis ambiental. En este contexto, este artículo busca, mediante una revisión

bibliográfica, señalar y aclarar el papel efectivo de la ECV Organizacional / ISO 14072 en este cambio hacia la EC. Se observó que el uso de ECV organizacional, así como ISO 14072, presenta perspectivas prometedoras con respecto a la transición a la economía circular.

Palabras clave: economía circular, ECV organizacional, urgencia ecológica, ISO 14072.

RESUMO

Hoje, o mundo vive uma crise ecológica sem precedentes, recentemente renomeada como urgência ecológica. Esta crise traduz-se em sérios desafios para a humanidade, que exigem mudanças radicais na forma como vivemos, especialmente na forma como produzimos e consumimos. O conceito de economia circular - EC surge como resultado de uma busca contínua por soluções para enfrentar esta frágil realidade ecológica atual e suas perspectivas de futuro. O principal objetivo da EC é maximizar o uso ambientalmente sustentável dos recursos naturais, buscando reduzir o desperdício e organizar as atividades econômicas, em um processo contínuo de retroalimentação.

O sucesso da transição para esta proposta requer ferramentas e metodologias que auxiliem nesta transição, tanto para fornecer a base de informações para as decisões a serem tomadas, como para validar os benefícios ambientais obtidos. Nesse sentido, torna-se necessário dispor de informações efetivas de apoio à tomada de decisão nas organizações, poucas abordagens consideram toda a cadeia de valor, existe a proposta derivada da avaliação do ciclo de vida - ACV, a ACV Organizacional, que identifica aspectos ambientais e sociais das organizações. O ACV organizacional é usado para mapear e quantificar riscos e impactos para toda a organização - considerando a cadeia de suprimentos, operações, bem como os produtos e serviços.

Fornecendo uma imagem global e precisa da cadeia de suprimentos, sendo ainda apoiado pela ISO 14.072, que fornece requisitos e diretrizes para a metodologia. Avaliar vários impactos e adotar uma abordagem de ciclo de vida pode oferecer soluções inovadoras e aplicáveis de redução de impacto ambiental incorporadas a um modelo de negócios mais sustentável e com potencial para auxiliar na transição para a economia circular. Desse modo, pode-se perceber que a ACV Organizacional pode colaborar diretamente com esses desafios atuais da EC para superar a atual dicotomia entre nosso modelo de crescimento econômico incessante e a crise ambiental. Nesse contexto, este artigo busca, por meio de uma revisão bibliográfica, apontar e esclarecer o papel efetivo da ACV Organizacional / ISO 14072 nessa mudança em direção à EC. Observou-se que o uso da ACV organizacional, bem como da ISO 14072, apresenta perspectivas promissoras quanto à transição para a economia circular.

Palavras-chave: economia circular, ACV organizacional, urgência ecológica, ISO 14072.

ANÁLISIS CON ENFOQUE DE CICLO DE VIDA EN LA PROPUESTA DE MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO DE LOS BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

ANALYSIS WITH A LIFE CYCLE APPROACH IN THE PROPOSAL OF BEST PRACTICES FOR THE MANAGEMENT OF ECOSYSTEM GOODS AND SERVICES

ANÁLISE COM ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA NA PROPOSTA DE MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO DE BENS E SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS

Dra. C. Susana Díaz Aguirre ^{1*}, Dra. C. Elena R. Rosa Domínguez ², Dra. C. Sofía Sánchez Berriel ³, Lic. Yunaika Álvarez Carrazana ⁴, MSc. Julieta González Méndez ⁴, MSc. Jorge Yeras Veliz ⁵

¹ Universidad de Pinar del Río Calle José Martí, esquina a 27 de noviembre, Pinar del Río. Cuba. sdaguirre@cih.cujae.edu.cu

² Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5^{1/2}, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. erosa@uclv.edu.cu

³ Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5^{1/2}, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. ssanches@uclv.edu.cu

⁴ Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, Cuba. Julieta.mendez@snap.cu ; yunaika@snap.cu

⁵ Centro de Estudios Ambientales del CITMA en Villa Clara, Santa Clara Cuba. yeras@cesam.vlc.cu

RESUMEN

La protección y conservación de los espacios naturales constituye sin lugar a dudas una importante premisa para la humanidad, razón que permite dedicar un espacio para exponer la viabilidad de la percepción económica ante los acuciantes problemas ambientales contemporáneos. Es propósito del Proyecto internacional GEF-PNUD, ECOVALOR promover la generación de beneficios ambientales globales múltiples basados en la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos, como un instrumento para la toma de decisiones, utilizando diferentes herramientas de la Gestión ambiental como marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas.

El manejo de los ecosistemas es un enfoque a la gestión de recursos naturales y se centra en el mantenimiento de los mismos para satisfacer las necesidades futuras tanto ecológicas como humanas. Es adaptable a las cambiantes necesidades. Promueve también la visión compartida de un futuro deseado mediante la integración de perspectivas sociales, medioambientales y económicas para la gestión de sistemas ecológicos naturales geográficamente definidos. Los ecosistemas promueven el bienestar humano a través de los diversos servicios que prestan.

El presente trabajo tiene como objetivo brindar un análisis con enfoque de ciclo de vida que demuestre el uso de diferentes categorías ambientales para caracterizar los bienes y servicios ecosistémicos, así como, analizar diferentes alternativas que permitan disminuir los impactos ambientales en los procesos, en el manejo de desechos, la energía, el agua y en las comunidades de intervención del proyecto, como herramienta de gestión que posibilitará un análisis integral de la situación y la consiguiente propuesta de mejores prácticas de manejo de los bienes y servicios ecosistémicos. Los ecosistemas naturales, y las especies que los constituyen, sostienen la vida humana, por lo que mejoras o innovaciones en sus procesos y su desempeño conducen a la reducción de los consumos en la producción de bienes y servicios y los impactos de productos a lo largo de su ciclo de vida.

El resultado se enmarca en la propuesta de una metodología aplicando el Análisis de Ciclo de Vida basada en categorías de impacto ambientales: cambio climático, eutrofización de agua dulce y marina, ecotoxicidad terrestre, marina y de agua dulce, acidificación terrestre, uso de agua y uso del suelo, todo lo cual tributará en la propuesta de mejores prácticas de manejo de los bienes y servicios ecosistémicos.

Para la aplicación de la metodología se divide la zona de estudio en unidades ambientales. Se analizan los tipos de uso de suelo en la misma y la trayectoria de cambios que han ocurrido en un tiempo determinado los cuales se muestran espacialmente. Se identifican los principales focos de contaminación y se caracterizan los sistemas productos involucrados en el área para evaluar las categorías que pueden tener una afectación directa

sobre el Ecosistema. Los resultados obtenidos se integrarán en una base de datos que permitirá en el futuro la valoración económica de estos bienes y servicios ambientales y la propuesta de mejoras para su conservación.

Como ejemplo de aplicación de la metodología se toma uno de los sitios de intervención de Ecovalor el municipio de Sagua la Grande y dentro de este la Unidad Ambiental cuatro que tiene como características que es una llanura fluvial formada por depósitos aluviales, cultivada, con matorral secundario y restos de bosques en galería sobre suelos aluviales. Es formada por depósitos aluviales, procedentes de las riadas que se producen sobretodo en épocas de lluvias y producto de los cambios del nivel de base en épocas pasadas. La vegetación que conforma la zona es matorral secundario y restos del bosque en galería, de vital importancia, pues protege de la erosión hídrica, a pesar de ello la realidad muestra que hay numerosos sectores a orillas del río desprovistas de vegetación y propensas a sufrir serias afectaciones por erosión.

Palabras claves: Ecosistema, categorías de impacto ambiental, prácticas de manejo.

ABSTRACT

The protection and conservation of natural spaces undoubtedly constitutes an important premise for humanity, a reason that allows dedicating a space to expose the viability of economic perception in the face of pressing contemporary environmental problems. It is the purpose of the international GEF-UNDP Project, ECO-VALOR to promote the generation of multiple global environmental benefits based on the economic valuation of ecosystem goods and services, as an instrument for decision-making, using different tools of Environmental Management as a frame of reference. to protect the environment and respond to changing environmental conditions, in balance with socio-economic needs.

Ecosystem management is an approach to the management of natural resources and focuses on maintaining them to meet future ecological and human needs. It is adaptable to changing needs. It also promotes the shared vision of a desired future by integrating social, environmental and economic perspectives for the management of geographically defined natural ecological systems. Ecosystems promote human well-being through the various services they provide.

The present work aims to provide an analysis with a life cycle approach that demonstrates the use of different environmental categories to characterize ecosystem goods and services, as well as analyze different alternatives that allow reducing environmental impacts in the processes, in the management waste, energy, water and in the project intervention communities, as a management tool that will enable a comprehensive analysis of the situation and the consequent proposal of best management practices for ecosystem goods and services. Natural ecosystems, and the species that constitute them, sustain human life, so improvements or innovations in their processes and their performance lead to the reduction of consumption in the production of goods and services and the impacts of products throughout of its life cycle.

The result is part of the proposal of a methodology applying the Life Cycle Analysis based on environmental impact categories: climate change, eutrophication of fresh and marine water, terrestrial, marine and fresh water ecotoxicity, terrestrial acidification, water use and land use, all of which will be taxed in the proposal of best management practices for ecosystem goods and services.

For the application of the methodology, the study area is divided into environmental units. The types of land use in it and the trajectory of changes that have occurred in a given time are analyzed, which are shown spatially. The main sources of contamination are identified and the product systems involved in the area are characterized to evaluate the categories that may have a direct impact on the Ecosystem. The results obtained will be integrated into a database that will allow in the future the economic valuation of these environmental goods and services and the proposal of improvements for their conservation.

As an example of the application of the methodology, one of the intervention sites of Ecovalor is taken in the municipality of Sagua la Grande and within this Environmental Unit four, which has the characteristics that it is a fluvial plain formed by alluvial deposits, cultivated, with secondary scrub and remains of gallery forests on alluvial soils. It is formed by alluvial deposits, coming from the floods that occur especially in rainy seasons and product of the changes in the base level in past times. The vegetation that makes up the area is secondary scrub and remains of the gallery forest, of vital importance, as it protects from water erosion, despite this reality shows that there are numerous sectors on the banks of the river devoid of vegetation and prone to suffering serious erosion damage.

Keywords: Ecosystem, environmental impact categories, management practices.

RESUMO

A protecção e conservação dos espaços naturais constituem, sem dúvida, uma premissa importante para a humanidade, razão que permite dedicar um espaço para expor a viabilidade da percepção económica face aos prementes problemas ambientais contemporâneos. É objetivo do projeto internacional GEF-PNUD, ECO-VALOR, promover a geração de múltiplos benefícios ambientais globais com base na valoração económica de bens e serviços ecossistêmicos, como um instrumento de tomada de decisão, utilizando diferentes ferramentas de Gestão Ambiental como marco de referência. para proteger o meio ambiente e responder às mudanças nas condições ambientais, em equilíbrio com as necessidades socioeconómicas,

A gestão de ecossistemas é uma abordagem à gestão de recursos naturais e concentra-se em mantê-los para atender às futuras necessidades ecológicas e humanas. É adaptável às novas necessidades. Também promove a visão compartilhada de um futuro desejado, integrando perspectivas sociais, ambientais e económicas para a gestão de sistemas ecológicos naturais geograficamente definidos. Os ecossistemas promovem o bem-estar humano por meio dos vários serviços que prestam.

O presente trabalho visa fornecer uma análise com uma abordagem do ciclo de vida que demonstra a utilização de diferentes categorias ambientais para caracterizar bens e serviços ecossistêmicos, bem como analisar diferentes alternativas que permitem reduzir os impactos ambientais nos processos, na gestão de resíduos, energia, água e nas comunidades de intervenção do projecto, como ferramenta de gestão que permitirá uma análise exaustiva da situação e a consequente proposta de boas práticas de gestão de bens e serviços ecossistêmicos. Os ecossistemas naturais, e as espécies que os constituem, sustentam a vida humana, portanto melhorias ou inovações em seus processos e desempenho levam à redução do consumo na produção de bens e serviços e dos impactos dos produtos ao longo de seu ciclo de vida.

O resultado faz parte da proposta de uma metodologia de aplicação da Análise do Ciclo de Vida baseada em categorias de impacto ambiental: mudanças climáticas, eutrofização de água doce e marinha, ecotoxicidade terrestre, marinha e de água doce, acidificação terrestre, uso da água e uso da terra, todas que será tributado na proposta de melhores práticas de gestão de bens e serviços ecossistêmicos.

Para a aplicação da metodologia, a área de estudo é dividida em unidades ambientais. São analisados os tipos de uso do solo e a trajetória das mudanças ocorridas em um determinado momento, apresentadas espacialmente. São identificadas as principais fontes de contaminação e caracterizados os sistemas de produtos envolvidos na área para avaliar as categorias que podem ter impacto direto no Ecossistema. Os resultados obtidos serão integrados a um banco de dados que permitirá futuramente a valoração económica desses bens e serviços ambientais e a proposição de melhorias para sua conservação.

A título de exemplo da aplicação da metodologia, um dos sítios de intervenção da Ecovalor está situado no município de Sagua la Grande e dentro desta Unidade Ambiental quatro, que tem como característica ser uma planície fluvial formada por depósitos aluviais, cultivados, com matagal secundário e vestígios de matas de galeria em solos aluviais. É formada por depósitos aluviais, provenientes das cheias que ocorrem principalmente nas épocas das chuvas e produto de alterações do nível de base em épocas anteriores. A vegetação que compõe a área é arbustiva secundária e restos de mata ciliar, de vital importância, pois protege da erosão hídrica, apesar desta realidade mostrar que existem inúmeros setores nas margens do rio desprovidos de vegetação e sujeitos a sofrimentos. sérios danos de erosão.

Palavras chaves: Ecossistema, categorias de impacto ambiental, práticas de gestão.

ESTIMACIÓN DE HUELLA HÍDRICA Y EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL USO DEL AGUA EN SISTEMAS LECHEROS BOVINOS DEL DEPARTAMENTO CASTELLANOS Y LAS COLONIAS, PROVINCIA DE SANTA FE

WATER FOOTPRINT ESTIMATION AND WATER USE IMPACT EVALUATION IN BOVINE DAIRY SYSTEMS OF CASTELLANOS AND LAS COLONIAS DEPARTMENT, SANTA FE PROVINCE

ESTIMATIVA DE PEGADA HIDRICA E AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO USO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE LEITERIA BOVINA DO DEPARTAMENTO CASTELLANOS E LAS COLONIAS, PROVÍNCIA DE SANTA FE

Luciana Jennerich ^{1,*}, Ma. Cecilia Panigatti ²

^{1,2} UTN, Facultad Tecnológica Nacional, Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Acuña 49, Rafaela, Argentina. lucijennerich@gmail.com; cecipanigatti@hotmail.com

RESUMEN

El proceso de intensificación productiva del sector primario lechero, acompañado del aumento en la presión ejercida sobre los recursos naturales, el aumento de la población y su demanda de alimentos, ha convertido a esta actividad en una de las mayores preocupaciones en cuanto al consumo de agua. El objetivo del trabajo es analizar establecimientos tamberos bovinos de la zona centro de la provincia de Santa Fe (departamento Castellanos y Las Colonias), caracterizándolos según su desempeño respecto del uso del agua.

Se seleccionaron tres sistemas de producción de leche bovina diferentes. Se encuentran ubicados en suelos con diferentes índices de productividad (IP) y distintos sistemas de alimentación. Producción de leche (L totales/día): Caso 1: 10472; Caso 2: 5928; Caso 3: 7200. Caso 1: 220 VO (vacas ordeño); CA (carga animal) 2,5; relación forraje-concentrado (%) 80:20; Caso 2: 180 VO; CA 1,03; 100% pastoril; Caso 3: 198 VO; CA 1,4; relación F-C 95:5.

Para el cálculo de huella hídrica (HH) se empleó el enfoque de Hoekstra. Se incluyó la fracción de HH verde (HHv) corresponde al volumen de agua captada por los cultivos a partir de las precipitaciones. La HH gris (HHg) derivada de la aplicación de fertilizantes (sólo para especies nitrogenadas), tomando como referencia el Código Alimentario Argentino (CAA). Se estimó la HH azul (HHa) para consumo para bebida animal y uso extractivo para el funcionamiento y limpieza del sistema de ordeño y de instalaciones del tambo (sala de ordeño y pisos).

Por otro lado, de acuerdo a la norma ISO 14046, se analizó el uso del agua a través del indicador WIIX (Índice de Impacto Hídrico) como categoría de impacto sobre la disponibilidad del recurso. Para eso se empleó el Water Stress Index (WSI) para la provincia de Santa Fe: 0,0106 como factor de escasez hídrico y, respecto del factor de calidad, se consideró los límites permitidos según el CAA para sus entradas, y los límites provinciales para vertimiento de líquidos residuales (Ley 11220), para sus salidas. La HH total se expresó en litros de agua/kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP) y el WIIX, en m³-eq/kg LCGP.

La HH de los cultivos (HHv y HHg) fue para el Caso 1, 1916; Caso 2, 3186,1 y Caso 3, 1725,2 L/kg/ha respectivamente. Se observa que, a mayor nivel de intensificación del sistema, menor el valor de HHv de la oferta forrajera, siendo el Caso 2 el de mayor resultado, el cual corresponde a un sistema pastoril. Al mismo tiempo, en casos donde los rendimientos del cultivo son más elevados (Caso 1, 3), el resultado de HHv por defecto disminuye, quedando atribuida esta característica a la importancia de las aptitudes del suelo y al manejo y diagrama de cultivos seleccionados. La HHg obtenida representó el menor valor de la HH total para todos los casos (Caso 1: 106,4; Caso 2: 134,9 y Caso 3: 33,5 L/kg aplicado/ha), coincidentes con estudios previos.

En relación a la HHa, se conoce que el consumo de bebida animal varía notablemente según la formulación de las dietas y la escala de producción, siendo el Caso 1 y el Caso 2, los de mayor consumo de agua individual por vaca. Sin embargo, los mayores valores totales fueron para el Caso 1, seguido del Caso 3, los cuales disponen de un sistema más intensivo al igual que mayor carga.

Se estimaron los consumos para limpieza de corrales de espera, sistema de ordeño y sala del tambo mediante valores de referencia y en aquellos casos que presentan mayor productividad los consumos fueron mayores (Caso 1 el mayor: HHa de 29564,3 L/día).

Las HH totales (HHv + HHa + HHg) expresadas en litros de agua/kg LCGP fueron para el Caso 1, 435,78, Caso 2, 1040,07 y Caso 3, 865,70. Puede inferirse de manera general que, los Casos 1 y 3 fueron los que presentaron mayor eficiencia en su consumo total de agua por unidad de producción. Los valores más altos de HH total del Caso 2, pueden deberse al consumo derivado de las pasturas, ya que es un sistema extensivo.

Sin embargo, la metodología de ISO refleja otro escenario, ya que los resultados de WIIX fueron para el Caso 1: 0,0074, Caso 2 0,003061, y Caso 3 0,00621 m³-eq WIIX/kg LCGP, siendo el Caso 1 el de mayor impacto sobre la disponibilidad de agua. Esto demuestra cómo difiere el análisis de casos empleando diferentes metodologías ya que, en esta última, los consumos y las caudales residuales están ponderados por factores de calidad y estrés hídrico.

Las metodologías empleadas permiten rápidamente visualizar cómo se comporta cada sistema y distinguir cuáles son los mayores consumos hídricos o cuál puede ser el sistema que potencialmente genere mayores presiones sobre la disponibilidad del recurso. Realizar un diagnóstico de las empresas, es el puntapié inicial para entender dónde están las posibles fallas y cómo o a partir de qué prácticas puede mejorarse dicho desempeño.

Palabras clave: huella hídrica; sistemas lecheros; eficiencia; escasez de agua.

ABSTRACT

The productive process intensification of primary dairy sector, accompanied by the increase in the pressure exerted on natural resources, the population increase and its food demand, has made this activity one of the major concerns in terms of water consumption. The objective of the work is to analyze cattle dairy establishments in the central zone of Santa Fe province (Castellanos and Las Colonias department), characterizing them according to their performance regarding water use.

Three different bovine milk production systems were selected. They are located in soils with different productivity indexes (IP) and different feeding systems. Milk production (total L/day): Case 1: 10472; Case 2: 5928; Case 3: 7200. Case 1: 220 MC (milking cow); AL (animal load) 2.5; forage-concentrate ratio (%) 80:20; Case 2: 180 MC; AL 1.03; 100% pastoral; Case 3: 198 MC; AL 1.4; F-C ratio 95: 5.

For water footprint (WF) calculation, the approach of Hoekstra was used. The fraction of green WF (WFg), corresponding to the water volume captured by the crops from precipitations was included. The gray WF (WFgr), derived from the application of fertilizers (only for nitrogenous species), was estimated, taking as reference the Argentine Food Code (CAA). The blue WF (WFb) was estimated for consumption for animal drink and extractive use for the operation and cleaning of the milking system and dairy facilities (milking parlor and floors).

On the other hand, according to the ISO 14046 standard, the use of water was analyzed through the WIIX indicator (Water Impact Index) as an impact category on the resource availability. For this, the Water Stress Index (WSI) of Santa Fe Province was used: 0,0106 as a factor of water scarcity. Regarding the quality factor, the limits allowed according to the CAA for its inputs, and the provincial limits for discharge of residual liquids (Law 11220) for its outputs were considered. The total WF was expressed in liters of water/kg of milk corrected for fat and protein (MCFP) and the WIIX, in m³-eq/kg MCFP.

The crops total WF, considering WFg and WFgr was for Case 1, 1916; Case 2, 3186,1 and Case 3, 1725,2 L/kg/ha respectively. It is observed that, the higher the system intensification level, the lower the WFg value of the forage supply, being case 2 the one with the highest result, corresponding to a pastoral system. At the same time, in cases where crop yields are higher (Case 1, 3), the default WFg result decreases, this characteristic being attributed to the importance of soil aptitudes and the management and diagram of selected crops. The WFgr obtained represented the lowest value of the total WF for all cases (Case 1: 106,4; Case 2: 134,9 and Case 3: 33,5 L/kg applied/ha), being similar with previous studies.

In relation to WFb, it is known that the consumption of animal drink varies remarkably according to the formulation of the diets and the scale of production, with Case 1 and Case 2 being the ones with the highest individual water consumption per cow. However, the highest total values were for Case 1, followed by Case 3, which have a more intensive system as well as a higher load. Consumptions for cleaning waiting pens, milking system and dairy room were estimated using reference values. In cases with higher productivity, consumptions were higher (Case 1 the highest: 29564,3 L/day).

The total WF (WFg + WFb + WFgr) expressed in liters of water/kg MCFP were for Case 1: 435,78, Case 2: 1040,07 and Case 3: 865,70. It can be inferred that Cases 1 and 3 were the ones that presented the highest efficiency in their total water consumption per production unit. The highest values of total WF in Case 2 may be due to consumption derived from pastures, since it is an extensive system. However, the ISO methodology reflects another scenario, since the WIIX results were for Case 1: 0,0074, Case 2: 0,003061, and Case 3: 0,00621 m³-eq WIIX/kg MCFP, being Case 1 the one with the greatest impact on water availability. This demonstrates how the case analysis differs when using different methodologies since, in this last, the consumptions and residual flows are weighted by quality factors and water stress.

The used methodologies make possible to visualize how each system behaves and to distinguish which are the highest water consumption or which may be the system that potentially generates the greatest pressure on the availability of the resource. Carrying out a diagnosis of the companies is the beginning to understand where the possible failures are and from what practices this performance can be improved.

Keywords: water footprint; dairy systems; efficiency; water scarcity.

RESUMO

O processo de intensificação produtiva do setor primário leiteiro, acompanhado do aumento da pressão sobre os recursos naturais, do aumento da população e da demanda pelos alimentos, tem feito desta atividade uma das grandes preocupações em termos de consumo de água. O objetivo do estudo é avaliar fazendas leiteiras bovinas da região central da província de Santa Fé (departamento Castellanos e Las Colonias), caracterizando-os de acordo com seu desempenho em quanto ao uso da água.

Três diferentes sistemas de produção de leite bovino foram selecionados. Estão localizados em solos com diferentes índices de produtividade (IP) e diferentes sistemas de alimentação. A produção de leite (total de litros/dia): Caso 1: 10472; Caso 2: 5928; Caso 3: 7200. Caso 1: 220 VO (vacas ordenha); CA (carga animal) 2,5; relação forragem-concentrado (%) 80:20; Caso 2: 180 VO; CA 1,03; 100% pastoril; Caso 3: 198 VO; CA 1,4; relação F-C 95:5.

Para o cálculo da pegada hídrica (PH), a abordagem foi de Hoekstra et al. (2011). Se incluiu a fração de PH verde (PHv) pertencente ao volume de água captado pelas plantações das precipitações. O PH cinza (PHc) derivado da aplicação de fertilizantes (somente para espécies nitrogenadas) foi estimado, considerando como referência o Código Alimentar Argentino (CAA). Na PH azul (PHa) se teve em conta no consumo para bebida animal e o uso extrativo para a operação e limpeza do sistema de ordenha e das instalações (sala de ordenha e pisos).

Por outro lado, de acordo com a norma ISO 14046, o uso da água foi analisado por meio do indicador WIIX (Índice de Impacto da Água) como categoria de impacto na disponibilidade do recurso. Para tanto, foi utilizado o Índice de Estresse Hídrico (WSI) para a província de Santa Fé: 0,0106 como fator de escassez de água e, em relação ao fator de qualidade, os limites permitidos pelo CAA para suas entradas, e os limites provinciais para descarga de líquidos residuais (Lei 11220), para suas saídas. A PH total foi expressa em litros de água/kg de leite corrigido para gordura e proteína (LCGP) e o WIIX, em m³-eq/kg LCGP.

A PH das plantações (PHv + PHc), foi para o Caso 1, 1916; Caso 2, 3186,1 e Caso 3, 1725,2 L/kg/ha, respectivamente. Observa-se que, quanto maior o nível de intensificação do sistema, menor o valor PHv da oferta de forragem, sendo o caso 2 o de maior resultado, que corresponde a um sistema pastoral. Ao mesmo tempo, nos casos em que os rendimentos das colheitas são maiores (Casos 1, 3), o resultado PHv por defeito diminui, sendo esta característica atribuída à importância das aptidões do solo e da gestão e planejamento das plantações selecionadas. O PHc obtido representou o menor valor do PH total para todos os casos (Caso 1: 106,4; Caso 2: 134,9 e Caso 3: 33,5 L/kg aplicado/ha), concordando com estudos prévios.

Em relação a PHa, se conhece que o consumo de bebida animal varia muito de acordo com a formulação das dietas e a escala de produção. O Caso 1 e o Caso 2, tiveram os consumos individuais de água por vaca mais altos. No entanto, os maiores valores totais foram para o Caso 1, seguido do Caso 3, que possui um sistema mais intensivo e também uma carga maior.

Os consumos para limpeza de currais de espera, o equipamento e a sala de ordenha foram estimados usando valores de referência e nos casos de maior produtividade, os consumos foram maiores (Caso 1 o maior: 29564,3 L / dia).

Os PH totais (PHv + PHa + PHc) expressos em litros de água/kg LCGP foram para o Caso 1, 435,78, Caso 2, 1040,07 e Caso 3, 865,70. Pode-se inferir de forma geral que os Casos 1 e 3 foram os que apresentaram maior eficiência no consumo total de água por unidade de produção. Os maiores valores de PH total no Caso 2, podem ser devidos ao consumo procedente de pastagens, por se tratar de um sistema extensivo.

No entanto, a metodologia ISO reflete outro cenário, já que os resultados do WIIX foram para o Caso 1: 0,0074, Caso 2 0,00306 e Caso 3 0,00621 m³-eq WIIX/kg LCGP, sendo o Caso 1 aquele com maior impacto na disponibilidade de água. Essa comparação permite evidenciar como a análise dos casos difere ao momento da utilização desta metodologia porque, os consumos e os fluxos residuais são ponderados por fatores de qualidade e estresse hídrico.

As metodologias empregadas permitem visualizar rapidamente o comportamento de cada sistema e distinguir quais são os maiores consumos de água ou qual pode ser o sistema que potencialmente gera a maior pressão sobre a disponibilidade do recurso. Fazer um diagnóstico das empresas é o ponto de partida para entender onde estão as possíveis falhas e como ou a partir de quais práticas, esse desempenho pode ser aprimorado.

Palavras chave: pegada da água; fazenda leiteira; eficiência, escassez de água.

NUEVO DISEÑO HABITACIONAL DE EMERGENCIA: PERFIL AMBIENTAL

NEW EMERGENCY HOUSING DESIGN: ENVIRONMENTAL PROFILE

NOVO PROJETO DE HABITAÇÃO DE EMERGÊNCIA: PERFIL AMBIENTAL

Miriam López ¹, Silvia Curadelli ^{1*}, Roxana Piastrellini ¹, Maximiliano Cadille ¹

¹Grupo CLIOPE – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza. Cnel. Rodríguez 273 – C. P. 5500 – Mendoza, Argentina. Tel. 5244693. *silvia.curadelli@gmail.com

RESUMEN

La historia sobre el emplazamiento de viviendas de emergencia refleja que la necesidad de un espacio habitable se resuelve mediante un sistema constructivo básico, que garantice las condiciones mínimas de protección contra la intemperie, seguridad e higiene. En general, los campamentos de emergencia no responden a viviendas eficientes funcionalmente y sólo resuelven la situación inmediata sin considerar que, en muchos casos, estas soluciones habitacionales provisionales son ocupadas por periodos prolongados (como las casas prefabricadas provisionales de la Primera y Segunda Guerras Mundiales en Inglaterra). En este sentido, es posible pensar en albergues que incurran en sistemas constructivos perdurables en el tiempo, y que puedan ser mejorados y ampliados progresivamente.

Bajo estas premisas es que se está trabajando en la búsqueda de un diseño funcional y ambientalmente eficiente para viviendas destinadas a personas en situación de vulnerabilidad ante situaciones críticas; integrando criterios de sustentabilidad, tanto en la elección de los materiales como en la incorporación de estrategias activas y pasivas para el ahorro energético.

En este trabajo se exponen los resultados preliminares del análisis de ciclo de vida de una vivienda modular de emergencia, con el objetivo de identificar materiales que permitan reducir el impacto ambiental asociado a las etapas de extracción de materias primas, manufactura de materiales, transporte y construcción de la vivienda, sin descuidar la funcionalidad de cada uno de sus componentes.

El diseño estudiado se ha realizado en base a un sistema modular de 25 m² (Unidad funcional), teniendo en cuenta las dimensiones de los paneles que pueden realizarse con las placas que ofrece el mercado (1,22 m por 2,44 m), reduciendo al mínimo el desperdicio de materiales.

La configuración de la vivienda se obtiene como resultado de la unión de dos módulos de 3 m por 5 m, donde sus componentes mantienen iguales medidas en superficie, alto y ancho, lo que asegura poder transportarlo sin problemas, ya que ocupa un espacio apropiado para vehículos de carga normal. Asimismo, permite rapidez de montaje con un mínimo de equipamiento, resultando una solución viable tanto en países de medianos o escasos recursos, ofreciendo durabilidad, flexibilidad de uso y adecuación al crecimiento.

El estudio incluye la extracción de materias primas, la fabricación y el transporte de materiales hasta el sitio de emplazamiento de la vivienda, los flujos de residuos y su transporte hasta los sitios de disposición final. Se evaluaron las categorías de impacto de punto medio incluidas en el Método ReCiPe.

Los resultados obtenidos muestran que la producción de los elementos que conforman la estructura de la vivienda contribuye aproximadamente con el 72% de los impactos para las categorías Calentamiento global y Material particulado fino, y con el 90% para Ecotoxicidad (terrestre, de agua dulce y marina). En la categoría Uso del suelo, el piso del módulo contribuye con el 30% del impacto total, mientras que los muros interiores y exteriores contribuyen con el 25% y el 16%, respectivamente.

Se destaca que este estudio es parte de un proyecto de mayor alcance que pretende encontrar un prototipo habitacional sustentable desde los puntos de vista energético y ambiental. Por lo cual, los resultados aquí presentados serán complementados con estudios de alternativas de diseño y materiales constructivos que mejoren la performance ambiental de la vivienda de emergencia, y con análisis de la incorporación de estrategias activas y pasivas para la provisión de energía térmica y eléctrica.

Palabras Clave: Viviendas de emergencia, Análisis de Ciclo de Vida, Construcción sustentable.

ABSTRACT

The history of the emergency housing siting reflects that the need for a habitable space is solved through a basic construction system, which guarantees the minimum conditions of bad weather, safety and hygiene. In general, emergency camps do not respond to functionally efficient houses and only solve the immediate situation without considering that, in many cases, these houses are occupied for prolonged periods (such as the temporary prefabricated houses of the First and Second World Wars in England). In this sense, it is possible to think of shelters that incur in construction systems that last over time, and that can be progressively improved and expanded.

Under these premises, we are working on the search for a functional and environmentally efficient design for homes for people in vulnerable situations in the face of critical contingencies, integrating sustainability criteria, both in the choice of materials and in the incorporation of active and passive strategies for energy saving.

This work presents the preliminary results of the life cycle assessment of a modular emergency home, with the aim of identifying materials that allow reducing the environmental impact associated with the extraction of raw materials, manufacturing of materials, transportation and construction. of the house, without neglecting the functionality of each of its components.

The studied design has been made based on a 25 m² modular system (Functional Unit), taking into account the dimensions of the panels that can be made with the plates offered by the market (1.22 m by 2.44 m), reducing the minimal waste of materials.

The configuration of the house is obtained as a result of the union of two modules of 3 m by 5 m, where its components maintain the same measurements in surface, height and width, which ensures being able to transport it without problems, since it occupies an appropriate space for normal cargo vehicles. Likewise, it allows rapid assembly with a minimum of equipment, resulting in a viable solution both in countries with medium or limited resources, offering durability, flexibility of use and adaptation to growth.

The study includes the extraction of raw materials, the manufacture and transport of materials to the site where the house is located, the waste streams and their transport to the final disposal sites. The midpoint impact categories included in the ReCiPe Method were evaluated.

The results obtained show that the production of the elements that make up the structure of the house contributes approximately 72% of the impacts for the categories Global warming and Fine particulate matter, and with 90% for Ecotoxicity (terrestrial, freshwater and marine). In the Land use category, the module floor contributes 30% of the total impact, while the interior and exterior walls contribute 25% and 16%, respectively.

It should be noted that this study is part of a larger project that aims to find a sustainable housing prototype from the energy and environmental points of view. Therefore, the results presented here will be complemented with studies of design alternatives and construction materials that improve the environmental performance of emergency housing, and with analysis of the incorporation of active and passive strategies for the provision of thermal and electrical energy.

Keywords: Emergency housing, Life Cycle Assessment, Sustainable construction.

RESUMO

A história da implantação de moradias de emergência reflete que a necessidade de um espaço habitável se resolve através de um sistema construtivo básico, que garante as condições mínimas de intempéries, segurança e higiene. Em geral, os campos de emergência não respondem a casas funcionalmente eficientes e apenas resolvem a situação imediata sem considerar que, em muitos casos, essas casas são ocupadas por períodos prolongados (como as casas provisórias pré-fabricadas da Primeira e Segunda Guerras Mundiais na Inglaterra). Nesse sentido, é possível pensar em abrigos que incorrem em sistemas construtivos que perduram no tempo, podendo ser progressivamente melhorados e ampliados.

Sob estas premissas, trabalhamos na busca de um projeto funcional e ambientalmente eficiente de residências para pessoas em situação de vulnerabilidade diante de contingências críticas, integrando critérios de sustentabilidade, tanto na escolha de materiais como na incorporação de estratégias ativas e passivas para economia de energia.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares da avaliação do ciclo de vida de uma casa modular de emergência, com o objetivo de identificar materiais que permitam reduzir o impacto ambiental associado à extração de matérias-primas, fabricação de materiais, transporte e construção. da casa, sem descurar a funcionalidade de cada um dos seus componentes.

O projeto estudado foi feito com base em um sistema modular de 25 m² (Unidade Funcional), levando em consideração as dimensões dos painéis que podem ser feitos com as placas oferecidas pelo mercado (1,22 m por 2,44 m), reduzindo o desperdício mínimo de materiais.

A configuração da casa é obtida a partir da união de dois módulos de 3 m por 5 m, onde seus componentes mantêm as medidas em superfície, altura e largura, o que garante poder transportá-la sem problemas, uma vez que ocupa um espaço apropriado para veículos de carga normal. Da mesma forma, permite uma montagem rápida com um mínimo de equipamentos, resultando em uma solução viável tanto em países com recursos médios ou limitados, oferecendo durabilidade, flexibilidade de uso e adaptação ao crescimento.

O estudo inclui a extração de matérias-primas, a fabricação e transporte de materiais até o local onde está localizada a casa, os fluxos de resíduos e seu transporte até os locais de disposição final. As categorias de impacto de ponto médio incluídas no Método ReCiPe foram avaliadas.

Os resultados obtidos mostram que a produção dos elementos que compõem a estrutura da casa contribui com aproximadamente 72% dos impactos para as categorias Aquecimento Global e Partículas Finas, e com 90% para Ecotoxicidade (terrestre, de água doce e marinha). Na categoria Uso do solo, o piso modular contribui com 30% do impacto total, enquanto as paredes internas e externas contribuem com 25% e 16%, respectivamente.

De referir que este estudo faz parte de um projeto maior que visa encontrar um protótipo de habitação sustentável do ponto de vista energético e ambiental. Portanto, os resultados aqui apresentados serão complementados com estudos de alternativas de projeto e materiais de construção que melhorem o desempenho ambiental de moradias de emergência, e com análise da incorporação de estratégias ativas e passivas para o fornecimento de energia térmica e elétrica.

Palavras-chave: Habitação de emergência, Avaliação do ciclo de vida, Construção sustentável.

WATER FOOTPRINT OF LEMON AND BY-PRODUCTS PRODUCTION IN TUCUMAN

PEGADA DE ÁGUA DA PRODUÇÃO DE LIMÃO E SUB-PRODUTOS EM TUCUMAN

HUELLA HIDRICA DE LA PRODUCCION DE LIMON Y SUBPRODUCTOS EN TUCUMAN

María Emilia Iñigo Martínez ^{1, 2 *}; Patricia Garolera De Nucci ²; Walter Daniel Machado ^{2, 3}; Alejandro Pablo Arena ^{1, 4}

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Argentina. emilia.inigo@gmail.com, minigo@eeaoc.org.ar

² Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) Tucumán, Argentina. pgarolera@eeaoc.org.ar

³ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina. daniel.machado@eeaoc.org.ar

⁴ Grupo CLIOPE, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Argentina. aparena@gmail.com

ABSTRACT

Currently, there is a growth demand in world for citrus and by-products, produced under environmental quality regulations.

Argentina is one of the main worldwide lemons agro-exporters (FEDERCITRUS, 2018).

In the province of Tucumán, citrus distribution zone extends from north to south in a foothills area, with great rainfall availability, which improves the crop growth (Soria et al, 2014).

However, rains have an irregular distribution and dry period coincides with the maximum crop water requirement. Therefore, during certain periods, the crop must have an adequate supply of water to guarantee the normal development of vegetative mass and an acceptable production (Palacios, 2013).

The growing shortage of fresh water worldwide is a consequence of high demands in agriculture and industry (Hoekstra et al., 2012).

The volume of water consumed during lemons production and by-products manufacture contribute to the water resource depletion. Therefore, it is important to quantify the water used in the whole process.

The water footprint quantification provides information to achieve a sustainable and efficient water use. However, citrus research in Tucumán is scarce. Therefore, the main goal of this work is to analyze different water scenarios in the province for lemon and by-products production, using the water footprint methodology.

The analysis was carried out, for wet and dry land areas, during the annual lemons planting and harvesting period. In addition, it was taken into account the effluents generated in the factory reuse for an irrigation scenario.

The system under study is divided into: agricultural system (S1) and industrial system (S2). In S1 agrochemicals management plan and agronomic work for older than ten years trees was considered. In S2, the different production stages for each product were analyzed.

For green and blue water footprint (green WF and blue WF) quantification in S1, the CROPWAT 8.0 software was used.

Agroclimatic data was generated from EEAOC own meteorological stations and CLIMWAT 2.0 software, while the crop data and type of soil were obtained from FAO reports.

The gray water footprint (gray WF) was quantified with the agrochemicals application rates in field, leaching factors and maximum allowed concentration of the agrochemicals in freshwater course from national and provincial legislation.

The allocation of the water footprint on the output products was made according to the economic value of the products.

In the results it can be observed that each subsystem contributes to the different total green WF, blue and gray values. In both wet and dry areas, a greater participation of S2 in water footprint values can be observed.

On the other hand, there is a decrease in green WF for S1 in irrigation scenario with regard of dry land scenario, due to the increase in lemons yield production. In addition, the use of treated effluents irrigation decreased the participation of S1 in blue WF and S2 in gray WF.

Regarding products, the concentrated juice production had a greater influence on green, blue and gray WF in both wet and dry areas. Later on, the blue WF was higher for peel production on dry land scenario.

For fruit, the total value of WF in dry land is 184.99 m³ / t and in irrigated land it is 174.79 m³ / t. In turn, if the irrigation scenario with factory effluent disposal is considered, the WF value is 175.63 m³ / t.

In conclusion, the water footprint quantification of lemons and by-products production could be a very useful tool to generate information about the use of the water resource and to make decisions that ensure sustainable production.

The economic allocation determines that the weighted green WF of concentrated juice production is higher than for the lemon production and also the low values obtained for the peel production.

On the other hand, the generated effluents use does not present a great variation in the water footprint values per ton of fruit produced, but there is an important decrease in volume of gray WF in the water course, due to the avoided effluent. Furthermore, the gray HH values in lemons production warn about the importance of adopting most sustainable agriculture practice.

It is necessary to carry out the water footprint evaluation of sustainability, analyze the different varieties of lemon trees from foothills region, analyze the sensitivity of the results for the chosen allocation and complete this study with water footprint quantification, using the ISO 14046 approach.

Keywords: water footprint, lemon by-products, water consumption.

RESUMO

Atualmente, há uma demanda crescente no mundo por citros e subprodutos, produzidos sob normas de qualidade ambiental.

A Argentina é um dos principais agroexportadores mundiais de limões (FEDERCITRUS, 2018).

Na província de Tucumán, a zona de distribuição de citros se estende de norte a sul em uma área de sopé, com grande disponibilidade de chuvas, o que melhora o crescimento da cultura (Soria et al, 2014).

No entanto, as chuvas têm uma distribuição irregular e o período de seca coincide com as necessidades máximas de água da cultura. Portanto, durante certos períodos a cultura deve ter um abastecimento adequado de água para garantir o desenvolvimento normal da massa vegetativa e uma produção aceitável (Palacios, 2013).

A crescente escassez de água doce em todo o mundo é uma consequência da alta demanda na agricultura e na indústria (Hoekstra et al., 2012).

Os volumes de água consumidos durante a produção do limão e a fabricação dos subprodutos contribuem para o esgotamento dos recursos hídricos. Portanto, é importante a quantificação da água utilizada em todo o processo.

A quantificação da pegada hídrica fornece informações para alcançar um uso sustentável e eficiente da água. No entanto, a pesquisa de citros em Tucumán é escassa, portanto, o objetivo principal deste trabalho é analisar os diferentes cenários hídricos da província para a produção de limão e subprodutos, usando a metodologia da pegada hídrica.

A análise foi realizada, para áreas úmidas e secas, durante o período de semeadura e colheita anual de limões. Além disso, foram considerados os efluentes gerados no reaproveitamento da fábrica, para um cenário de irrigação.

O sistema em estudo está dividido em: sistema agrícola (S1) e sistema industrial (S2). No S1 foi considerado um plano de manejo de agroquímicos e trabalho agrônomo para árvores com mais de dez anos. No S2, foram analisadas as diferentes etapas de produção, para cada produto.

Para a quantificação da pegada hídrica verde e azul (HH verde e HH azul) em S1, foi utilizado o software CROPWAT 8.0.

Os dados agroclimáticos foram obtidos das estações meteorológicas da EEAO e do software CLIMWAT 2.0, enquanto os dados da cultura e tipo de solo foram obtidos dos relatórios da FAO.

A pegada hídrica cinza (HH cinza) foi quantificada com as taxas de aplicação de agroquímicos no campo, fatores de lixiviação e concentração máxima permitida de agroquímicos no curso de água doce da legislação nacional e provincial.

A alocação da pegada hídrica nos produtos de saída foi feita de acordo com o valor econômico dos produtos.

Nos resultados pode-se observar como cada subsistema contribui para os diferentes valores totais de HH verde, azul e cinza. Tanto nas áreas úmidas quanto nas secas, pode-se observar uma maior participação do S2 nos valores da pegada hídrica.

Por outro lado, há uma diminuição no HH verde para S1 no cenário de irrigação em relação ao cenário de terra seca, devido ao aumento na produção de limão. Além disso, o uso de irrigação com efluentes tratados diminuiu a participação de S1 em HH azul e S2 em HH cinza.

Em relação aos produtos, a produção de suco concentrado teve maior influência no HH verde, azul e cinza, tanto na área úmida quanto na seca. Posteriormente, o azul HH foi maior para a produção de casca em cenário de terra seca.

Para frutas, o valor total de HH em sequeiro é de 184,99 m³ / t e em terras irrigadas é de 174,79 m³ / t. Por sua vez, se considerado o cenário de irrigação com disposição de efluente da fábrica, o valor HH é de 175,63 m³ / t.

Concluindo, a quantificação da pegada hídrica da produção de limão e subprodutos pode ser uma ferramenta muito útil para gerar informações sobre o uso do recurso hídrico, para a tomada de decisões que garantam uma produção sustentável.

A alocação econômica determina que o HH green ponderado da produção de suco concentrado seja superior ao da produção de limão e também os baixos valores obtidos para a produção de casca.

Por outro lado, o aproveitamento dos efluentes gerados não apresenta grande variação nos valores da pegada hídrica por tonelada de fruta produzida, mas há uma diminuição importante do volume de HH cinza no curso d'água, devido ao efluente evitado. Além disso, os valores de cinza HH na produção de limão alertam sobre a importância da adoção de uma prática de agricultura orgânica.

É necessário realizar a avaliação da pegada hídrica de sustentabilidade, analisar as diferentes variedades de limoeiros da região do sopé, analisar a sensibilidade dos resultados para a alocação escolhida e concluir este estudo com a quantificação da pegada hídrica, utilizando a abordagem ISO 14046.

Palavras-chave: pegada hídrica, subprodutos do limão, consumo de água.

RESUMEN

Actualmente, existe un crecimiento en la demanda mundial de cítricos y derivados, producidos bajo normativas de calidad ambiental.

La Argentina integra los principales agroexportadores de limón a nivel mundial (FEDERCITRUS, 2018).

En la provincia de Tucumán, la zona de distribución de los cítricos se extiende de norte a sur en un área de piedemonte, con disponibilidad de precipitaciones, lo que favorece al crecimiento de dicho cultivo (Soria et al, 2014).

Sin embargo, las lluvias tienen una distribución irregular y el periodo seco coincide con el máximo requerimiento hídrico del cultivo. Por lo tanto, durante ciertos periodos deben contar con una adecuada provisión de agua para garantizar el normal desarrollo de su masa vegetativa y una aceptable producción (Palacios, 2013).

La creciente escasez de agua dulce a nivel mundial es consecuencia de las altas demandas de agua destinadas a la agricultura y las necesidades de agua de la industria (Hoekstra et al., 2012).

Los volúmenes de agua consumidos durante la producción de limón, y fabricación de subproductos, contribuyen al agotamiento del recurso hídrico. Por lo tanto, es de gran importancia la cuantificación del agua utilizada para dichos procesos.

El cálculo de la huella hídrica proporciona información para lograr un uso del agua sustentable y eficiente. Sin embargo, las investigaciones sobre cítricos en Tucumán, son escasas, por ello este trabajo se presenta con el objetivo de analizar los productos del limón en diferentes escenarios hídricos en la provincia, utilizando dicha metodología.

El análisis se llevó a cabo, para zonas en regadío y secano, durante el periodo anual de plantación y cosecha de limones. Además, se tuvo en cuenta cómo afecta al escenario en regadío, la reutilización de los efluentes generados en fábrica.

El sistema en estudio se divide en: *subsistema agrícola* (S1) y *subsistema industrial* (S2). En S1 se considera un plan de manejo de agroquímicos y labores agronómicas para plantas mayores a diez años. En S2, se tuvieron en cuenta las diferentes etapas de producción, para cada línea de productos derivados.

Para el cálculo de la huella hídrica verde y azul (HH verde y HH azul) en S1, se empleó el software CROPWAT 8.0.

Los datos agroclimáticos fueron generados por estaciones meteorológicas de la EEAOC y del software CLIMWAT 2.0., mientras que la información relacionada al cultivo y al tipo de suelo, se obtuvieron de informes de la FAO.

La huella hídrica gris (HH gris) se calculó teniendo en cuenta las tasas de aplicación de los agroquímicos en el campo, el factor de lixiviación/escorrentía y la concentración máxima permitida del agroquímico en el curso de agua dulce a partir de legislaciones nacionales y provinciales.

La asignación de la huella hídrica sobre los productos de salida se realizó según el valor económico de los productos.

En los resultados se puede observar cómo contribuye cada subsistema a los diferentes valores HH verde, azul y gris totales.

Tanto en secano como en regadío, se puede observar una mayor participación de S2 a los valores de la huella hídrica.

Por otro lado, se aprecia una disminución de HH verde para S1 en regadío con respecto al escenario en secano, debido al aumento del rendimiento en la producción de limón. Además, se analizó el uso del fertirriego con efluentes tratados, en donde se observa una disminución de la participación de S1 en la HH azul y de S2 en la HH gris.

En cuanto a los productos, la producción de jugo concentrado tuvo mayor influencia en la HH verde, azul y gris tanto en secano como en regadío. Luego, la HH azul fue mayor para la producción de cáscara en secano.

Para la fruta, el valor de la HH total en secano es 184,99 m³/t y en regadío es 174,79 m³/t. A su vez, si se considera el escenario en regadío con disposición de efluentes de fábrica es la HH calculada tiene un valor de 175,63 m³/t.

En conclusión, el cálculo de huella hídrica de la producción de limón y derivados, puede ser una herramienta de gran utilidad para generar información sobre el uso del recurso hídrico, y colabore con la toma de decisiones que aseguren una producción sustentable.

La asignación económica determina que la HH verde ponderada de la producción de jugo concentrado sea mayor que para la producción de limón y también los bajos valores obtenidos para la producción de cáscara.

Por otro lado, la utilización de los efluentes generados no presenta una gran variación en los valores de la huella hídrica por tonelada de fruta producida, pero si se considera importante la disminución en volumen de la HH gris en el curso de agua, debido al efluente evitado. Además, los valores de la HH gris en la producción de limón alerta sobre la importancia de adoptar una agricultura más sustentable.

Es necesario realizar la evaluación de sustentabilidad de la huella hídrica, analizar las diferentes variedades de limoneros que se encuentran en la región pedemontana, analizar la sensibilidad de los resultados con respecto a la asignación elegida y completar este estudio con el cálculo de la huella del agua, empleando el enfoque de ISO 14046.

Palabras clave: huella hídrica, subproductos del limón, consumo de agua.

ENVIRONMENTAL, NUTRITIONAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ANCHOVY, TUNA AND STURGEON CANNING IN A REPRESENTATIVE SPANISH MARINE PRODUCTS AREA

María Margallo, Israel Ruiz-Salmón, Jara Laso, Rubén Aldaco

Departamento de Ingenierías Química y Biomolecular, Universidad de Cantabria, Avda. de Los Castros, s.n., 39005 Santander, Spain. maria.margallo@unican.es, israel.ruizsalmon@unican.es, jara.laso@unican.es, ruben.aldaco@unican.es

ABSTRACT

Canning represents one of the most important economic activities in Cantabria (Northern Spain). Indeed, anchovy canning (excluded pickled preserves) ranked Top 3 main products manufactured in the industry in the Eastern Coastal zone of the community, producing the 70% of the total Spanish amount in 2019 and around 80 million euros; whereas tuna canning ranked fifth with almost 60 million euros¹.

This study will address the environmental analysis of three fishes processed in the same canning facility: anchovy (*Engraulis encrasicolus*), white tuna (*Thunnus alalunga*) and the Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). Through a 'gate-to-gate' Life Cycle Assessment (LCA) the research will allow to know the scope of a typical factory in the most representative canning region in Spain. Differences in the geographic origin of the fishes (anchovy and tuna mainly from Cantabrian Sea; sturgeon from a fish farm in Teruel) and processing time (a couple of weeks for tuna; few months for anchovy; throughout the year for the sturgeon) were also comparatively addressed in the LCA. Besides, products and by-products involve different sizes, materials and packaging alternatives, which will be also assessed.

The function was to evaluate the environmental impact of an aluminium can that contains tuna, anchovy and sturgeon with sunflower oil. Based on the function, the selected functional unit (FU) was one can of 15.6 g containing these products. Excluding the fishing and aquaculture stages, global warming potential ranges from 0.378 kg CO₂/FU for anchovy, 0.261 kg CO₂/FU for sturgeon and 0.195 kg CO₂/FU for tuna. The production of the aluminium packaging, the electricity and fuel requirements and the production of sunflower oil are the main contributors in the three products. The packaging represents between 50-70% of the total impact of tuna and sturgeon and 35% for anchovy, diesel production and consumption ranges from 21% to 40% and sunflower oil around 5%. The main differences were observed in the energy requirements. Tuna and sturgeon do not require preserving and curing chambers, so the energy demand is lower and; thus, its environmental impacts. On the contrary, these chambers are essential for anchovy processing representing more than 50% of the impact. Moreover, anchovy processing requires more sunflower oil than tuna and sturgeon increasing the carbon footprint of this product.

Measure to improve the environmental performance of canning products include the use of renewable energies, the eco-design of the packaging and the use of more sustainable materials, promoting circular economy approach. However, this environmental study has to consider also the preferences and behaviour of consumers. These social issues, as well as economic aspects, should be analysed for the packaging improvement.

The outcomes of the study will help to determine the environmental impacts and hotspots of canning products, proposing improvement measures regarding the process efficiency and the packaging. This will contribute to a more sustainable canning industry in Cantabria.

Keywords: Life cycle assessment, canning, seafood sector.

1 ICANE, 2020. Instituto Cántabro de Estadística. Encuesta Industrial de Productos. Cantabria 2019.

¿QUÉ SE ENCUENTRA EN LA LITERATURA SOBRE LA CATEGORÍA DE IMPACTO EUTROFIZACIÓN TERRESTRE Y ACUÁTICA EN LATINOAMÉRICA?

WHAT IS FOUND IN THE LITERATURE ON THE CATEGORY OF TERRESTRIAL AND AQUATIC EUTROPHICATION IMPACT IN LATIN AMERICA?

O QUE É ENCONTRADO NA LITERATURA SOBRE A CATEGORIA DE IMPACTO DA EUTROFIZAÇÃO TERRESTRE E AQUÁTICA NA AMÉRICA LATINA?

Eliana Conci ^{*1,2}, Analía Rosa Becker ^{3,4,5}, Alejandro Pablo Arena ^{1,2}, Bárbara María Civit ^{1,2}

¹ Grupo CLIOPE (Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Mendoza). Cnel. Rodríguez 273, Mendoza, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)-CCT Mendoza. Mendoza, Argentina.

³ I. A. P. de Cs. Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María. Av. A. Jauretche 1555, Villa María, Córdoba, Argentina.

⁴ Centro de Investigación y Transferencia (CIT)-CONICET Villa María. Villa María, Córdoba, Argentina.

⁵ Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

*econci@mendoza-conicet.gob.ar, abecker@exa.unrc.edu.ar, aparena@gmail.com, barbaracivit@gmail.com

RESUMEN

El modelo productivo tradicional, motor de la economía mundial, se encuentra en proceso de transformación hacia sistemas productivos menos dependientes del consumo no sostenible de recursos naturales y humanos. A partir de las pautas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente en el n° 12, ha aumentado considerablemente la voluntad de los sectores productivos y de la sociedad por producir y consumir responsablemente. También, se vislumbra una respuesta de los tomadores de decisión que promueven políticas tendientes a favorecer y promover tales cambios. Para alcanzar estas metas, es necesario contar con herramientas de evaluación de impacto ambiental de productos y actividades que colaboren con la toma de decisión en todos los niveles. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una de ellas y permite conocer el perfil ambiental de productos, procesos y actividades mediante la aplicación de factores de caracterización (CFs) a los flujos de entrada de materiales y recursos identificados en cada etapa del ciclo de vida del producto analizado. Entre las categorías de impacto evaluadas en todos los modelos y métodos de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), se encuentra la *eutrofización*, permitiendo cuantificar el impacto potencial del aumento de nutrientes en ecosistemas acuáticos (de agua dulce y marinos) y terrestres. Los CFs regionales no están desarrollados para todas las partes del mundo (normalmente sólo para Europa y América del Norte), lo que es un problema en un mundo globalizado donde los procesos que componen un sistema pueden tener lugar en cualquier parte del planeta. La eutrofización es una categoría de impacto con carácter regional, cuyo enfoque metodológico fue recientemente revisado, actualizado y consensuado en el Pellston Workshop organizado por la Iniciativa de Ciclo de Vida en 2018. Sin embargo, se ha encontrado escaso desarrollo de esta categoría de impacto en Latinoamérica en general, y en Argentina en particular. El objetivo del trabajo es efectuar una profunda revisión de la literatura existente sobre la categoría de impacto regional eutrofización. La revisión se llevó adelante mediante buscadores como Google Scholar, Science Direct, Springer Link, Scielo, REDIB, OAJI, DOAJ, JSTOR, Latindex, Pubindex, Dialnet y Redalyc. Asimismo, se revisaron actas de eventos científicos bajo el paraguas del pensamiento de ciclo de vida, todo ello empleando palabras clave como estrategia de búsqueda. Se postularon una serie de preguntas sobre qué buscar en los artículos y exposiciones identificadas y, a partir de 4556 estudios que se encontraron inicialmente, se seleccionaron 95 que respondían a los intereses buscados. Entre ellos, se encontraron escasos artículos que analicen de manera integrada los ecosistemas acuáticos y terrestres. Esto, pone en evidencia que se requieren estudios sobre esta categoría de impacto en Argentina en regiones con significancia ambiental, considerando las características de los ecosistemas receptores y la inclusión del análisis de los mecanismos de impacto en ecosistemas acuáticos, que se justifica en que varios autores han estudiado la eutrofización acuática en la región, pero fuera del contexto del ACV. Las contribuciones humanas al aumento del ciclo del nitrógeno y

el fósforo a través de la biosfera amenazan la salud de los ecosistemas de agua dulce y marinos y las funciones económicas y de apoyo a la vida que éstos desempeñan. Al comparar los cuerpos de agua dulce o las zonas terrestres, puede haber diferencias debidas a la variación del clima, la composición de las especies, la geología subyacente o las tensiones ambientales previas, entre otras. La elección del desarrollo de indicadores regionales dentro de la etapa de EICV es visiblemente justificada para llevar adelante una investigación, donde la eutrofización acuática y terrestre aún no está explorada en el ámbito del ACV a nivel regional. A partir de estos hallazgos, y otros, se prevé continuar con un análisis sistemático de los estudios resultantes de la revisión bibliográfica que permitan identificar las necesidades de investigación para la región sobre eutrofización en sub-regiones latinoamericanas dada la variabilidad bioclimática y las amplias diferencias entre los sistemas productivos, incluso dentro de los países que conforman la región. También, se propone el desarrollo de un conjunto de indicadores de eutrofización con un nivel de agregación regional, o incluso por sub-regiones o países, que contribuiría a la sostenibilidad ambiental de Latinoamérica, de modo que la presencia de valores regionales evite el uso de CFs desarrollados para otros sitios, generando resultados no representativos para categorías de impacto dependientes del sitio como lo es la eutrofización. Con esta investigación, se intenta brindar herramientas para minimizar los impactos derivados de la producción y el consumo de productos y servicios, dando origen al desarrollo de una tesis doctoral iniciada en 2020, en Mendoza, Argentina.

Palabras clave: revisión bibliográfica, eutrofización, impactos ambientales, Latinoamérica.

ABSTRACT

The traditional production model, the driving force of the world economy, is in the process of transformation towards production systems that are less dependent on the unsustainable consumption of natural and human resources. Since the guidelines established in the Sustainable Development Goals, specifically in Sustainable Development Goal No. 12, the willingness of the productive sectors and society to produce and consume responsibly has increased considerably. There is also a response from decision-makers who promote policies aimed at favoring and promoting such changes. To achieve these goals, it is necessary to have tools to assess the environmental impact of products and activities to assist decision making at all levels. Life Cycle Assessment (LCA) is one of them and allows to know the environmental profile of products, processes and activities by applying characterization factors (CFs) to the input flows of materials and resources identified at each stage of the life cycle of the product under analysis. Among the impact categories assessed in all Life Cycle Impact Assessment (LCIA) models and methods is eutrophication, allowing quantification of the potential impact of increased nutrients in aquatic (freshwater and marine) and terrestrial ecosystems. Regional CFs are not developed for all parts of the world (usually only for Europe and North America), which is a problem in a globalized world where the processes that make up a system can take place anywhere on the planet. Eutrophication is a regional impact category, whose methodological approach was recently reviewed, updated and agreed upon at the Pellston Workshop organized by the Life Cycle Initiative in 2018. However, little development of this impact category has been found in Latin America in general, and in Argentina in particular. The objective of this work is to carry out a thorough review of the existing literature on the regional impact category eutrophication. The review was carried out through search engines such as Google Scholar, Science Direct, Springer Link, Scielo, REDIB, OAJI, DOAJ, JSTOR, Latindex, Publindex, Dialnet and Redalyc. Proceedings of scientific events were also reviewed under the umbrella of life cycle thinking, all using keywords as a search strategy. A series of questions were posed on what to look for in the articles and presentations identified and, from the 4556 studies initially found, 95 were selected that responded to the interests sought. Among them, few articles were found that analyze aquatic and terrestrial ecosystems in an integrated manner. This highlights the need for studies on this category of impact in Argentina in regions of environmental significance, considering the characteristics of the receiving ecosystems and the inclusion of the analysis of the mechanisms of impact on aquatic ecosystems, which is justified by the fact that several authors have studied aquatic eutrophication in the region, but outside the context of the LCA. Human contributions to the increased cycling of nitrogen and phosphorus through the biosphere threaten the health of freshwater and marine ecosystems and the economic and life-supporting functions they perform. When comparing freshwater bodies or terrestrial areas, there may be differences due to variation in climate, species composition, underlying geology, or previous environmental stresses, among others. The choice of developing regional indicators within the LCIA stage is visibly justified to carry out research where aquatic and terrestrial eutrophication is not yet explored in LCA at the regional level. Based on these and other findings, it is planned to continue with a systematic analysis of the studies resulting from the literature review to identify research needs for the region on eutrophication in Latin American sub-regions, given the bioclimatic variability and the wide differences between production systems, even within the countries that make up the region. It is also proposed to develop a set of eutrophication indicators with a regional aggregation level, or even by

sub-regions or countries, which would contribute to the environmental sustainability of Latin America, so that the presence of regional values avoids the use of CFs developed for other sites, generating non-representative results for site-dependent impact categories such as eutrophication. With this research, we intend to provide tools to minimize the impacts derived from the production and consumption of products and services, giving rise to the development of a doctoral thesis initiated in 2020, in Mendoza, Argentina.

Key words: literature review, eutrophication, environmental impacts, Latin America.

RESUMO

O modelo tradicional de produção, o motor da economia mundial, está em processo de transformação para sistemas de produção menos dependentes do consumo insustentável de recursos naturais e humanos. A partir das diretrizes estabelecidas nas Metas de Desenvolvimento Sustentável, especificamente no dia 12, a disposição dos setores produtivos e da sociedade para produzir e consumir de forma responsável aumentou consideravelmente. Há também uma resposta dos tomadores de decisão que promovem políticas para incentivar e promover tais mudanças. Para atingir estes objetivos, é necessário ter ferramentas para avaliar o impacto ambiental de produtos e atividades que colaboram com a tomada de decisões em todos os níveis. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma delas e permite conhecer o perfil ambiental dos produtos, processos e atividades, aplicando fatores de caracterização (FCs) aos fluxos de entrada de materiais e recursos identificados em cada etapa do ciclo de vida do produto em análise. Entre as categorias de impacto avaliadas em todos os modelos e métodos de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (LCIA) está a eutrofização, permitindo quantificar o impacto potencial do aumento de nutrientes nos ecossistemas aquáticos (de água doce e marinha) e terrestres. As LCs regionais não são desenvolvidas para todas as partes do mundo (geralmente apenas para a Europa e América do Norte), o que é um problema em um mundo globalizado onde os processos que compõem um sistema podem ocorrer em qualquer parte do planeta. A eutrofização é uma categoria de impacto regional, cuja abordagem metodológica foi recentemente revista, atualizada e acordada no Workshop Pellston organizado pela Iniciativa do Ciclo de Vida em 2018. No entanto, pouco desenvolvimento desta categoria de impacto foi encontrado na América Latina em geral, e na Argentina em particular. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão completa da literatura existente sobre a categoria de eutrofização de impacto regional. A revisão foi realizada através de mecanismos de busca como Google Scholar, Science Direct, Springer Link, Scielo, REDIB, OAJI, DOAJ, JSTOR, Latindex, Pubindex, Dialnet e Redalyc. Os anais de eventos científicos também foram revisados sob o guarda-chuva do pensamento do ciclo de vida, todos usando palavras-chave como estratégia de busca. Uma série de perguntas foi colocada sobre o que procurar nos artigos e exposições identificados e, dos 4556 estudos inicialmente encontrados, foram selecionados 95 que responderam aos interesses procurados. Entre eles, foram encontrados poucos artigos que analisassem os ecossistemas aquáticos e terrestres de forma integrada. Isto mostra que na Argentina são necessários estudos sobre esta categoria de impacto em regiões com importância ambiental, considerando as características dos ecossistemas receptores e a inclusão da análise dos mecanismos de impacto nos ecossistemas aquáticos, o que se justifica pelo fato de vários autores terem estudado a eutrofização aquática na região, mas fora do contexto da LCA. As contribuições humanas para o aumento da ciclagem de nitrogênio e fósforo através da biosfera ameaçam a saúde dos ecossistemas de água doce e marinha e as funções econômicas e de suporte de vida que eles desempenham. Ao comparar corpos de água doce ou áreas terrestres, pode haver diferenças devido à variação no clima, composição das espécies, geologia subjacente, ou tensões ambientais anteriores, entre outros. A escolha de desenvolver indicadores regionais dentro da fase LCIA é visivelmente justificada para realizar pesquisas onde a eutrofização aquática e terrestre ainda não é explorada na LCA a nível regional. Com base nestas e outras descobertas, planeja-se continuar com uma análise sistemática dos estudos resultantes da revisão da literatura para identificar as necessidades de pesquisa para a região sobre eutrofização nas sub-regiões latino-americanas, dada a variabilidade bioclimática e as grandes diferenças entre os sistemas de produção, mesmo dentro dos países que compõem a região. Também é proposto o desenvolvimento de um conjunto de indicadores de eutrofização com um nível de agregação regional, ou mesmo por sub-regiões ou países, o que contribuiria para a sustentabilidade ambiental da América Latina, para que a presença de valores regionais evite o uso de CFs desenvolvidos para outros locais, gerando resultados não representativos para categorias de impacto dependentes do local, tais como eutrofização. Com esta pesquisa, o objetivo é fornecer ferramentas para minimizar os impactos derivados da produção e consumo de produtos e serviços, dando origem ao desenvolvimento de uma tese de doutorado iniciada em 2020, em Mendoza, Argentina.

Palavras chave: revisão da literatura, eutrofização, impactos ambientais, América Latina.

AMARU: UN NUEVO CONCEPTO DE BASE DE DATOS DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Beatriz Rivela ^{1*}, Brandon Kuzenski ², Sergio Galán ¹, Ángel D. Ramírez ³, Andrea Boero ³, Paúl Vanegas ⁴, Dolores Sucozhanay ⁴

¹inViable Life Cycle Thinking, Doctor Fourquet 29, Madrid, España. beinha@inviable.is, sergio@inviable.is

²University of California, Institute for Social, Behavioral, and Economic Research, Santa Barbara, USA. bkuczenski@ucsb.edu

³Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador. aramire@espol.edu.ec, aboero@espol.edu.ec

⁴Universidad de Cuenca, Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población, Ciudadela Universitaria, Av. 12 de Abril y Av. Loja, Cuenca, Ecuador. paul.vanegas@ucuenca.edu.ec, dolores.sucozhanay@ucuenca.edu.ec

RESUMEN

El proyecto «Eficiencia de Recursos a través de la Aplicación del Pensamiento Ciclo de Vida» (REAL), financiado por la Comisión Europea, proporcionó un fuerte impulso a la creación de bases de datos nacionales, fomentando el desarrollo de hojas de ruta en algunos países y proporcionando orientaciones y recomendaciones para que las experiencias sean replicables. En este marco, la Red Ecuatoriana de Ciclo de Vida y Economía Circular (RECOVER) ha tenido la oportunidad, durante el periodo octubre 2018- julio 2019, de debatir la implementación de una hoja de ruta para la base de datos nacional de ACV en el Ecuador. Este debate generó un interesante proceso de cooperación Sur-Sur con Perú, cuya base de datos nacional había sido recientemente lanzada, y cristalizó en la iniciativa de conocimiento abierto Amaru. Esta iniciativa tiene como objetivo central impulsar el acceso abierto a datos de ACV nacionales y fortalecer capacidades alrededor de la aplicación de los enfoques de ciclo de vida en los procesos de toma de decisiones.

La primera fase de desarrollo de la iniciativa Amaru, con financiamiento del mencionado proyecto REAL, se ha centrado en los datos de inventario de generación eléctrica en el Ecuador, con el propósito de generar conjuntos de datos de las principales tecnologías de generación eléctrica que puedan ser puestos a disposición pública en una infraestructura abierta, garantizando así el acceso al conocimiento. A partir del análisis de los resultados del proyecto “Evaluación de Ciclo de Vida de la Electricidad Producida en Ecuador” desarrollado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), se ha desarrollado el inventario de la generación de electricidad en las centrales que forman parte del Sistema Nacional Interconectado (SNI) del Ecuador, con el objetivo de generar los conjuntos de datos representativos de la generación de electricidad en el país. Si bien el alcance inicial previsto refería la selección de un total de cinco tecnologías de generación de electricidad en Ecuador, se han identificado seis tecnologías que en conjunto representan el 96% del suministro eléctrico a través del SIN en el año 2018: cuatro tipologías basadas en el consumo de combustibles fósiles y dos tipologías de generación hidroeléctrica. De manera adicional, se ha considerado conveniente crear un conjunto de datos representativo del mix eléctrico nacional, por lo que finalmente se ha generado un total de siete conjuntos de datos.

El análisis de los proyectos de bases de datos nacionales de ACV que han sido previamente implementados en otros contextos ha evidenciado que un aspecto crítico, si la intención es alcanzar incidencia en la toma de decisiones, reside en ir un paso más allá de proporcionar conjuntos de datos: es necesario desarrollar herramientas que permitan que los tomadores de decisiones comprendan las características del sistema analizado y las implicaciones de las diferentes etapas en relación a los impactos ambientales ocasionados. Con este objetivo, en el diseño de Amaru se ha priorizado la interacción del usuario con los datos y el desarrollo de las visualizaciones que posibiliten la comprensión de los impactos ambientales.

El backend del sistema se ha desarrollado a partir de Antelope LCA, una plataforma open-source para construir, publicar y realizar cálculos aplicando modelos de impacto de ciclo de vida. Se ha implementado la metodología ReCiPe2016 Midpoint(H) v1.04, de manera que la Amaru se conecta con Antelope, realiza los cálculos y ofrece en tiempo real los resultados de las diferentes categorías de impacto. La interfaz invita al usuario a explorar el papel de cada una de las sustancias que constituyen los flujos elementales de entrada y salida del sistema, realizando así un análisis de contribución. La visualización se completa con el contexto que proporciona el análisis comparativo de las diferentes tecnologías de generación eléctrica descritas en los conjuntos de datos.

Palabras clave: base de datos, inventario, visualización, interacción.



CILCA 2021

9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
LIFE CYCLE ASSESSMENT IN LATIN AMERICA

BUENOS AIRES | ARGENTINA

“Think long-term and act immediately”

From 31 May to 4 June 2021
Buenos Aires, Argentina