

EN EL MARCO DEL

2^{DO} FORO AMBIENTAL 2022

VOLUMEN

2



PERSPECTIVAS TERRITORIALES Y GOBERNANZA EN LA TRANSICIÓN

ARTÍCULOS COMPLETOS

II Foro Ambiental Perspectivas territoriales y gobernanza en la transición II /
Aloma Sartor ... [et al.] ; compilación de Patricia Benedetti ... [et al.]. - 1a ed. -
Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2023.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-8992-21-1

I. Medio Ambiente. 2. Educación Ambiental. I. Sartor, Aloma. II. Benedetti, Patricia,
comp.
CDD 344.046



Universidad Tecnológica Nacional - República Argentina Rector: Ing. Rubén Soro

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaría Académica y Posgrado: Mg. Ing. Liliana Cuenca Pletsch

Secretario de Ciencia y Tecnología: Ing. Omar Del Gener

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca

Decano: Ing. Alejandro Staffa

Vicedecano: Mg. Ing. Carlos Vera

Secretario Académico: Mg. Ing. Carlos Vera

Secretaría de Ciencia y Tecnología: Dra. Marta Vidal

Directora Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental: Mg. Ing. Aloma Sartor

Director Grupo de Estudio Ambiente, Química y Biología: Dr. Horacio Campaña



eduTecNe-Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional Coordinador
General a cargo: Fernando H. Cejas

Comité Editorial

Volumen I: Aloma Sartor; Roberto Bustos Cara

Volumen II: Patricia Benedetti; Mariana González

Revisión y corrección de estilo: Marta Danza

Armado, diagramación y diseño: Vanesa Pinto Sartor



Queda hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723

© eduTecNe, 2022

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ) Buenos Aires, República Argentina Publicado Argentina - Published in Argentina
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.

II Foro Ambiental 2022

Perspectivas territoriales y gobernanza en la transición

Comité Organizador

Mg. Ing. Aloma Sartor
Dr. Roberto Bustos Cara
Dr. Sergio Zalba
Dr. Horacio Campaña
Dr. Jorge Marcovecchio
Mg. Ing. Olga Cifuentes
Mg. Ing. Mariana González

Comité Evaluador

Dr. Andrés Arias
Dr. Roberto Bustos Cara
Dr. Horacio Campaña
Dr. German Céspedes
Dra. Silvia de Marco
Lic. Marta Danza
Dra. Karina Ferrando
Lic. Ariel Filadoro
Arq. Alberto Jurgeit
Ing. Luis Hernández
Dr. Claudio Lexow
Dr. Jorge Marcovecchio
Dr. Walter Melo
Ing. Marcelo Musotto
Dra. Cecilia Panigatti
Dr. Marcelo Pereyra
Dr. Enrique Puliafito
Esp. Milena Uribe Echevarría

ORDENAMIENTO DE RESÚMENES TENIENDO EN CUENTA LA TEMÁTICA

LOS TRABAJOS PRESENTADOS ABARCAN LOS MÁS DIVERSOS TEMAS QUE TIENEN QUE VER CON CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE, CAMBIO CLIMÁTICO, IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS, EDUCACIÓN Y RELEVAMIENTO Y OBTENCIÓN DE DATOS PARA PODER LLEVAR A CABO ACCIONES EN MEJORA DE LOS SISTEMAS INVOLUCRADOS.

De todos ellos resulta llamativo que casi un 40 % de los trabajos involucran temáticas que tienen que ver con el desarrollo costero, desde la implementación de sistemas de información Geográfica (SIG), identificación de diferentes problemáticas entre el medio geológico y el medio antrópico, estimación de la Huella de Carbono debida a las operaciones de buques en el Puerto de Bahía Blanca, propuesta de acciones que ayuden a mitigar procesos de degradación ambiental generados por la ostra del Pacífico, evolución de la gestión del riesgo ante desastres y de los Sistemas de Alerta Temprana en la zona del puerto de Bahía Blanca, análisis de las posibles herramientas a emplear para mitigar los efectos negativos de las actividades turísticas en Monte Hermoso.



DESARROLLO COSTERO, PUERTOS Y ACTIVIDAD TURÍSTICA



CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Se presentan dos trabajos vinculados a la contaminación del aire, uno estudia el riesgo ecológico de elementos potencialmente peligrosos y el otro detalla una práctica de campo con estudiantes, para obtener concentraciones puntuales de CO y NO₂ en el centro de Bahía Blanca.



EDUCACIÓN

Educación, se presentan dos trabajos de los cuales uno se refiere a las experiencias formativas en la asignatura Ingeniería y Sociedad de primer año de la Facultad Regional Bahía Blanca de la UTN y a un trabajo de articulación sobre la profesión de Ingeniería y otro, realizado por la cátedra homónima de la Facultad Regional Avellaneda (UTN-FRA), presenta la construcción de un marco teórico que brinde a la población estudiantil herramientas para comprender el diseño de tecnologías inclusivas y sustentables y su uso y condiciones de acceso de manera contextualizada.



DESARROLLO COSTERO, PUERTOS Y ACTIVIDAD TURÍSTICA

Tratamiento de efluentes de actividades ganaderas industriales, se presentan dos trabajos, uno de una sala de faena donde se propone un tratamiento totalmente natural diseñado en base a los principios de sustentabilidad de ecosistemas y otro, en el que se proponen dos alternativas diferentes para mitigar los efectos negativos que provoca la actividad ganadera intensiva: realización de compostaje y producción de biogás.



DESARROLLO COSTERO, PUERTOS Y ACTIVIDAD TURÍSTICA

Tratamiento de residuos con arsénico y flúor, se presentan dos trabajos. En el primero sólo As, mediante la estabilización/solidificación con cemento Portland y en el segundo, remoción de As y F mediante electrocoagulación.



DESARROLLO COSTERO, PUERTOS Y ACTIVIDAD TURÍSTICA

Nuclea los trabajos sobre cambio climático y estrategias para mitigarlo, tanto en transformaciones de paisajes hídricos, como en propuestas basadas en la economía circular aplicadas en una pequeña localidad, Chasicó, de la provincia de Buenos Aires, también se presenta un trabajo sobre el desarrollo del Plan de Respuesta al Cambio Climático del Partido de Tornquist y otro trabajo de simulación sobre celdas de combustible que evalúa el ahorro de gas natural a nivel domiciliario.

CONTENIDO

1

INTRODUCCIÓN

■ **Comité Organizador, Segundo Foro Ambiental**

2

DESARROLLO COSTERO, PUERTOS Y ACTIVIDAD TURÍSTICA

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN EL USO DE SIG PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL COSTERO PORTUARIA.

■ **Daniela Escudero, Silvina Medus y Olga Cifuentes**

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL TRANSPORTE MARÍTIMO EN EL ÁREA PORTUARIA. ESTUDIO DE CASO PUERTO DE BAHÍA BLANCA.

■ **Guillermo Friedrich y Aloma Sartor**

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA POBLACIÓN DE OSTRAS INVASORAS EN EL MUNICIPIO DE CORONEL ROSALES.

■ **Sandra Fiori, Eder Dos Santos, Cecilia Carcedo, Agustín Menechella, Ana Andrieu y Milagros Osinaga**

DESAFÍOS EN LA COMUNICACIÓN DEL RIESGO NATURAL Y TECNOLÓGICO, CASO BAHÍA BLANCA.

■ **Juan García**

3

CONTAMINACIÓN DE AIRE

RIESGO ECOLÓGICO Y GEO-ACUMULACIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN LA FRACCIÓN PM10 DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO EN LA ZONA PORTUARIA E INDUSTRIAL DE BAHÍA BLANCA.

■ **Manuela Palenzona, Anabella Morales Del Mastro y Marcelo Pereyra**

MEDICIÓN MANUAL DE CALIDAD DE AIRE (CO Y NO2) EN UN PUNTO DEL MICROCENTRO DE BAHÍA BLANCA (ARGENTINA) EN ÉPOCA DE ALTO TRÁNSITO VEHICULAR.

■ **Julieta González Martínez, Alana Mayer, Facundo Carrizo, Fernanda Martín, Juliana Rial, Yamila Grassi y Mónica Díaz**



4

EDUCACIÓN

ESTRATEGIAS DE FORMACIÓN AMBIENTAL EN PRIMEROS AÑOS DE CARRERAS TECNOLÓGICAS EN UTN FRBB.

■ Adrián Azzuro, Carolina Bastera del Vall Iturria, Rafael Omar Cura, Adrián Gericó, Mariana González y Andrea Rossi

APORTES TEÓRICOS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE INGENIERÍA ORIENTADOS HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.

■ Karina Ferrando, Olga Páez y Jorge Forno

5

TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE ACTIVIDADES GANADERAS INDUSTRIALES

PROPUESTA DE TRATAMIENTOS NATURALES DE LÍQUIDOS Y SÓLIDOS RESIDUALES DE UNA SALA DE FAENA.

■ Horacio Campaña, Patricia Benedetti, Milena Uribe Echevarría, Ariel Airasca y Victoria Montserrat

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD GANADERA INTENSIVA.

■ Gabriela Cristiano y Marcelo Musotto

6

CAMBIO CLIMÁTICO Y ESTRATEGIAS PARA MITIGARLO

TRANSFORMACIONES RECIENTES EN EL PAISAJE HÍDRICO DEL CINTURÓN FRUTIHORTICOLA MARPLATENSE.

■ Analía Di Bona, María Cintia Piccolo, Silvia Di Marco y Jorge Marcovecchio

POLO ECOLÓGICO CHASICÓ, PRODUCCIÓN SUSTENTABLE EN PEQUEÑAS COMUNIDADES BASADA EN BIOMASA Y ENERGÍAS RENOVABLES.

■ Maximiliano Bidegain, Daniel Bastán, Mariela Virgili, Pablo Postemsky y Horacio Campaña

AHORRO DE GAS NATURAL Y UN CAMINO HACIA LA UTILIZACIÓN DE HIDRÓGENO PARA MEJORAR EL ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO A LAS VIVIENDAS.

■ Adrián Gonnet y Carlos Mainetti

RENDIMIENTO PROSPECTIVO DE EMBALSES, PASO DE LAS PIEDRAS (ARGENTINA).

■ Ana Casado, Verónica Gil, René Albouy y Roberto Bustos Cara



1 INTRODUCCIÓN



Este libro es el resultado del **SEGUNDO FORO AMBIENTAL 2022**

PERSPECTIVAS TERRITORIALES Y GOBERNANZA EN LA TRANSICIÓN

desarrollado desde el 19 al 23 de septiembre en la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional **y organizado por el Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA), el Grupo de Estudio de Ambiente, Biología y Química (GEAQyB) y el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) perteneciente al CONICET.**



EL OBJETIVO PRINCIPAL DEL FORO FUE **GENERAR ESPACIOS DE DIÁLOGO SOBRE LA CRISIS DE SUSTENTABILIDAD Y LOS DESAFÍOS EN LA TRANSICIÓN, EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y DE UN PROFUNDO CAMBIO TECNOLÓGICO.**

EL PRIMER FORO AMBIENTAL 2019 GOBERNANZA DE LOS PROCESOS GLOBALES E INCERTIDUMBRES. LOS TERRITORIOS, COMO ESPACIOS CON PROTAGONISMO

se propuso primero, como una actividad convocante a todos los integrantes de los dos grupos, GEIA y GEAQyB, conformando un espacio que estuviera destinado a generar una oportunidad de reflexionar sobre la relación entre los procesos globales, como el Cambio Climático y las respuestas locales; así como también compartir las experiencias metodológicas y los trabajos desarrollados por los grupos, dado que considera importante propiciar la comunicación con la comunidad universitaria también abierta a la comunidad en general. Esta actividad se complementa con un ciclo de formación de educación ambiental, destinado a docentes de nivel medio.

En los dos Foros el denominador común ha sido generar oportunidades de comunicación y diálogo reflexivo sobre los procesos de cambio, transición y sus efectos en los territorios. En síntesis, considerar la preponderancia de los procesos de transformación global, sus consecuencias y las acciones locales en diálogo con las acciones territoriales cercanas, por ejemplo, la inclusión de procesos formativos dentro de la universidad como impulsores de cambios globales.

En el **Foro Ambiental 2022**, se cambió el formato de exposición y discusión posterior, para proponer concentrarnos en espacios de diálogo que se denominaron **Conversatorios**.

Estos cambios resultan de un reconocimiento de la necesidad de escucharnos y pensar juntos para formar nuevas líneas de trabajo o ajustar las que estamos desarrollando, a partir de reconocer el contexto de incertidumbre en el que vivimos. Incertidumbre que se manifiesta por ejemplo, en la necesidad de construir nuevas formas de trabajo con otras disciplinas, para abordar una realidad constantemente cambiante: la crisis climática, la pos pandemia, la irrupción de las tecnologías I 4.0 y la guerra, todos procesos globales que impactan o impactarán en los territorios locales.

Los ejes de trabajo de los Conversatorios **priorizaron considerar cómo estos cambios impactan en los procesos formativos dentro de la Universidad, para identificar barreras y oportunidades y, de este modo, reflexionar sobre la evolución y la gobernanza territorial de los problemas ambientales en las comunidades locales.**



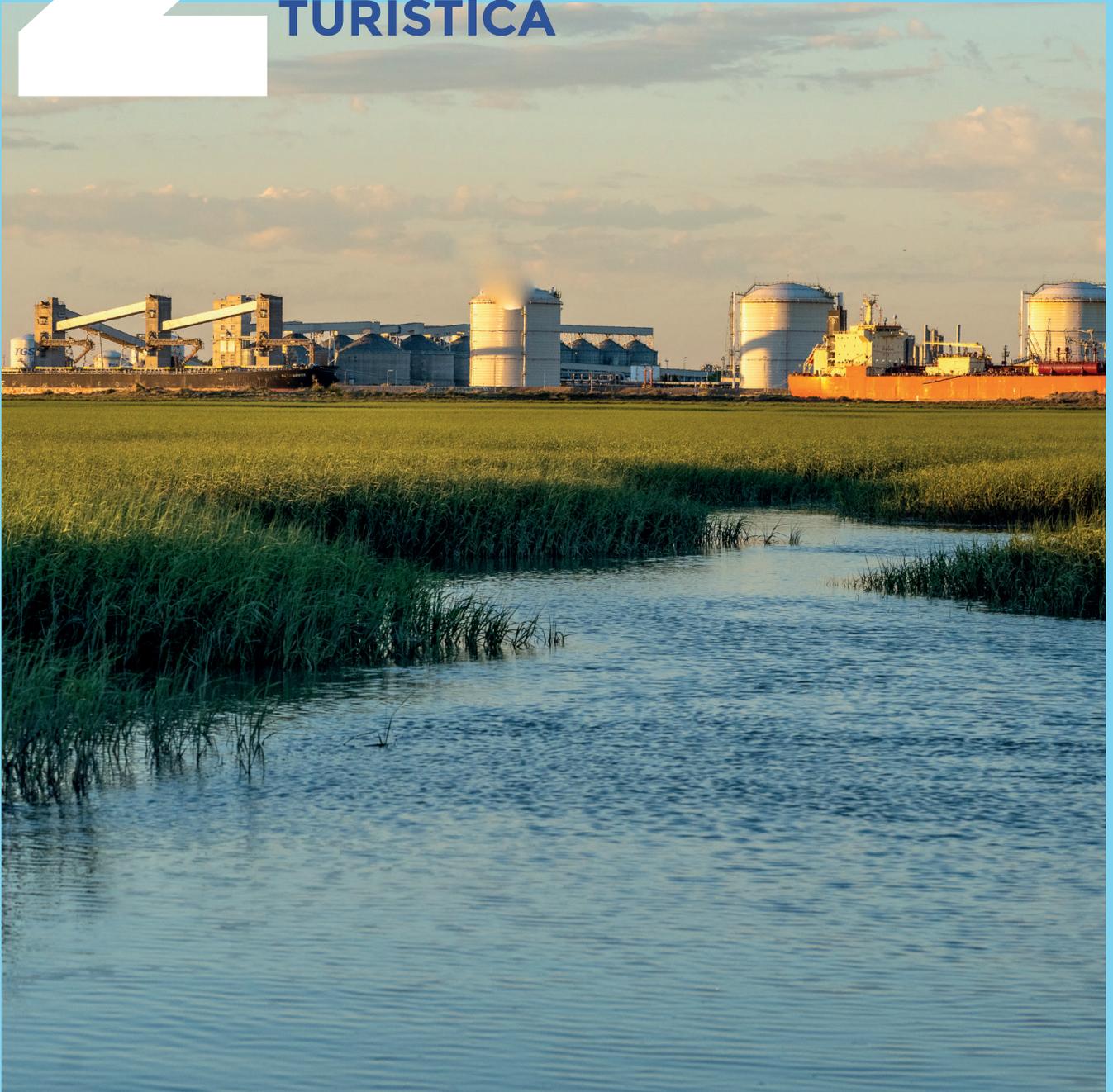
En el marco del Foro también se desarrolló, en los tres primeros días, un **CICLO DE CHARLAS**. Esta actividad inicial permitió presentar un conjunto de temas relacionados con el tema principal del Foro. Dichas presentaciones se convirtieron en la introducción a los objetivos y desafíos planteados posteriormente en los **CONVERSATORIOS** y estuvieron destinadas a la comunidad universitaria y al público en general abordando diferentes tópicos relacionados con el cambio climático: huella de carbono, mitigación y adaptación; la transición energética y eficiencia energética; los procesos de degradación de ambientes y la gestión de residuos en la perspectiva de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

La publicación de las disertaciones y respectivas conclusiones asume como título homónimo **“PERSPECTIVAS TERRITORIALES Y GOBERNANZA EN LA TRANSICIÓN”** y se encuentra dirigida a **compartir los análisis y reflexiones surgidos como resultado de las experiencias de intercambio construidas en los espacios de interacción del presente Foro Ambiental 2022.**

El libro, armado en **dos volúmenes**, **recopila en el primero los informes de todas las actividades desarrolladas en la semana del Foro Ambiental 2022** y en el segundo **agrupa todos los artículos completos y revisados por pares, presentados en el marco del Foro.**

2

DESARROLLO COSTERO, PUERTOS Y ACTIVIDAD TURÍSTICA



EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN EL USO DE SIG PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL COSTERO PORTUARIA



Daniela Escudero ¹,
Silvina Medus ¹ y Olga Cifuentes ¹

¹ Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA)
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: danielaescudero@frbb.utn.edu.ar, silvinamedus@frbb.utn.edu.ar, ocifuentes@frbb.utn.edu.a

RESUMEN

Los puertos son un elemento clave de competitividad y productividad para el desarrollo económico de un país. La influencia del sector portuario adquiere una perspectiva multidimensional al abarcar los impactos a nivel físico-natural, socioeconómico y jurídico-administrativo. En particular, la actividad portuaria desempeña un papel esencial en el desarrollo económico regional. La complejidad costera requiere además, una visión integral que analice de forma conjunta los diversos aspectos de la gestión, modelos de organización, ordenamiento territorial, relación puerto-ciudad, sostenibilidad y eficacia de los servicios (de logística y de producción), entre otros. Las administraciones portuarias son organizaciones que deben coordinar usuarios, concesionarios y monitorear performance para proteger ingresos y sostenibilidad. Por este motivo, a fin de ser competitivas, es necesario que cuenten con información compilada, organizada, de fácil acceso y visualización.

El objetivo de la presentación es mostrar cómo algunos puertos internacionales han implementado los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como instrumento para administrar, compartir y analizar información actualizada para la toma de decisiones dinámicas ante cuestiones ambientales. Como metodología, se recopilaron publicaciones técnicas sobre el uso de la herramienta en los puertos de Valencia, Rotterdam, San Diego y Cartagena de Indias. Además, se realizaron contactos virtuales con planificadores de las dos primeras Autoridades Portuarias mencionadas.

Como resultado, se presenta una breve descripción sobre la experiencia en cada puerto respecto a la implementación del SIG. Como consideraciones finales, se indican algunos logros obtenidos en las distintas áreas y los puntos de coincidencia al aplicar esta tecnología. El uso del SIG simplificó el mantenimiento de la infraestructura portuaria y de los servicios públicos al contar con información compartida y centralizada (Valencia y San Diego). Se mejoró la nomenclatura de identificación de facilidades portuarias y se distinguieron áreas concesionadas, utilizando la herramienta en la administración de permisos de usos de tierras, lo que redundó en beneficios económicos (San Diego, Valencia y Rotterdam). En el ámbito ambiental, se optimizó el monitoreo en tiempo real de los recursos portuarios mejorando la respuesta de la seguridad portuaria ante imprevistos (Cartagena de Indias). Es por ello que, se la considera una herramienta de apoyo a la gobernanza territorial portuaria, sobre todo para períodos de transición o de demandas urgentes.

1

INTRODUCCIÓN

Los puertos son un elemento clave de competitividad y productividad para el desarrollo económico de un país. En particular, la actividad portuaria desempeña un papel esencial en el desarrollo económico regional. Los proyectos portuarios son complejos, su materialización requiere períodos prolongados y sus impactos afectan a las generaciones futuras. A menudo surge como inquietud, hasta dónde pueden seguir expandiéndose, sin que la escasez de espacio se transforme en una limitante para su propio desarrollo. La influencia del sector portuario no solo se limita al ámbito territorial, sino que adquiere una perspectiva multidimensional al incluir impactos a nivel físico-natural, socio-económico y jurídico-administrativo (Onetti, 2017).

El borde costero no sólo debe generar condiciones favorables para la evolución de la propia actividad portuaria, sino también para otros usos. En este área confluyen aspiraciones ciudadanas que van, desde la admiración de un paisaje natural hasta la realización de actividades de carácter cultural y deportivo. Los desarrollos de puertos enclavados en medio de áreas urbanas, se centran en ofrecer un proyecto integrador con los ciudadanos, no sólo para lograr una mejor relación, sino también para gestionar un activo de interés común, llevando a cabo actividades que incentiven la relación de sus habitantes con el mar, en un ambiente de carácter público, seguro e innovador (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile, 2013).

La complejidad de la zona costera donde se emplazan los puertos, requiere una visión

integral que analice conjuntamente diversos aspectos de la gestión, como modelos de organización, ordenamiento territorial, relación puerto-ciudad, sostenibilidad y eficacia de los servicios (de logística y de producción), entre otros (Sánchez, 2015). Las administraciones portuarias son organizaciones que deben coordinar usuarios, concesionarios y monitorear performance para proteger los ingresos y la sostenibilidad. El diagnóstico territorial de un ambiente portuario necesita contar con datos actualizados para poder detectar los conflictos que pudieran surgir ante un incremento de la actividad portuaria. Problemas de accesibilidad o de incompatibilidad de usos del suelo (expansión portuaria versus zonas de esparcimiento o preservación del ecosistema), son algunos de los diagnósticos posibles en un territorio de estas características.

Para que la gestión del puerto sea competitiva, los datos deben estar compilados, organizados, ser de fácil acceso y visualización.

La información cartográfica de la mayoría de los puertos suele estar diseminada en distintas áreas, que utilizan aplicaciones de diseño asistido por computadora, habitualmente conocido como CAD (Computer Aided Design). Este formato es adecuado para el proyecto de las obras civiles, pero no es el mejor para brindar información cuando se trata de ordenamiento territorial-ambiental. Los SIG combinan un gran número de otras tecnologías bajo el concepto de Geoinformática, que provee herramientas para administrar, compartir y analizar información de bases de datos alfanuméricas

(editores de textos, administradores de bases de datos, planillas de cálculo, software estadísticos y GPS), y de bases de datos gráficas (CAD, cartografía asistida por computadora, imágenes satelitales y modelos digitales de elevación), apoyando el proceso de toma de decisiones (Buzai en Miraglina et al, 2015).

Es por ello que, el objetivo de la presentación es, mostrar cómo algunos puertos internacionales ya han implementado los SIG como instrumento para administrar, compartir y analizar información actualizada para la toma de decisiones dinámicas cuando se presentan cuestiones ambientales.

2 METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica internacional sobre publicaciones técnicas respecto del uso del SIG, como herramienta de organización de la información y diagnóstico territorial en los puertos de Valencia, Rotterdam, San Diego y Cartagena de Indias.

Además, se realizaron reuniones virtuales con planificadores de las dos primeras Autoridades Portuarias mencionadas y se intentó recabar información sobre la accesibilidad a los datos, de acuerdo a las posibilidades que permite el software utilizado y las necesidades de cada una de ellas. Para el software que usan las organizaciones consultadas, el usuario puede ser profesional (tiene uso del conjunto completo de las aplicaciones del SIG y puede asignar los tipos de usuarios); creador (crea y edita contenido, realiza análisis espaciales y comparte información); trabajador de campo (visualiza y edita datos que otros usuarios han compartido y puede trabajar con datos en el campo, sin la posibilidad de realizar

análisis); editor (puede ver y editar datos en mapas y aplicaciones, pero no puede analizar, crear ni compartir elementos o datos) y visualizador (solo puede ver elementos que otros usuarios comparten). Este último tipo de usuario suele ser público. Para realizar esta presentación solo se pudo acceder al SIG como visualizador en algunos de los puertos internacionales evaluados.

A partir del relevamiento de la información, de reuniones virtuales con personal de las Autoridades Portuarias, del ingreso como visualizadores al SIG del Puerto de Rotterdam, así como, del acceso a publicaciones sobre el uso de esta herramienta en los otros puertos evaluados, se describió la experiencia de los mismos, respecto a los aspectos salientes de su implementación, focalizando en las áreas en que los resultados fueron más significativos.

Para finalizar, se enunciaron las consideraciones finales.

3

EXPERIENCIA DE PUERTOS INTERNACIONALES EN SIG

3.1 PUERTO DE VALENCIA (ESPAÑA)

La Autoridad Portuaria de Valencia, bajo la denominación comercial de Valenciaport, es el organismo público responsable de la gestión de tres puertos de titularidad estatal, situados a lo largo de 80 km, en el borde oriental del Mediterráneo español: Valencia, Sagunto y Gandía. Ocupa una superficie de unas 530 Ha, con una longitud de atraques de 20.644 m. En 2021, la carga movilizada se situó por encima de 85 millones de toneladas y en particular, la carga por contenedores alcanzó los 5,6 millones de TEU¹(Valenciaport, 2022).

Entre los años 2000 y 2008, este puerto comenzó con la implementación de un SIG tipo escritorio, que se utilizó como herramienta para la visualización de la información en la gestión de mercancías peligrosas (tanques con productos petrolíferos) y para el control de proyectos de construcción y sondeos geotécnicos. Posteriormente, a partir del 2010, se implementó el primer desarrollo del SIG corporativo para la gestión de las Concesiones, que sirvió para unificar la nomenclatura de diques, muelles, entre otros; así como, para mostrar dónde se encontraban los activos concesionados, qué plazo tenían, qué superficie cubrían y

a qué se dedicaban. En el año 2014, a medida que el uso de esta herramienta fue incrementándose, se extendió como gestor documental, aumentando sustancialmente la información a compartir. Se sumó un visor de mapas y un cuadro de mandos que permitió analizar y planificar la realidad del puerto. Se digitalizaron planos y documentos concesionales, incorporando las instalaciones. A modo de ejemplo, la **FIGURA 1** muestra una pantalla del SIG portuario. En la misma, se visualizan el área portuaria (color rosado), las zonas de depósito (en gris claro), las zonas con obligatoriedad de servicio de practicaaje (en cian) y las zonas de maniobras contiguas a los muelles (en rojo). Dentro de ésta última, se observa seleccionada la zona Muelle Este y Príncipe Felipe, de la que se indican sus características de ancho, longitud y superficie, en el cuadro inferior de la izquierda.

También se muestra la digitalización de las redes viales del sector, agrupando los accesos en función de quién los controla (líneas rojas para los que están bajo la Autoridad Portuaria; líneas en cian, para los controlados por Concesionarios y las líneas azules, para los accesos libres al público).

¹. TEU (Twenty-feet Equivalent Unit): Unidad de medida de capacidad del transporte marítimo referida en contenedores de carga, equivalente a contenedor de veinte pies.

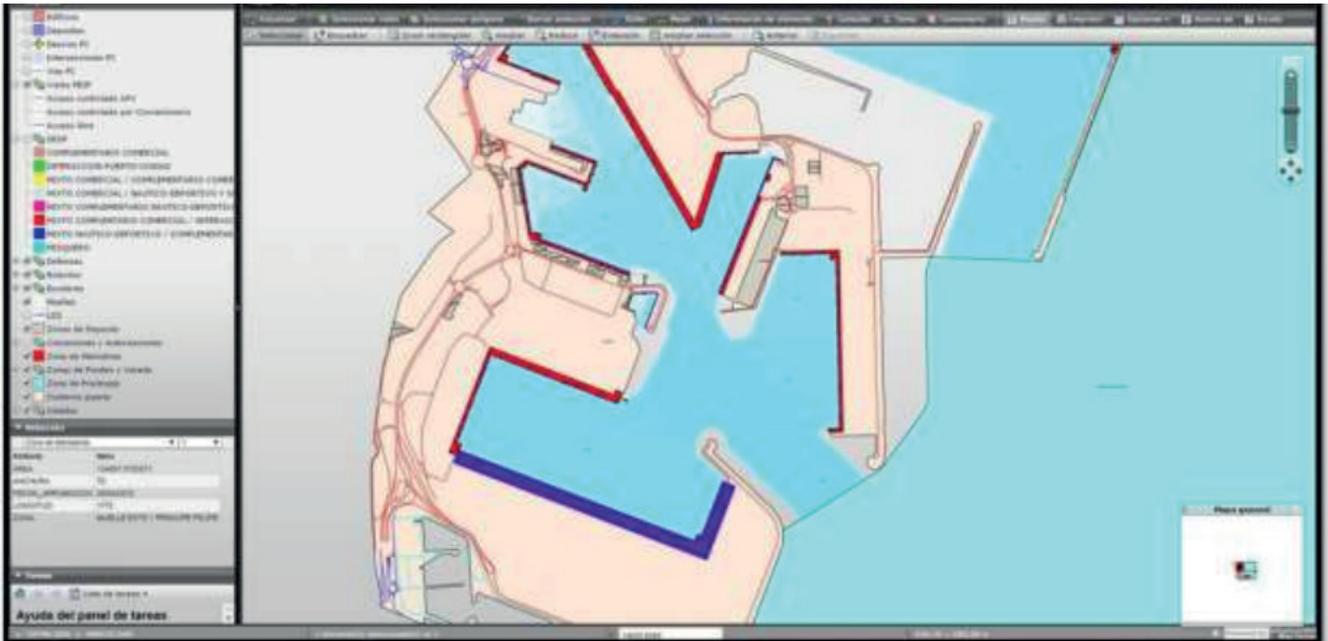


FIGURA 1. Capa área de maniobras portuarias en el SIG del Puerto de Valencia. Fuente: Pérez (2018)

En el año 2019, se migró a un software comercial más potente, para que el acceso a la información de los usuarios internos de la Autoridad Portuaria fuera más flexible y amigable. También se integraron aplicaciones para gestión de la operación y mantenimiento de la infraestructura portuaria. Esto permitió implementar modelos colaborativos a través de distintas plataformas digitales interconectadas entre sí. Estas plataformas, son espacios en Internet que permiten la ejecución de diversas aplicaciones o programas en un mismo lugar para satisfacer distintas necesidades. En el año 2020, se comenzó una prueba piloto para la integración entre los modelos 3D BIM (3D Building Information Modeling) y SIG, a fin de lograr la interoperabilidad requerida. Esta tecnología fue aplicada en el proyecto para la construcción del Centro de Inspección Fronterizo en el Puerto de Sagunto. En un desarrollo a medida para la Autoridad

Portuaria, se avanzó en la modelización 3D, manejando nubes de puntos y millones de datos para realizar análisis e integrarlos, comenzando a trabajar con algunos flujos de información (García Villar y Sánchez, 2020).

La accesibilidad al SIG desde la página web del Puerto de Valencia, no es directa. Los ciudadanos españoles y las empresas con actividad vinculada a la organización, pueden ingresar a la Sede Electrónica registrándose previamente. Como el formulario de registro no permite modificar la información sobre el país de residencia, para esta investigación, no se tuvo acceso. Sin embargo, se han obtenido ejemplos de capturas de pantalla y mapas generados a partir de esta herramienta, en diversas publicaciones de la Autoridad Portuaria, pudiéndose desprender que partir de esa plataforma, se pueden realizar trámites o descargar información de interés.

3.2 PUERTO ROTTERDAM (PAÍSES BAJOS)

Rotterdam es el puerto marítimo más grande de Europa. Se encuentra en el punto de confluencia de los ríos Rin y Mosa, posición estratégica que lo ha convertido en un nodo logístico, que canaliza el intercambio de mercancías entre su continente y el resto del mundo. Se extiende a lo largo de unos 40 km, cubriendo una superficie aproximada de 10.500 Ha, con una longitud de atraques de 77.300 m (ShipHub Newsletter, 2022). En 2021, la carga movilizada se situó en 468,7 millones de toneladas y en particular, la carga por contenedores alcanzó los 15,3 millones de TEU (Portal Portuario, 2022).

En cuanto a la utilización de los SIG, el puerto transitó desde una situación en la que cada área o departamento tenía su propio sistema de gestión de información hacia un sistema unificado, implementado a partir de 2014. Debido a la necesidad de aumentar la eficiencia interna ante la creciente complejidad de las operaciones, la plataforma SIG denominada PortMaps, agrupó tres componentes: el sistema informático SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing) para coleccionar y organizar información vinculada con finanzas y administración; Sharepoint (similar a Dropbox pero de Microsoft) para todos los documentos, en particular los planos CAD y archivos Microsoft Office; y ArcGIS. Este último, vinculó los dos primeros componentes, unificando los sistemas empresariales claves, permitiendo un acceso rápido y simple a la información georreferenciada y desarrollando

los flujos de trabajo y el modelo de datos. Se construyó una geodatabase que incluía activos portuarios y límites, parcelas y registros de tierras asociados, servicios públicos, transporte, batimetría, imágenes y datos LIDAR² (Esri ArcNews, 2014).

Una vez que se migraron los datos y se crearon las capas iniciales, se configuraron plantillas para el mapa base y el atlas de dragado, a partir de los cuales, los usuarios pueden solicitar información en cualquier momento. También se incorporó la posibilidad de compartir información instantánea a través de dispositivos móviles y PortMaps pasó a desempeñar un papel central en la gestión ambiental de la organización, los procesos de seguridad y protección (por ejemplo, el control del tráfico marítimo), la planificación del área, el desarrollo del puerto y la respuesta a incidentes (Esri ArcNews, 2014).

La base de datos es alimentada por todos los departamentos de la Autoridad Portuaria y se organiza alrededor de 10 Ejes: vías navegables y dársenas, puestos de atraque, instalaciones de amarre y atraque, muelles, taludes (obras de abrigo), áreas concesionadas, áreas verdes, rutas, vías férreas y ductos.

La plataforma PortMaps, accesible desde la página web de la Autoridad Por-

² LIDAR: acrónimo del inglés Light Detection and Ranging, que es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x-y-z

tuaria de Rotterdam, tiene como objeto hacer que toda la información pública del puerto, esté disponible para uso externo. Cualquier usuario puede ingresar al SIG y a través de un visor de mapas, consultar información sobre infraestructura y facilidades portuarias, distribución espacial de las especies protegidas, simulaciones de corrientes marinas; cartas marítimas; así como, obtener información en tiempo real para los distintos sectores del puerto, de parámetros hidrometeorológicos como marea,

olas, vientos, salinidad y visibilidad (**FIGURA 2**), hacer visitas virtuales a través de cámaras web instaladas, entre otros. Cada mapa o capa accesible cuenta con la información de la fecha de actualización.

Sin necesidad de iniciar sesión, se puede ingresar a una galería desde la cual, se puede explorar mapas, agregar capas o combinarlas.

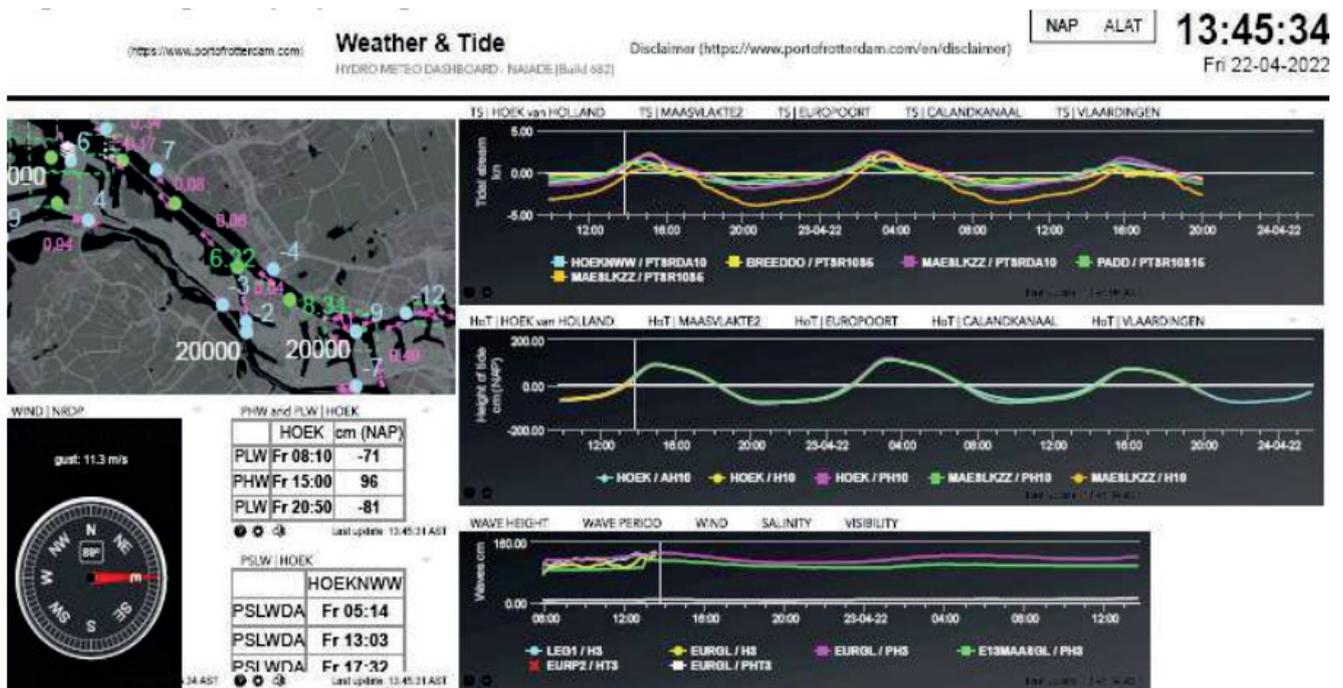


FIGURA 2. Pantalla de visualización de registros hidrometeorológicos en tiempo real en el sector portuario de Hoek van Holland. Fuente: Port of Rotterdam Authority (2022)

La información pública también puede descargarse y editarse para confección de nuevos mapas, utilizando una configuración tipo escritorio del SIG, debiendo contar para ello, con una licencia del software comercial utilizado por la Autoridad Portuaria.

Para datos más específicos, ligados a la actividad portuaria, como por ejemplo, acceder al sistema SAP³, es necesario gestionar un usuario y una clave de acceso.

3.3 PUERTO SAN DIEGO (ESTADOS UNIDOS)

El Puerto de San Diego incluye diversas instalaciones distribuidas en unas 2.430 Ha (6.000 acres), en la Bahía de San Diego. El frente marítimo se extiende a lo largo de unos 55 km, incluyendo diversas actividades, entre las que se destacan dos terminales para movilizar carga en contenedores, Ro-Ro (Roll on - Roll off) y a granel; dos terminales de cruceros, veinte puertos deportivos, cuatro astilleros, dieciocho hoteles y resorts, ciento cinco restaurantes y un centro de convenciones. Siendo éste un puerto de características urbano-turísticas (Port of San Diego, 2022).

Las áreas Bienes Raíces e Ingeniería comenzaron a utilizar los SIG en la década de 1990, pero ambos departamentos no compartían la información, duplicando esfuerzos, creando y usando los mismos datos por separado. Por otro lado, para la gestión de la información empresarial, se utilizaban sistemas de tecnología de la información (como SAP), y sistemas de documentación. Por ello, en 2007 se consideró ventajoso aplicar el mismo concepto para la gestión del espacio, implementando un SIG empresarial, completo e integrado basado en un servidor, de manera que los datos de las instalaciones fueran accesibles para los departamentos que lo necesitaban. El objetivo fue optimizar los flujos de trabajo mediante la identificación de tareas, preguntas y solicitudes utilizando un enfoque geográfico (Richardson, 2010).

Inicialmente, se personalizaron las interfaces (conjunto de herramientas, definiciones y protocolos que se utilizan para integrar los servicios del software), utilizando un SIG de tipo escritorio y navegadores web genéricos para dar acceso a datos que fueron ubicados en una geodatabase. Esta última, es el marco común de almacenamiento y gestión de datos para el servidor del SIG, lo que minimiza las copias redundantes y elimina la posibilidad de tener varias versiones de los mismos datos. De esta manera, se redujeron los tiempos de acceso a la información crítica. Sólo este cambio aceleró el flujo de trabajo e impulsó decisiones más rápidas y mejor fundamentadas (Richardson, 2010).

El SIG empresarial impulsó también la implementación de una estructura de datos y archivos estandarizada para que los mismos puedan mostrarse y analizarse sin problemas a través de las aplicaciones del servidor. Se adoptaron convenciones de nomenclatura de dibujos, capas, objetos y bloques de atributos para que los datos puedan ser incorporados al SIG, a fin de asegurar que todos los usuarios puedan comprenderlos y utilizarlos.

Se utilizaron imágenes para el control de calidad y como fuente para creación de datos en los nuevos proyectos, siguiendo estándares estrictos y empleando el mismo sistema de coordenadas para todos los operadores SIG. Este cambio resultó ventajoso.

³ SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing): Sistema informático que permite a las empresas administrar sus recursos.

Los planos, proyectos y modelos pudieron ser vistos en el espacio geográfico correcto y usarse para realizar búsquedas espaciales. También se redujeron los errores, pues la información de origen se gestionó en una única base de datos y se pudieron usar más de una vez (Richardson, 2010).

Los Departamentos que tradicionalmente no usaban la información de las instalaciones del puerto, como la policía portuaria, comenzaron a emplear el SIG, empleando aplicaciones para rastrear vehículos dentro del área portuaria.

El SIG de este puerto, incluye los servicios eléctricos, red de incendios, gas natural, combustible, alcantarillado sanitario, desagües pluviales, teléfono, agua, cloacas, fibra óptica y líneas de comunicación (Smith y Meikle, 2019).

Pese a que no se pudo ingresar al sistema, a través de la página web de la Autoridad Portuaria, se ha accedido a publicaciones que incluyen mapas e imágenes creados a partir de esta herramienta. En la **FIGURA 3**, se observa la pantalla del Visualizador de instalaciones y activos portuarios del SIG. Sobre una imagen satelital del sector público del Puerto de San Diego denominado Lane Field Park, se distinguen el cuadro de diálogo Engineering Asset Locator (localizador de activos de ingeniería), que muestra los filtros aplicados para obtener la ubicación de las luminarias (representadas por los círculos amarillos), y otro cuadro, sobre la derecha, donde se pueden ver sus características, junto con una fotografía de los artefactos en el lugar.

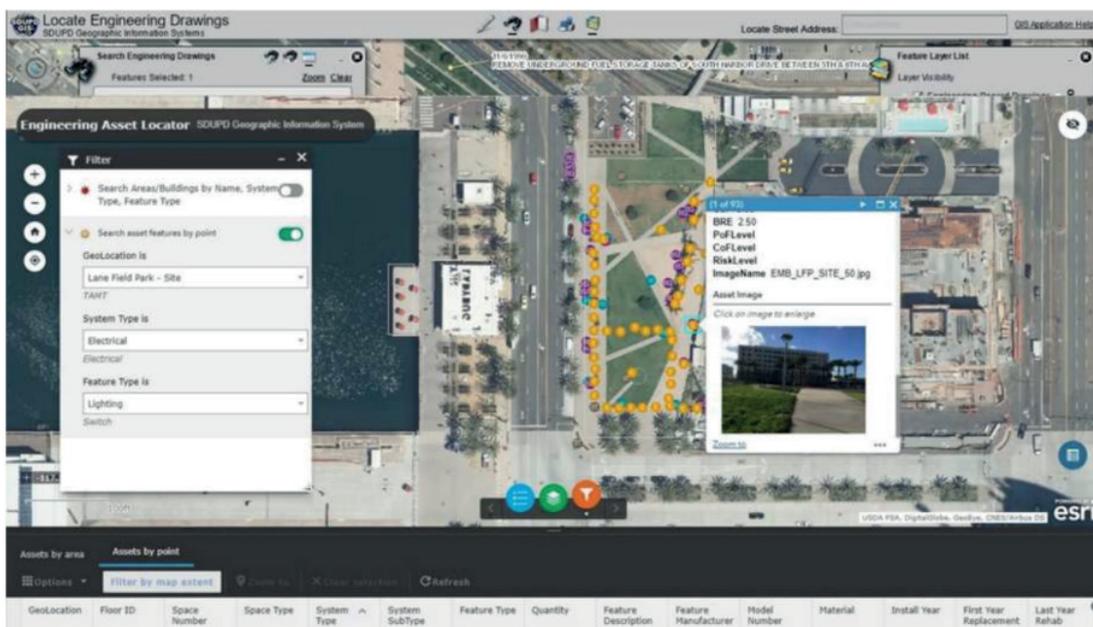


FIGURA 3. Visualizador de Instalaciones y Activos portuarios. Fuente: Smith y Meikle (2019).

3.4 PUERTO CARTAGENA DE INDIAS (COLOMBIA)

La Autoridad Portuaria Grupo Puerto de Cartagena, cuenta con una longitud de atraque de 1.698 m (Amador Hooker y Ariza Hernández, 2018). Es el principal puerto exportador de Colombia. Está conformado por dos terminales marítimas de contenedores, una terminal de cruceros que atiende a 34 líneas de este tipo de embarcaciones y compañías complementarias que prestan servicios de operación portuaria y logística. Sus estadísticas registran para 2021, la operación de unos 2 mil buques portacontenedores y 50 Ro-Ro, contabilizando un movimiento de unos 3,3 millones de TEU's. (Grupo Puerto de Cartagena, 2022).

Si bien no se tuvo acceso a información respecto a cómo se implementó el SIG en este puerto, se lo ha incluido entre las experiencias, por ser el único de Sudamérica del que se encontró documentación sobre su uso. Según se indica en la página de difusión de

Esri (2019), la plataforma desarrollada con este software para el Puerto de Cartagena, permite integrar la información de las operaciones portuarias, gestionar el cumplimiento medioambiental y tener un plan de respuesta de emergencias, así como disponer de una imagen operacional común de las instalaciones. El SIG se organizó en los ejes: Cartografía (que permite acceder a cartas electrónicas de navegación), Batimetría (con capas de relevamientos anuales y análisis de los cambios), Administración de puertos (donde se muestra información de zonas concesionadas, almacenamientos, zonas portuarias), Mantenimiento de puertos (con información sobre el equipamiento instalado, características, fechas de revisión, estado), Servicios públicos e Información ambiental (que dispone datos climáticos, monitoreos, boyas, erosión costera, tipos de costa, tipos de sedimento, áreas críticas, ecosistemas costeros, otros).

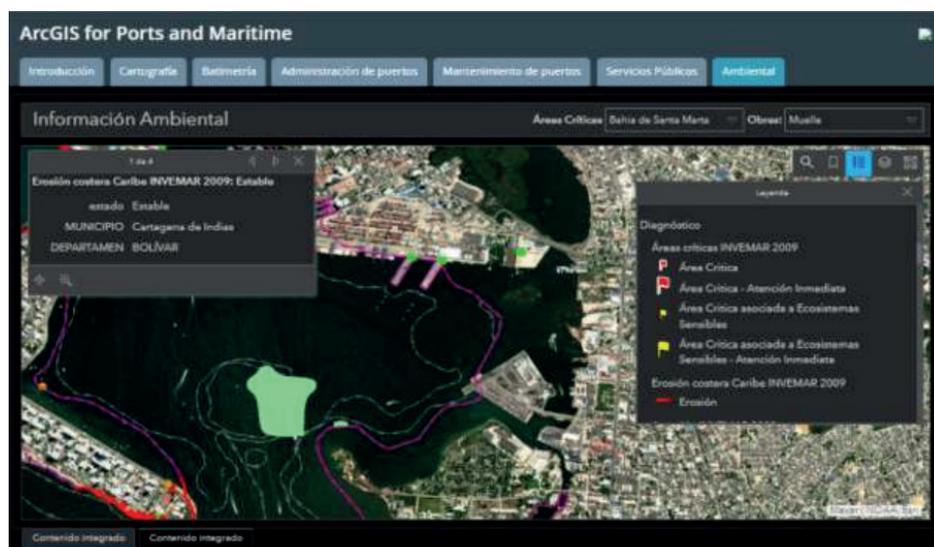


FIGURA 4. Pantalla de Eje Ambiental del Puerto de Cartagena (Colombia). Fuente: Esri (2019).

En la **FIGURA 4** puede observarse la pantalla correspondiente al Eje Ambiental.

Los agentes navieros, líneas marítimas, exportadores e importadores, agencias de aduana, transportadores y entidades del

gobierno habilitados por la Autoridad del Puerto a través de un ID (usuario) y contraseña, pueden realizar consultas o acceder a información, de acuerdo al perfil de usuario asignado (Grupo Puerto de Cartagena, 2022).

4

CONSIDERACIONES FINALES

La presentación muestra la experiencia de algunos puertos internacionales en la implementación de los SIG, como instrumento para administrar, compartir y analizar información actualizada, para el diagnóstico y/o la toma de decisiones, aún en los momentos de crisis o transición.

A continuación, se enuncian los logros y coincidencias identificados entre los puertos estudiados:

■ Valencia, Rotterdam y San Diego:

a) se iniciaron en el uso de los SIG con una implementación de tipo escritorio, en forma aislada en algunas Áreas o Departamentos, para visualizar la información ligada a proyectos o gestión de mercancías;

b) utilizaron la herramienta en la administración de permisos

de usos de tierras, distinguiendo áreas concesionadas y mejorando la nomenclatura de identificación de instalaciones portuarias, lo que redundó en beneficios económicos;

c) evolucionaron a un software de SIG empresarial completo a partir de la incorporación de sistemas integrados de gestión de datos administrativos y financieros, unificando los sistemas empresariales claves mediante el desarrollo de flujos de trabajo y modelos de datos, integrando las variables ambientales, facilitando la accesibilidad a los datos a partir del enfoque geográfico, permitiendo un acceso rápido y simple a la información georreferenciada.

- Valencia y San Diego, simplificaron el mantenimiento de la infraestructura portuaria y de los servicios públicos al contar con información compartida y centralizada.
- Valencia implementó modelos colaborativos de trabajo, a través de distintas plataformas digitales interconectadas entre sí.
- Rotterdam y San Diego, incorporaron la posibilidad de compartir información instantánea a través de dispositivos móviles, lo que pasó a desempeñar un papel central en la gestión ambiental de la organización, en los procesos de seguridad y protección (por ejemplo, el control del tráfico marítimo), la planificación del área, el desarrollo del puerto y la respuesta a incidentes.
- Rotterdam y Cartagena de Indias, en el ámbito ambiental optimizaron el monitoreo en tiempo real de los recursos portuarios mejorando la respuesta de la seguridad portuaria ante imprevistos.
- En general, cada Autoridad Portuaria condicionó el acceso y uso de la información definiendo tipos de usuarios, a fin de garantizar la confidencialidad y calidad de los datos. No todas las Autoridades Portuarias cuentan con todos los tipos de usuarios (profesional, creador, trabajador de campo, editor y visualizador). Los usuarios avanzados son actores involucrados directamente con la actividad del

puerto. El acceso público a la información es como visualizador de mapas, tablas o imágenes ya elaborados. Solo Rotterdam permite la edición con datos públicos disponibles, debiendo contar para operar con todas las funciones del SIG, con una licencia del software utilizado en el portal PortMaps.

La tendencia actual hacia los puertos inteligentes (Smart ports) requiere continuamente cambios debidos a innovaciones tecnológicas, incrementos en la eficiencia y mayor cooperación inter-empresarial. Los SIG ayudan a agilizar los flujos de trabajo a través de la visualización territorial y el análisis de sus datos ambientales.

Pese a los beneficios mencionados de las experiencias internacionales, pareciera que el uso del SIG empresarial en los sistemas portuarios argentinos, aún no se ha logrado. El desafío es su implementación en los puertos nacionales.

5 BIBLIOGRAFÍA

Amador Hooker, C. y Ariza Hernández, Y. (2018). El puerto marítimo de Cartagena y su importancia en el desarrollo económico de la región. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables. Universidad de San Buenaventura Cartagena. Cartagena de Indias. Colombia.

Buzai, G. (2015). Sistemas de Información Geográfica (1964 a 2014). Reflexiones para una síntesis diagnóstica, en Sistemas de información Geográfica en la investigación científica actual. ISBN: 978 987 630 209 8. Ediciones UNGS. Los Polvorines. Argentina. pp 277-280.

Esri (2019). ArcGis para Gestión Portuaria. Puerto de Cartagena de Indias (Colombia). ArcGIS for Ports and Maritime (Story Map). Ambiental. Web:
<https://puertosesri.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=c583d583b2804d139668f6aeeacdb432#>

García Villar, C. y Sánchez, I. (2020). Presentación: Integración GIS y BIM Caso Práctico en la Autoridad Portuaria de Valencia. Web:
<https://youtu.be/HCUtj0xQZ5Q>

Grupo Puerto de Cartagena (2022). Estadísticas e indicadores. Web:
<https://www.puertocartagena.com/es/estadisticas-e-indicadores>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. Subsecretaría de Transportes. (2013). Plan Nacional de Desarrollo Portuario. Santiago de Chile. Web:
https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/desarrollo_portuario_06_02_14_1.pdf

Onetti, J. (2017). Servicios ecosistémicos y gobernanza de sistemas portuarios (Tesis Doctoral). Universidad de Cádiz. Cádiz. España.

Pallis, A. y Rodríguez J. (2022). Port Economics, Management and Policy. 1^o Edition. Routledge, New York. ISBN: 9780367331559. Web:
<https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part2/changing-geography-ofseaports/evolution-port-rotterdam/>

Pérez, M. (2018). DEMO. Presentación de la nueva plataforma GIS del Puerto de Valencia. Web:
<http://www.demo.es/presentacion-gis-puerto-de-valencia/>

Port of Rotterdam Authority (2022). Real Time Hydro/Meteo Dashboard. Port of Rotterdam On line (the external PortMaps portal). Web: <https://www.portofrotterdam.com/en/operationalinformation/hydrometeo-data>

Port of San Diego (2022). Economic Impact. Port of San Diego Home Page. Web:
<https://www.portofsandiego.org/about-port-san-diego/economic-impact>

Portal Portuario. (2022). Puerto de Rotterdam cierra 2021 con un incremento de 7,3% en el movimiento de carga. Valparaíso. Web: <https://portalportuario.cl/puerto-de-rotterdam-cierra-2021-con-un-incremento-de-73-en-el-movimiento-de-carga/>

Rademaker E. (2014). PortMaps: A Groundbreaking Platform for Port Management. Esri ArcNews. Web: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/portmaps-a-groundbreaking-platform-for-portmanagement/>

Richardson, K. (2010). GIS Gives Port a Common Operating Picture. Esri UK & Ireland. Web: <https://www.esriuk.com/~media/esri-uk/Ports/port-of-sandiego.pdf>

Sánchez, R. (2015). La gobernanza portuaria debe contemplar la logística. Revista: Concepto Logístico. N° 11 Julio 2015. Asociación Argentina de Logística Empresaria. ARLOG. Web: <https://pubhtml5.com/dgyb/sdax/basic>

ShipHub Newsletter. (2022). Port of Rotterdam. Freight Platform. Web: <https://www.shiphub.co/port-of-rotterdam/>

Smith K. y Meikle M. (2019). Port of San Diego GIS. Esri. ArcGIS Story Maps. Web: <https://storymaps.arcgis.com/stories/c023a80c8c1d4d24a32eed3734e8c93b>

Valenciaport. (2022). El Valencia Containerised Freight Index (VCFI) cerró 2021 con unos máximos históricos. Valencia Port Home Page. Web: <https://www.valenciaport.com/el-valenciacontainerised-freight-index-vcfi-cerro-2021-con-unos-maximos-historic>

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL TRANSPORTE MARÍTIMO EN EL ÁREA PORTUARIA. ESTUDIO DE CASO PUERTO DE BAHÍA BLANCA



Guillermo Friedrich ¹
Aloma Sartor ²

¹ Grupo SITYC Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: gfried@frbb.utn.edu.ar

² Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA)
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: asartor@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

La incidencia actual del transporte marítimo global en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero es del 3%, con un crecimiento proyectado por la Organización Marítima Internacional para las próximas décadas más del 50%. Por este motivo se impulsan estrategias para mejorar la Eficiencia Energética en sus operaciones. En este trabajo se describe la metodología y las variables analizadas, que se utilizaron para la estimación de la Huella de Carbono debida a las operaciones de buques en el Puerto de Bahía Blanca, realizada para los años 2017 y 2020. Se realizó una clasificación por tipologías para agrupar los más de 700 buques que operaron anualmente, a fin de considerar aspectos particulares de cada una. Se incluyeron en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero tres operaciones: ingreso y egreso por los 97 km del canal del Estuario de Bahía Blanca; maniobras de amarre y desamarre; espera y operaciones de carga y descarga. Se identificaron los elementos que utilizan energía para sus operaciones: máquina principal o propulsora, máquinas auxiliares y calderas auxiliares. La estimación de la Huella de Carbono se realiza a partir de los datos de potencias nominales de las máquinas y calderas, el régimen de trabajo en cada etapa, la velocidad nominal y la real durante el traslado. Varios de estos parámetros se adoptaron por similitud con tipologías de buques tratadas en estudios realizados para otros puertos del mundo. Los resultados permitieron identificar oportunidades de mejora y proponer el desarrollo de medidas tendientes a mitigar dichas emisiones. Una medida que se propone para refinar la estimación de la

Huella de Carbono para el Puerto de Bahía Blanca consiste en incorporar en el Registro Portuario de Movimiento de Buques, el relevamiento de datos claves para el cálculo, entre otros los ya mencionados, a fin de poder desarrollar un modelo basado en las tipologías reales que operan en este puerto.

PALABRAS CLAVE: Huella de Carbono, Transporte Marítimo, Actividad Portuaria

1

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue realizado a partir de los datos obtenidos en la medición de la Huella de Carbono (HC) del Puerto de Bahía Blanca (PBB) para los años 2017 y 2020.

El PBB está ubicado en el sector interno del estuario homónimo. Al área portuaria se ingresa por vía marítima a través de un canal de navegación de 97 Km de longitud y 45 pies de calado, monitoreado por un sistema satelital VTS. Para los cálculos de la HC portuaria se consideró el tránsito por dicho canal, como también la estadía en puerto y el fondeo dentro del área portuaria. Los resultados de las estimaciones de la HC portuaria evidenciaron que el transporte de carga tiene una incidencia aproximada de entre el 93% y el 95% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En particular, el movimiento y operación de buques ha contribuido a la HC total del puerto entre un 22% y un 24%, aproximadamente (Sartor et al, 2018) (Sartor et al, 2021).

En este sentido, en este trabajo se describe la metodología aplicada para la estimación de las emisiones de la HC debida a los buques, a partir del análisis de las etapas y operaciones de los mismos dentro del área portuaria, utilizando datos obtenidos del VTS, que registran con detalle los tiempos de cada etapa de cada buque en el área bajo control de la autoridad portuaria. Se utilizan parámetros operativos, de consumo de combustibles de máquinas propulsoras, auxiliares y calderas, según clasificación de buques adoptada en el “Carbon Footprinting for Ports. Guidance Document.” (WPCI, 2010). Los resultados permiten identificar oportunidades de

reducir estas emisiones en el área portuaria, como también la necesidad de generar datos propios vinculados a las diferentes tipologías de embarcaciones que ingresan en el puerto.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 CONTEXTO DEL ANÁLISIS DE EMISIONES DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

La incidencia del transporte en el total nacional de emisiones de GEI ha sido de un 13,3% en 2016 y de 13,6% en 2018, según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del Tercer y Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (SGAyDS, 2019) (MAyDS, 2022). En el marco de la Ley Nacional 27.520, la República Argentina ha presentado su primera versión del Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en el año 2019, que incluye propuestas para el sector del transporte de carga, aunque en el mismo no se avanza sobre estrategias para mitigación en el transporte marítimo y fluvial, ni en las infraestructuras portuarias en particular (MAyDS, 2019).

Por su parte, la Organización Marítima Internacional (OMI) impulsa el desarrollo de una red de puertos con el objeto de medir sus emisiones de GEI e implementar metas de disminución en dichas emisiones. Otros antecedentes considerados en el trabajo fueron: la ya citada (WPCI, 2010); “Port of Los Angeles. Inventory of Air Emissions” (Starcrest Consulting Group, 2007) (Starcrest Consulting Group, 2017) (Starcrest Consulting Group, 2019); “Port of Long Beach. Inventory of Air Emissions” (Starcrest Consulting Group, 2019b) y “Guía para el Cálculo y Gestión de la Huella de Carbono en Instalaciones Portuarias” (Torres Monfort y otros, 2016).

En cuanto a la disminución de las emisiones del transporte marítimo, las acciones a nivel mundial están enfocadas en impulsar cambios en el tipo de combustible y una transición hacia el uso de energías renovables, así como modificar condiciones de operación en la navegación (por ej.: reducir velocidades). La OMI estableció dos estrategias en el marco del Convenio de MARPOL: el índice de eficiencia energética para los buques nuevos y el Plan de gestión de eficiencia energética de buques (OMI, 2011).

En el presente trabajo sólo se aborda el análisis de la etapa de tránsito en los 97 km del canal de acceso, la estadía en espera y las operaciones en muelle. Por lo tanto el análisis de las acciones para reducir las emisiones de GEI estará vinculado a las infraestructuras de servicios portuarias y la logística.

2.2 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS BUQUES EN EL PUERTO DE BAHÍA BLANCA

Para estimar la HC producida por los buques que operaron en el puerto se debe identificar el aporte que hicieron las distintas máquinas: propulsora, auxiliares y calderas auxiliares, en cada una de las etapas: tránsito por el canal de acceso (97 km), maniobras de amarre y desamarre, fondeo para espera dentro del área portuaria, estadía en muelle: operativa (carga y/o descarga) y no operativa (espera), todas vinculadas a las condiciones geográficas que determinan aspectos morfológicos del ingreso (en este caso el canal principal) y aspectos relacionados con la eficiencia en las operaciones de logística. Sumado a esto se computa el aporte de los remolcadores involucrados en las maniobras de amarre y desamarre.

Para realizar una estimación más exacta de la HC se requeriría determinar los consumos de combustible de cada máquina en cada etapa para cada uno de los buques, lo que implicaría un esfuerzo permanente de bastante complejidad durante toda la estadía de cada buque en el área portuaria, desde su ingreso al canal de acceso hasta su salida. Por tal motivo es que se recurre a estimaciones basadas en clasificar a los distintos buques de acuerdo a su tipología, características y dimensiones.

Los cálculos que se realizan para estimar las emisiones de cada máquina en cada modo de operación están indicados por las siguientes fórmulas:

$$Emis = E \cdot F_E \quad (1)$$

■ DONDE:

Emis: cantidad de GEI emitidos, medido en

$$[t \text{ CO}_2\text{eq}] \text{ o } [kg \text{ CO}_2\text{eq}]$$

E: Energía demandada para el modo considerado. Se calcula según (2).

FE: Factor de emisión correspondiente al modo considerado, medido en cantidad de GEI emitidos por unidad de energía.

La energía demandada para un determinado modo se calcula de la siguiente manera:

$$E = Carga \cdot t_{Act} \quad (2)$$

Carga: potencia demandada

t_{Act} : Tiempo de duración de la actividad que demanda potencia.

La carga demandada para cada modo es función de la potencia máxima de la máquina y un cierto factor de carga, que depende de la demanda de potencia:

$$Carga = MCR \cdot LF \quad (3)$$

■ **DONDE:**

MCR:Potencia máxima en régimen continuo.

LF:Factor de carga (adimensional), que indica la fracción demandada sobre la potencia máxima.

El factor de carga se calcula de una manera específica para cada modo y tipo de máquina, según se describe en las secciones siguientes.

MÁQUINAS PROPULSORAS

Para calcular la energía requerida a las máquinas propulsoras se considera como potencia máxima a régimen continuo, MCR, la potencia nominal indicada en la ficha técnica de Lloyd's (2021).

El factor de carga se calcula en base a la siguiente relación entre velocidad actual y velocidad máxima:

$$LF = \left(\frac{vel_{Act}}{vel_{Máx}} \right)^3 \quad (4)$$

■ **DONDE:**

Vel_{Actual}:

velocidad a la que se desplaza el buque.

Se considera que las máquinas propulsoras sólo funcionan durante el tránsito de los 97 km del canal de acceso. De acuerdo a información suministrada por el área encargada del monitoreo y control del tráfico marítimo (VTS) del Puerto de Bahía Blanca, el trayecto se realiza en 4,5 hs a una velocidad cons-

tante, lo que implica una velocidad de desplazamiento (v_{Act}) de 11,6 kn.

Vel_{Máx}:

velocidad máxima del buque, obtenida de la ficha de Lloyd's.

Luego, para calcular la energía demandada a las máquinas propulsoras, el tiempo total considerado para el ingreso y la salida es de 9 hs.

Finalmente, para estimar las emisiones de GEI se aplicó el F_E del fuel oil pesado (HFO 2,7% de azufre) para motores diésel de baja velocidad, calculado en base a los siguientes FE obtenidos de (Starcrest Consulting Group, 2012):

CO₂: 620 [g / kW-h]
N₂O: 0,031 [g / kW-h]
CH₄: 0,012 [g / kW-h]

Los siguientes factores de multiplicación de cada uno de estos gases:

CO₂: 1
N₂O: 298
CH₄: 25

Luego, el factor de emisión para las máquinas propulsoras es:

$$F_{E Prop} = (620 \cdot 1 + 0,031 \cdot 298 + 0,012 \cdot 25) \cdot 10^{-6} = 0,000629538 [tCO_{2eq}/kW - h] \quad (5)$$

Durante la etapa de maniobras de amarre y desamarre se consideró, en base a lo indicado desde el VTS, que las máquinas propulsoras están apagadas, por lo que sus emisiones son nulas. Sin embargo, cabría revisar este criterio, dado que en caso de no estar apagadas sino operando con una mínima carga (por ej.: 2%), se deberían computar emisiones con un factor de corrección en función de dicha carga (el factor de emisión aumenta cuando la carga es menor al 20%).

MÁQUINAS AUXILIARES

Para calcular la HC producida por las máquinas auxiliares se parte de la potencia entregada por estas, lo que varía de acuerdo a la etapa de operación: tránsito, maniobra, en muelle. A diferencia de lo realizado para las máquinas propulsoras, cuyas potencias se obtuvieron de la ficha de cada buque en la base de datos de Lloyd's, las potencias de auxiliares y calderas no están disponibles allí. Por este motivo se aplicó la metodología utilizada para los puertos de Los Angeles (POLA) y de Long Beach (POLB) (Starcrest Consulting Group, 2019 y 2019b), en la que en base a relevamientos realizados a los buques que operaron a lo largo del año han establecido una clasificación por tipo de buque, consignando las potencias nominales promedio de sus máquinas auxiliares y calderas, y las potencias promedio entregadas en cada etapa operativa.

A los fines de cálculo se asimilaron los tipos de buques que operaron en el PBB con los más similares que operaron en POLA y

POLB, adaptándose como valor de potencia el promedio ponderado calculado para cada tipo de buque. Por ejemplo:

Los buques Graneleros de PBB fueron asimilados al tipo Bulk de POLA y POLB:

Tipo de buque: Bulk

Cantidad en Puerto de Los Angeles: 196

Cantidad en Puerto de Long Beach: 609

Potencia promedio máquinas auxiliares en tránsito (Los Angeles): 255 kW

Potencia promedio máquinas auxiliares en tránsito (Long Beach): 313 kW

Potencia adoptada para las máquinas auxiliares en tránsito:

$$: \frac{196 \cdot 255 + 609 \cdot 313}{196 + 609} = 299 \text{ kW}$$

En la Tabla 1 se presentan los valores de potencias de máquinas auxiliares de distintos tipos de buques en cada una de las etapas consideradas. Cabe señalar que, para los casos de los pesqueros y remolcadores del puerto, las potencias de máquinas auxiliares se obtuvieron de una manera diferente, que se describe en un apartado posterior.

Tabla 1. Potencias consideradas para las máquinas auxiliares

TIPO DE BUQUE	ASIMILADO A	CANTIDAD	POT. AUX. TRÁNSITO [KW]	POT. AUX. MANIOBRA [KW]	POT. AUX. MUELLE [KW]	POT. AUX. FONDEO [KW]
CARGA GENERAL	GENERAL CARGO	15	457	1.204	629	180
CONTAINER SHIP	CONTAINER-2000	41	972	2.119	983	958
FACTORÍA	PESQUERO (*)	1	90	90	90	90
GASERO	TANKER-CHEMICAL	41	637	865	882	402
GRANELERO	BULK	397	299	785	195	253
PESQUERO	(*)	34	406	406	406	406
QUIMIQUERO	TANKER-CHEMICAL	3	637	865	882	402
TANKER	TANKER-HANDYSIZE	110	540	621	794	560
REMOLCADOR PUERTO	(**)	2.562		156		

(*)El único buque factoría fue asimilado como un pesquero. La manera de determinar las potencias de máquinas auxiliares de los buques pesqueros se basó en (WPCI, 2010) 1.

(**)La potencia de máquinas auxiliares de los remolcadores que operan en las maniobras de atraque y zarpada también se calcularon (WPCI, 2010)2. La cantidad consignada, 2562, se refiere a las operaciones de remolcadores para el ingreso y salida de las embarcaciones, que por lo general ocupan dos remolcadores, uno a proa y otro a popa.

El cálculo de la HC producida por las máquinas auxiliares se calcula a partir de las fórmulas (1) y (2). La potencia demandada para cada tipo de buque y etapa de operación se obtiene de la Tabla 1, mientras que el tiempo tAct se obtiene del procesamiento de la base de datos del VTS, que registra las operaciones de los buques, que se presentan en la Tabla 2.

- 1 Tabla 5.8.
- 2 Tabla 5.8

Tabla 2. Tiempos de operación de las máquinas auxiliares en cada etapa

TIPO DE BUQUE	CANTIDAD	FONDEO [HS]	ESPERA INOPER. [HS]	OPERACIÓN [HS]	ESPERA ZARPADA [HS]	MANIOBRA [HS]	TRÁNSITO [HS]
CARGA GENERAL	15	961,7	204,6	646,7	105,8	30,0	135,0
CONTAINER SHIP	41	518,6	359,9	2.231,0	119,4	82,0	369,0
FACTORÍA	1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	9,0
GASERO	41	1.592,6	320,0	3.920,8	488,5	82,0	369,0
GRANELERO	397	26.110,0	2.409,4	15.494,7	2.643,7	794,0	3.573,0
PESQUERO	34	129,9	431,7	157,3	280,3	60,5	184,5
QUIMIQUERO	3	349,6	12,2	53,9	29,6	6,0	27,0
TANKER	110	5.737,6	945,6	4.314,1	1.064,5	220,0	990,0
REMOLCADOR PUERTO	2562					2.719,0	
TOTALES	642	35.399,9	4.683,4	26.818,5	4.731,9	1.276,5	5.656,5

Luego, el factor de emisión aplicado es el calculado en base a los coeficientes indicados en (Starcrest Consultig Group, 2012) para máquinas auxiliares alimentadas con HFO, 2,7% de azufre:

CO₂: 683 [g / kW-h]
N₂O: 0,031 [g / kW-h]
CH₄: 0,008 [g / kW-h]

empleado para las máquinas auxiliares es el siguiente:

$$F_{E_{Aux}} = (683 \cdot 1 + 0,031 \cdot 298 + 0,008 \cdot 25) \cdot 10^{-6} = 0,000692438 [t CO_{2eq} / kW - h] \quad (6)$$

Finalmente se debe multiplicar este factor de emisión por la energía demandada a las máquinas auxiliares en cada etapa de operación, lo que se calcula a partir de las potencias indicadas en la Tabla 1 y los tiempos indicados en la Tabla 2.

Y aplicando los mismos factores de multiplicación indicados anteriormente para las máquinas propulsoras, el factor de emisión

CALDERAS AUXILIARES

durante 2019. En la Tabla 3 se presentan los valores de potencias de calderas auxiliares de distintos tipos de buques en cada una de las etapas consideradas.

Para calcular la HC producida por las calderas auxiliares se aplicó un criterio similar al descrito para las máquinas auxiliares, basado en el promedio ponderado de las potencias determinadas para las calderas auxiliares de los buques que operaron en los Puertos de Los Ángeles y Long Beach

Tabla 3. Potencias consideradas para las calderas auxiliares

TIPO DE BUQUE	ASIMILADO A	CANTIDAD	POT. CALDERA TRÁNSITO [KW]	POT. CALDERA MANIOBRA [KW]	POT. CALDERA MUELLE [KW]	POT. CALDERA FONDEO [KW]
CARGA GENERAL	GENERAL CARGO	15	56	124	160	160
CONTAINER SHIP	CONTAINER-2000	41	147	284	354	352
FACTORÍA	PESQUERO (*)	1	0	0	0	0
GASERO	TANKER-CHEMICAL	41	59	136	568	255
GRANELERO	BULK	397	35	94	125	125
PESQUERO	(*)	34	0	0	0	0
QUIMIQUERO	TANKER-CHEMICAL	3	59	136	568	255
TANKER	TANKER-HANDYSIZE	110	144	144	2586	144

En este caso, el factor de emisión aplicado también fue adoptado de (Starcrest Consulting Group, 2012), para máquinas auxiliares alimentadas con HFO, 2,7% de azufre:

CO₂: 683 [g / kW-h]
 N₂O: 0,031 [g / kW-h]
 CH₄: 0,008 [g / kW-h]

Y aplicando los mismos factores de multiplicación indicados anteriormente para las máquinas propulsoras y auxiliares, el factor de emisión empleado para las calderas auxiliares es el siguiente:

$$F_{E\text{Cald}} = (970 \cdot 1 + 0,080 \cdot 298 + 0,002 \cdot 25) \cdot 10^{-6} = 0,00099389 [t\text{ CO}_2\text{eq} / \text{kW} - \text{h}] \quad (7)$$

Luego se calcula la HC de cada etapa en base a las fórmulas (1) y (2), considerando el tiempo de cada etapa según la Tabla 2, la potencia demandada en cada etapa según la Tabla 3, y el factor de emisión de fórmula (7).

REMOLCADORES

Para el cálculo de la HC producida por los remolcadores que realizan tareas de asistencia durante las maniobras de amarre y zarpada de los buques de gran porte, se consideró que los factores de carga estimados de las máquinas son:

Máquinas propulsoras:	0,31
Máquinas auxiliares:	0,43

Estos factores fueron obtenidos de (Starcrest Consulting Group, 2012)³. Como potencia de las máquinas propulsoras se utilizó el promedio de las potencias registradas para cada remolcador, según Lloyds. En el caso de las máquinas auxiliares, dado que no se tenía registro de sus potencias para todas las embarcaciones, se utilizó el promedio calculado entre aquellas conocidas. Las potencias promedio utilizadas fueron las siguientes:

³ Tabla 4.6

$$Potencia_{Prop\ Remolc} = 2854 [kW] \cdot 0,31 = 885 [kW] \quad (8)$$

$$Potencia_{Aux\ Remolc} = 363 [kW] \cdot 0,43 = 156 [kW] \quad (9)$$

Luego, de la base de datos del VTS se obtuvo la cantidad de remolcadores que realizaron tareas durante el amarre y zarpada de los buques, considerando 1,5 h para el amarre y 0,5 h para la zarpada. El total de horas de remolcadores computados fue de 2719 hs. Finalmente, aplicando los factores de emisión de (5) y (6), la HC producida por las operaciones de remolcadores fue:

$$HC_{Remolcadores} = 2719 \cdot (885 \cdot 0,000629538 + 156 \cdot 0,00099389) = 1808,6 [t\ CO_2\ eq] \quad (10)$$

PESQUEROS COMERCIALES Y FACTORÍA

En el caso de los pesqueros comerciales y un buque factoría asimilado como pesquero, se utilizaron las potencias de máquinas propulsoras y velocidades máximas obtenidas de la base de datos de Lloyds. Para aquellos pesqueros y factorías cuyos parámetros no estaban disponibles en Lloyds, se le consideró una potencia de máquinas propulsoras y una velocidad máxima igual al promedio calculado sobre los buques pesqueros y factoría conocidos.

En cuanto a las potencias de las máquinas auxiliares, se calculó un promedio de las potencias de este tipo de máquinas en base a los buques pesqueros y factoría conocidos, aplicando luego el factor de carga de 0,43, obtenido de (Starcrest Consulting Group, 2012)⁴. Las potencias efectivas de máquinas auxiliares de buques pesqueros y factoría son las que se presentan en la Tabla 1.

LANCHAS DE PESCA ARTESANAL

La HC de las lanchas de pesca artesanal que operan desde el PBB se calculó en base a la cantidad de litros de combustible que el

CGPBB les suministró durante 2020: 67.380 l de nafta y 58.400 l de gasoil. Aplicando los factores de emisión de 2,38 [t CO₂ eq/m³] y 2,61 [t CO₂ eq/m³] para nafta y gasoil, respectivamente, la HC computada a las operaciones de este tipo de embarcaciones fue de:

$$HC_{\text{Pesca Artesanal}} = 67380 \cdot 2,38 / 1000 + 584 \cdot 2,61 / 1000 = 312,8 [t CO_2 eq] \quad (10)$$

RESULTADOS GENERALES

En la Tabla 4 se presentan los resultados del cálculo de la HC, discriminado por tipo de buque y etapa. En las columnas de la derecha se presentan los totales con y sin considerar el tiempo

de fondeo fuera del canal de acceso, a la espera de autorización para ingresar a puerto. Se calcularon esos dos totales por separado porque la etapa de fondeo antes del ingreso al canal de acceso podría o no ser considerado como parte de la HC del PBB.

Tabla 4. Huella de carbono por etapa y totales (en t CO₂ eq)

TIPO DE BUQUE	CANTI- DAD	HC TRÁNSITO	HC MANIOBRA	HC MUELLE	HC FONDEO	HC TOTAL C/ FONDEO	HC TOTAL S/ FONDEO
CARGA GENERAL	15	291,3	28,7	569,1	272,8	1.161,9	889,1
CONTAINER SHIP	41	1.277,0	143,5	2.798,4	525,4	4.744,3	4.218,9
FACTORÍA	1	3,5	0,1	0,0	0,0	3,6	3,6
GASERO	41	1.076,4	60,2	5.558,2	846,9	7.541,7	6.694,8
GRANELERO	397	10.761,4	505,8	5.327,3	7.817,9	24.412,4	16.594,5
PESQUERO	34	124,6	17,0	244,4	36,5	422,5	386,0
QUIMIQUERO	3	67,6	4,4	112,5	185,9	370,4	184,5
TANKER	110	2.627,0	126,1	19.731,5	3.046,0	25.530,6	22.484,6
REMOLCADORES			1.808,6			1.808,6	1.808,6
LANCHAS PESCA ARTESANAL						312,8	312,8
TOTALES		16.228,8	2.694,3	34.341,2	12.731,6	66.308,8	53.557,4

4 Tabla 4.6

En la próxima sección se analizan estos resultados, en búsqueda de posibles mejoras que pudieran ser factibles de realizar.

3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de evaluar la posibilidad de proyectar mejoras en las operaciones de los buques, con la finalidad de reducir esta componente de la HC del PBB, conviene analizar por separado cada una de las etapas:

Tránsito:	16.228,8 [t CO ₂ eq]
Maniobra:	2.694,3 [t CO ₂ eq]
Estadía en puerto:	34.341,2 [t CO ₂ eq]
Fondeo:	12.731,6 [t CO ₂ eq]

La etapa con mayor incidencia relativa es la de estadía en puerto. La HC de esta etapa depende directamente de su duración, y como se observa en la Tabla 2, el tiempo total se divide en tres componentes:

Espera inoperativa:	4.683,4 [hs] → 13%
Operación:	26.818,5 [hs] → 74%
Espera zarpada:	4.731,9 [hs] → 13%

La etapa de operación corresponde a la carga y/o descarga que se realiza desde las distintas terminales y con la modalidad correspondiente al tipo de carga de que se trate. Es decir que la duración de esta etapa depende del proceso a realizar. En tal sentido cabría analizar si sería factible optimizar estos procesos a fin de reducir los tiempos, lo que probablemente implicaría importantes inversiones.

En cuanto a la espera inoperativa, cabría analizar si resulta factible establecer una mejor organización de las operaciones portuarias, a fin de reducir la pérdida de tiempo en esta etapa. La espera inoperativa podría deberse, probablemente de manera no excluyente, a que los buques deban esperar que otro/s buque/s finalicen sus operaciones de carga y/o descarga.

En el caso de los buques en tránsito, la HC es proporcional al cubo de la velocidad. Por lo tanto, en el mismo sentido cabría analizar si es factible establecer con certeza cuál sería el momento adecuado para iniciar el ingreso al canal de acceso, evitando por una parte el fondeo antes de ingresar al canal, mediante un desplazamiento a menor velocidad. Si bien la HC debida al tránsito fuera del canal de acceso no se computa como HC del PBB, igualmente tiene impacto en las emisiones de GEI del transporte naviero.

Otro aspecto que se debe explorar está referido a la posibilidad de que durante la estadía de los buques en muelle no utilicen sus máquinas auxiliares para generar energía eléctrica, sino que la reciban desde tierra. Esto evitaría las emisiones directas causadas por las máquinas auxiliares y, si la energía suministrada proviene de fuentes renovables, como energía eólica y/o solar, el beneficio ambiental será aún mayor. Sin embargo, esta posibilidad requiere realizar un estudio de factibilidad técnico/económico.

4

CONCLUSIONES

- Las conclusiones que se pueden obtener del trabajo realizado son las siguientes:
- El PBB ha comenzado en 2018 a realizar estimaciones de su HC, con vistas a definir planes de mejora en cuanto a la reducción de emisiones de GEI. Esto resulta auspicioso por el impacto que puede tener para impulsar el tema en la región y el país.
- Los resultados muestran que el movimiento y las operaciones de buques representan entre un 22% y un 24% del total de la HC del PBB.
- Del análisis de la HC debida a los buques se pudo determinar que hay algunas mejoras que se podrían tratar de evaluar y/o proyectar, en lo que respecta a: mejoras en la planificación logística del movimiento naviero, para evitar o reducir tiempos muertos de espera, y provisión de energía eléctrica desde tierra a los buques, para evitar las emisiones directas de las máquinas auxiliares.

5

BIBLIOGRAFÍA

Lloyd's (2021). Web: <https://www.seasearcher.com>.

MayDS (2019). Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina. Web: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/330000-334999/332234/res447-3.pdf>

MAyDS (2022). Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sustentable de la República Argentina. Web: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/01/4to_informe_bienal_de_la_republica_argentina.pdf

OMI (2011). Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques. Web: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>

Torres Monfort, F. y otros (2016). Guía para el cálculo y gestión de la huella de carbono en instalaciones portuarias por niveles. Autoridad Portuaria de Valencia, Fundación Valenciaport, Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 978-84-945506-0-7.

Starcrest Consulting Group (2007). Port of Los Angeles. Inventory of Air Emissions. Web: <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/air-emissions-inventory>.

Starcrest Consulting Group (2012). Port of Los Angeles. Inventory of Air Emissions. Web: <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/air-emissions-inventory>.

Starcrest Consulting Group (2017). Port of Los Angeles. Inventory of Air Emissions. Web: <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/air-emissions-inventory>.

Starcrest Consulting Group (2019). Port of Los Angeles. Inventory of Air Emissions. Web: <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/air-emissions-inventory>.

Starcrest Consulting Group (2019b). Port of Long Beach. Inventory of Air Emissions. Web: <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/air-emissions-inventory>.

SAyDS (2019). Tercer Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina. Web: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/3er_iba.pdf

Sartor, A., Friedrich, G., Escudero, D. (2018). Web: <https://puertobahiablanca.com.abakotest.com.ar/wp-content/uploads/2022/06/HDC-2018.pdf> Sartor, A., Friedrich, G., Escudero, D. (2021). Web: <https://puertobahiablanca.com.abakotest.com.ar/wp-content/uploads/2022/06/HDC-2020.pdf>

WPCI (2010). Carbon Footprinting for Ports. World Ports Climate Initiative. Web: https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/Carbon_Footprinting_Guidance_Document.pdf

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA POBLACIÓN DE OSTRAS INVASORAS EN EL MUNICIPIO DE CORONEL ROSALES

Sandra Fiori ^{1*}, Eder Dos Santos ², María Cecilia Carcedo ³, Agustín Menechella ⁴, Ana Andrieu ⁵ y Milagros Osinaga ⁶

^{1,2,3,4,5,6} Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET-UNS), Florida 8000, Bahía Blanca, Argentina.
^{1,3,4} Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia.
Universidad Nacional del Sur.
San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
*e-mail: fiorisandra1@gmail.com

RESUMEN

La ostra del Pacífico, especie originaria de la costa asiática, fue introducida ilegalmente en nuestro país en la década del 80. En el año 2010 unos pocos ejemplares fueron detectados dentro del estuario de Bahía Blanca. Desde entonces su número ha aumentado generando serios problemas ambientales y sociales. Entendiendo la gravedad de esta problemática, el municipio de Coronel Rosales se postuló a la convocatoria del programa ImpaCT. AR implementado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología de la Nación. El objetivo del programa es buscar soluciones a desafíos de interés público, planteados por organismos estatales. El objetivo del Proyecto ImpaCT.AR Ostras, llevado adelante desde el IADO, es proponer acciones que ayuden a frenar o mitigar los procesos de degradación ambiental generados por la ostra del Pacífico, promoviendo la conservación de los recursos naturales locales y la calidad de vida de los habitantes. El proyecto inició en 11/21 y tendrá una duración de tres años. Consta de una fase inicial de investigación y diagnóstico que durará un año aproximadamente, luego de lo cual se trabajará en mesas científico-técnicas con los actores sociales afectados por esta problemática. Finalmente se analizará la información obtenida y se elaborará una propuesta de Plan de Manejo para el Municipio de Coronel Rosales, que luego se ampliará a nivel regional. En este foro presentamos los resultados preliminares correspondientes a la fase de diagnóstico ambiental: mapeo de bancos de ostras y detección de conflictos en el frente costero urbanizado de Cnel. Rosales. En 11/2021 se

muestrearon las áreas de Villa del Mar (VM), Arroyo Parejas (AP) y Pehuén Co (PC) y se compararon con datos de 2013. En cada sitio se realizaron transectas paralelas a la costa de 1 km de largo sobre las que se ubicaron parcelas de 1 m² separadas entre sí cada 30 m. En cada parcela se contaron las ostras presentes y se retiró una muestra para análisis histológicos y químicos. El banco de ostras con máxima densidad y velocidad de expansión se ubica en AP (2021: 1.158,86 ostras/m²; 2013: 3,58 ostras/m²), seguido por VM (2021: 74,83 ostras/m²; 2013:0,31 ostras/m²) y PC (4,86 ostras/m²; 2013:0,02 ostras/m²). Los principales conflictos detectados fueron en AP donde se registró la extracción ilegal de ostras y la invasión del banco de ostras sobre el área de balneario estival.

PALABRAS CLAVE: Magallana (ex-Crassostrea) gigas, invasiones biológicas, plan de manejo.

1

INTRODUCCIÓN

En la Argentina la ostra del Pacífico, Magallana (ex Crassostrea) gigas fue introducida en Bahía Anegada (Partido de Patagones, extremo sur de la provincia de Buenos Aires) en la década de 1980 con propósitos de acuicultura. El emprendimiento económico que dio origen a la introducción fue abandonado y las ostras fueron dejadas in situ. Este núcleo fue el que dio origen a los arrecifes de ostras del Pacífico que en la actualidad cubren los sustratos duros y las marismas dentro de la bahía (Borges, 2006). El rango de distribución actual de M. gigas en la Argentina es incierto, aunque existen evidencias para afirmar que está en expansión. En el estuario de Bahía Blanca, las ostras fueron detectadas por primera vez en el año 2010 (Dos Santos & Fiori, 2010). Actualmente las ostras han invadido todas las estructuras duras presentes en el estuario extendiéndose hasta los afloramientos rocosos de las playas de Pehuén Co y Monte Hermoso (Fiori et al., 2016). Los fondos duros naturales y artificiales, hábitat primario de la ostra del Pacífico, están confinados a unos pocos sectores dentro del estuario de Bahía Blanca; sin embargo, se ha documentado que esta especie es capaz de establecerse en zonas fangosas y arenosas cuando el hábitat preferido es escaso. Dado el alto grado de adaptación de esta especie y su capacidad de expansión, los intermareales de fondos blandos, que representan el 65 % de la superficie total del estuario y son zonas de relevancia para la conservación de la biodiversidad local, son susceptibles a ser invadidos por esta especie (Bravo et al., 2020; Bravo et al., 2021; Carcedo et al., 2021; Martínez-Cursi et al., 2021). Por otra parte, la sociedad ha comenzado

a percibir la presencia de esta especie como un problema debido a los cortes que provocan sus valvas en playas destinadas a la recreación. Dentro del estuario existen múltiples actividades, portuarias e industriales, que podrían convertir al consumo de la ostra en un problema para la salud humana, sumado a que las ostras no tienen control sanitario, ni se hacen en el área monitoreos de marea roja. Debido al marcado avance de la ostra del Pacífico sobre las costas del sur de la provincia de Buenos Aires, los problemas que acarrea se han profundizado (pérdida de playas, heridas en bañistas y consecuencias sanitarias por su consumo), y en especial para el Municipio de Coronel Rosales, donde afecta directamente a la actividad turística (balnearios de Arroyo Pareja y Pehuén-Co). Entendiendo la gravedad de esta problemática el municipio de Coronel Rosales se postuló a la convocatoria del programa impaCT.AR implementado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología de la Nación. Cuyo objetivo es buscar soluciones a desafíos de interés público, planteados por organismos estatales, a partir del conocimiento científico existente.

El objetivo del Proyecto impaCT.AR Ostras, llevado adelante desde el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET-UNS), es proponer acciones que ayuden a frenar o mitigar los procesos de degradación ambiental generados por la ostra del Pacífico, promoviendo la conservación de los recursos naturales locales y la calidad de vida de los habitantes. El proyecto tiene una duración de tres años (noviembre 2021-noviembre 2024). Con una fase inicial de

investigación y diagnóstico que durará un año aproximadamente, mientras que en los dos años siguientes se trabajará en mesas científico-técnicas a las que se invitará a participar a todos los actores sociales afectados por esta problemática. En el

presente estudio se presentan los resultados iniciales de la fase de diagnóstico cuyo objetivo principal es estimar la distribución, abundancia y velocidad de expansión de la ostra del Pacífico en el frente costero del partido de Coronel Rosales.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El Partido de Coronel Rosales, se encuentra ubicado al sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Limita con los Partidos de Bahía Blanca, Coronel Pringles, Coronel Dorrego y Monte Hermoso (Figura 1). La superficie del Distrito es de 1.312,20 km² continentales, sumándose a su extensión unos 400 km² que adicionan las islas del Embudo, Bermejo y Trinidad, las cuales forman parte de la Reserva Natural Provincial de Usos Múltiples Bahía Blanca, Verde y Falsa (210.000 has). Además, dentro de los límites del partido se encuentran la Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Pehuén Co-Monte Hermoso (2.542 has), la Reserva Natural de la Defensa Baterías-Charles Darwin (1000 has) y el Paisaje Protegido Humedal-Arroyo Parejas-Isla Cantarelli. Coronel Rosales cuenta con una población de 62.152 habitantes (INDEC, Censo Nacional 2010); su cabecera es la ciudad de Punta Alta (58.315 habitantes) y otras localidades costeras que integran el partido son Pehuén Co (681 habitantes) y Villa del Mar (327 habitantes). Entre sus prin-

cipales atractivos turísticos se encuentra la localidad balnearia de Pehuén Co. Dentro del partido se emplazan un puerto comercial, Puerto Rosales, la Base Naval Puerto Belgrano y la Base Naval de Infantería de Marina Baterías (Pratolongo y Fiori, 2021).

El área de trabajo para el desarrollo del presente estudio abarca todo el frente costero del Partido de Coronel Rosales que involucra el sector medio y externo del estuario de Bahía Blanca y la playa de la localidad balnearia de Pehuén Co.



FIGURA 1. Mapa de la región sur de la provincia de Buenos Aires donde se indica la ubicación del Partido de Coronel Rosales y detalles de las principales localidades costeras dentro del partido.

2.2 METODOLOGÍA

Para estimar la distribución, abundancia y velocidad de expansión de la ostra del Pacífico en el frente costero del partido de Coronel Rosales, en noviembre de 2021 se muestrearon los balnearios de Villa del Mar (VM), Arroyo Parejas (AP) y Pehuén Co (PC) y se compararon con datos previos obtenidos en muestreos realizados en 2013. En cada balneario se realizó una transecta paralela a la costa de aproximadamente 1 km de largo sobre las que se definieron seis sitios de muestreo, los que se georreferenciaron utilizando SMASH (una aplicación de toma de datos en campo de código abierto). Los sitios se separaron entre 30 a 50 m y en cada sitio se ubicaron cuatro parcelas cuadradas de 50 cm de lado para cubrir un área de 1 m² (Figura 2). Cada parcela fue dividida en

25 cuadrados de 10 x 10 cm a fin de poder estimar la cobertura de ostras como porcentaje del cuadrado con presencia de ostras. En cada parcela se contaron todas las ostras presentes, indicando si estaban vivas o muertas al momento del muestreo, y se colectaron todas las ostras presentes en una parcela por sitio para posteriores análisis histológicos y químicos (muestras en procesamiento). Además, se midió el ancho del banco en cada sitio de muestreo a fin de estimar la abundancia total del banco en el área muestreada. Por otra parte, utilizando imágenes del Google Earth© se estimó el área potencial para el asentamiento de las ostras midiendo la superficie de los sustratos óptimos en cada uno de los balnearios relevados.

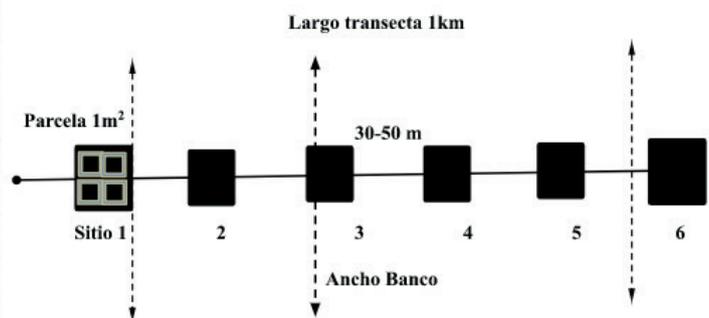


FIGURA 2. A) Fotografía del área de muestreo de 1 m² compuesta por cuatro parcelas de 50 cm de lado. B) Esquema del diseño de muestreo donde se muestra la disposición de las parcelas sobre la transecta.

3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En toda la franja costera del Municipio de Coronel Rosales se encontraron ostras del Pacífico adheridas sobre distintos tipos de sustratos: duros naturales (roca de playa), duros artificiales (estructuras portuarias, resto de construcciones, etc.) y fondos fangosos (retenidas sobre la vegetación o usando de sustratos ostras muertas y desprendidas del banco principal) (Figura 3). La densidad máxima de ostras fue registrada en AP y la mínima en PC, mientras que el ancho máximo de banco se encontró en VM y el mínimo en AP. Considerando solo el área relevada, 1 km de largo, se estimó una abundancia total de ostras similar para AP y VM, unos 11 millones de ostras, y varios órdenes de magnitud menor para PC (Tabla 1). De acuerdo a los requerimientos de esta especie, la zona estuarial es un hábitat más adecuado para su asentamiento y desarrollo que las playas abiertas (Troost, 2010). En el caso particular de PC, los sustratos duros intermareales donde está asentada la ostra, no sólo están sometidos a la energía constante de las olas sino también a eventos de enterramiento prolongados debido a los movimientos masivos de la arena (proceso de erosión-acreción) que pueden provocar, en caso de

ser prolongados, asfixia de las ostras como ha sido documentado para otras especies del intermareal (Dos Santos et al., 2018). Por otra parte, en PC la especie que domina los sustratos rocosos intermareales es el mejillín, *Brachidontes rodriguezii*, potencial competidor de la ostras por espacio y alimento, lo que podría explicar junto con las características físicas de esta playa la baja densidad y cobertura de la población de *M. gigas*. Reforzaría esta hipótesis el hecho de que en PC la densidad de ostras muertas in situ es mayor que la de ostras vivas (Tabla 1). En la zona estuarial la diferencia de densidades y coberturas encontradas entre VM y AP puede deberse a la menor área disponible para el asentamiento de las ostras en AP. Analizando las imágenes del Google Earth®, en marea baja, se estimó que el área potencial para ser colonizada por las ostras en VM es de unos 47.000 m², mientras que en AP es de sólo unos 9.760 m². Dentro del estuario las mayores densidades de ostras muertas in situ se encontraron en AP, posiblemente debido a la alta densidad de ostras que se generan en este ambiente por la escasa disponibilidad de sustrato adecuado para el asentamiento.

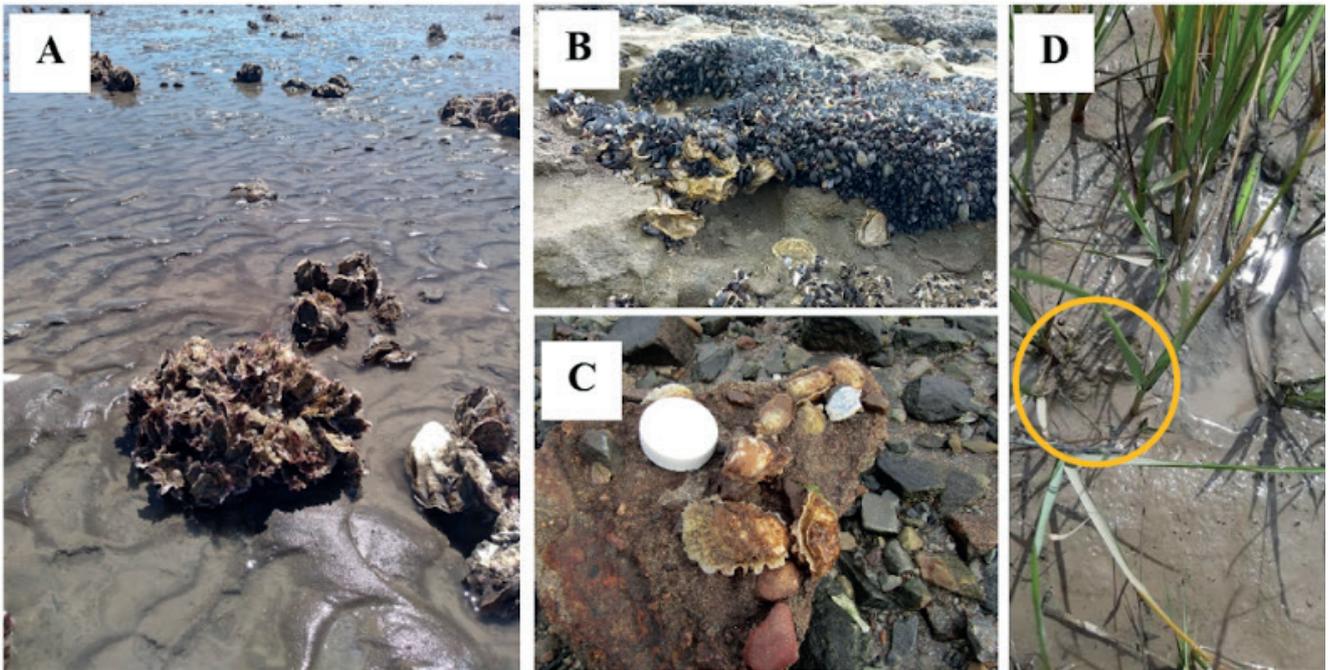


FIGURA 3. Ostras del Pacífico adheridas a distintos tipos de sustratos A) fondos fangosos en Arroyo Pareja, B) fondos duros naturales Pehuén Co, C) fondos duros Arroyo Parejas, D) retenidas entre la vegetación de las marismas de Villa del Mar (Fotos Sandra Fiori).

	Villa del Mar	Arroyo Pareja	Pehuen Có
Ostras vivas (indiv/m ²)	74,83 ± 39,81	1.158,86 ± 451,76	4,86 ± 2,29
Ostras muertas (indiv/m ²)	28,00 ± 46,22	244,80 ± 126,35	7,85 ± 3,56
Cobertura de ostras	60%	98%	4%
Ancho Banco (m)	157,00 ± 15,56	9,86 ± 2,73	41,88 ± 22,77
Número total de ostras *	11.748.310	11.427.740	203.536

TABLA 1. Densidad de los bancos de ostras del Pacífico, expresada en ostras/m², ubicado en los balnearios del Partido de Coronel Rosales. * Abundancia total estimada para el área relevada de 1 km de largo.

Comparando los datos obtenidos con información previa, queda evidenciado que la densidad de la población de ostras aumentó desde su primer registro hasta el presente en todos los ambientes analizados, siendo la velocidad de expansión más notable en AP que en VM y PC (Figura 4). Es probable que en AP la población haya llegado a su máxima densidad, mientras que en VM, dadas sus óptimas condiciones para el desarrollo de la especie, esté aún en expansión como lo indica si comparamos su densidad con las registradas para otros ambientes invadidos por esta especie. Uno de los casos mejor documentados de expansión de *M. gigas* es el registrado para el Mar del Norte, donde durante mucho tiempo la población no superó las 4 ostras/

m² hasta que las condiciones climáticas favorables produjeron un aumento de la densidad poblacional (245 ostras/m²) con la consecuente formación de arrecifes (Diederich, 2005). Por otra parte, a nivel local en Bahía Anegada donde la especie fue introducida en la década del 1980, las ostras forman arrecifes con densidades de hasta 310,4 ostras/m² (Borges, 2006). Durante la realización de este estudio los principales conflictos detectados fueron en la zona del balneario AP donde se registró la extracción ilegal de ostras con fines de consumo y venta, y la invasión del banco de ostras sobre el área de balneario estival.

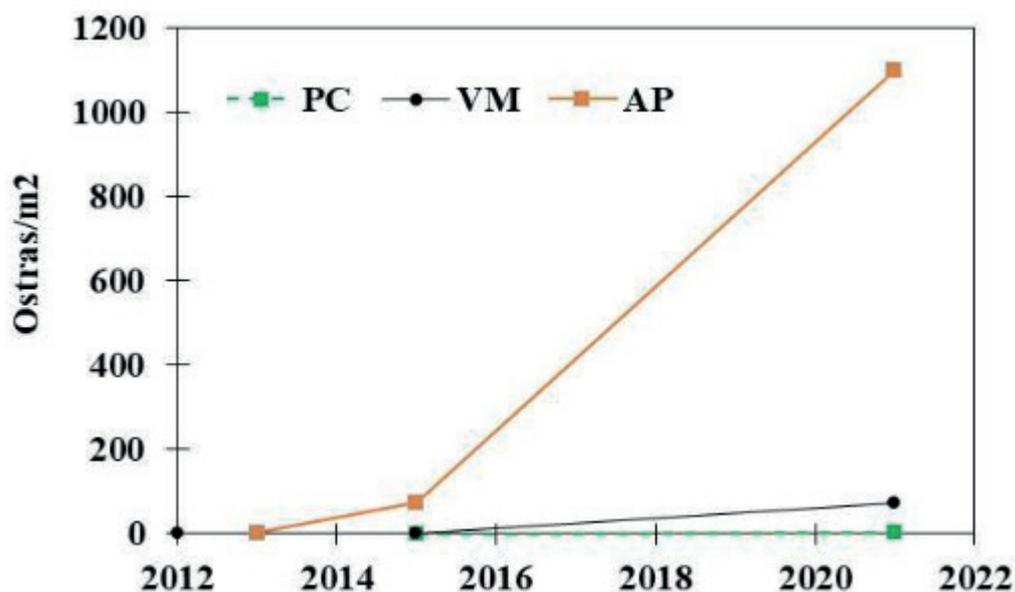


FIGURA 4. A) Variación de la abundancia de la población de *Magallana gigas*, entre 2012 y 2021, en el área de estudio. Referencias VM: Villa del Mar, A: Arroyo Pareja, PC: Pehuén Co.

4

CONCLUSIONES

- Desde su primer registro *M. gigas* ha aumentado su densidad dentro y fuera del estuario.
- Esta especie se encuentra sobre todo tipo de sustratos y se espera que avance en el corto plazo sobre fondos blandos, en particular en aquellos ambientes donde no quedan fondos duros disponibles, como en AP.
- Las marismas de *Spartina* del intermareal inferior o submareal somero serían las más susceptibles a ser invadidas y modificadas, como se evidencia en VM.
- La invasión dentro y fuera del estuario está en distintas fases de expansión.

5

BIBLIOGRAFÍA

Borges, M. (2006). Ecología de las ostras en ambientes del sur bonaerense: cultivo y manejo de sus poblaciones. Tesis de Doctoral en Biología. Universidad Nacional del Sur (Argentina). 247 p.

Bravo, M.E., Fiori, S.M., Carbone, M.E. (2020). Combining conservation priorities and vulnerability of invasion in Nature Reserves using geospatial tools can optimize management efforts. *Hydrobiologia*. 848:563–579 (DOI: 10.1007/s10750-020-04446-0).

Bravo, M.E., Carcedo, M.C., Dos Santos, E.P., Fiori, S.M. (2021). Chapter 9 - Taxonomic and functional approach of subtidal macrobenthic communities in the Bahía Blanca Estuary (Argentina). In: Fiori SM, Protolongo PD (eds) *The Bahía Blanca Estuary: Ecology and Biodiversity*. Pag: 214-253. (DOI 10.1007/978-3-030-66486-2)

Carcedo, M.C., Angeletti, S., Zapperi, G., Dos Santos, E.P., Fiori, S.M. (2021). Chapter 8 - The intertidal soft-bottom macrobenthic invertebrates. In: Fiori SM, Protolongo PD (eds) *The Bahía Blanca Estuary: Ecology and Biodiversity*. Pag: 179-214. (DOI 10.1007/978-3-030-66486-2)

Diederich, S. (2005). Invasion of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the Wadden Sea: competitive advantage over native mussels. Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität, PHD Thesis, Kiel, Germany: 151 p.

Dos Santos, E.P., Fiori, S.M. (2010). Primer registro sobre la presencia de *Crassostrea gigas* en el estuario de Bahía Blanca (Argentina). *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*. 9 (93): 245-252

Dos Santos, E.P., Carcedo, M.C., Zotelo, C., Fiori, S.M. (2018). Effects of erosion-accretion processes on a community dominated by *Brachidontes rodriguezii* (Mollusca: Mytilidae) on a rocky outcrop of the South Atlantic coast. *Journal of Marine Systems*. 187: 146 – 155.

Fiori, S.M., Protolongo, P.D., Carbone, M.E., Zalba, S.M., Bravo, M.E. (2016). Spatially explicit risk assessment for coastal invaders under different management scenarios. *Marine Biology* 163: 245 (DOI: 10.1007/s00227-016-3017-5)

Martínez-Curci, N.S., García, G.O., Marbán, L., Simonetti, P., Zalba, S.M. (2021). Chapter 13 - Shorebirds and Seabirds' Ecology and Conservation. In: Fiori SM, Protolongo PD (eds) *The Bahía Blanca Estuary: Ecology and Biodiversity*. Pag: 327-358. (DOI 10.1007/978-3-030-66486-2)

Protolongo, P., Fiori, S.M. (2021). Chapter 1 - The Bahía Blanca Estuary in a Regional Context. In: Fiori SM, Protolongo PD (eds) *The Bahía Blanca Estuary: Ecology and Biodiversity*. Pag: 1-16. (DOI 10.1007/978-3-030-66486-2)

Troost, K. (2010). Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *Journal of Sea Research* 64: 145-165.

SISTEMAS DE ALERTA Y PREVENCIÓN DEL RIESGO, DESAFÍOS DE TRANSFORMACIÓN EN LA COMUNICACIÓN. CASO BAHÍA BLANCA



Juan José García ¹

¹ Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA)
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: juanjogarcia10@yahoo.com.ar



HECHO REAL



FAKE NEWS difundida por los medios de comunicación

RESUMEN

Las nuevas tecnologías de la comunicación son una oportunidad para mejorar la resiliencia de las ciudades ante eventos Tecnológicos o Naturales; por ello en este trabajo se analizara la comunicación dentro de los Sistemas de Respuesta a eventos de emergencia extremos, basados en el caso de la ciudad de Bahía Blanca. Se estudiaran las necesidades de mantener sistemas de comunicación adecuados a las características de las comunidades, a

las tecnologías que se utilizan, identidades culturales y riesgos que se presentan.

PALABRAS CLAVE: Comunicación, Riesgo, Alerta, Resiliencia, Tecnologías.

1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se propone analizar la experiencia del Plan de Respuesta y Concientización ante Eventos Tecnológicos, APELL por sus siglas en inglés “Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level”, implementado en el año 1995 en el área portuaria industrial de la ciudad de Bahía Blanca. La investigación se realiza en el marco del tema “La comunicación en sistemas de respuesta a eventos de emergencia tecnológicas/naturales. Caso Bahía Blanca”, de la tesis de Maestría en Comunicación y Medios de la Universidad Nacional de La Plata (García, 2020). Se propone hacer foco especialmente en el rol de la comunicación en los sistemas de gestión del riesgo. En este caso la transformación del riesgo en

el territorio, se produce a partir de la complejización y crecimiento de la actividad industrial pero también de las mayores frecuencias de eventos vinculados al cambio climático y a los riesgos naturales a los que está expuesta la ciudad. Este proceso se ha ido transformando y consolidando en un marco normativo institucional por el que se definen actores, recursos y objetivos. El desarrollo de las TIC de estas últimas décadas impactan en todas las áreas del sistema APELL. Se propone analizar en particular, la incidencia de estas tecnologías en especial en los procesos de comunicación internos y externos, así como en los efectos propios de las transiciones de estas tecnologías.

1.1 ANTECEDENTES

Los graves eventos ocurridos a nivel mundial como Seveso (1976) y Bhopal (1984) se convirtieron en algunos de los principales antecedentes de los peores accidentes vinculados a los riesgos tecnológicos; en el caso del ocurrido en Seveso, dió lugar a la generación de la primera Directiva Europea sobre Riesgos de Accidentes Graves (Directiva 82/501/CEE del 24 de Junio de 1982), conocida como Seveso 1 y centrada en la gestión informativa y la comunicación. La perspectiva del riesgo ha cambiado desde las primeras políticas centradas en la gestión de respuesta a los incidentes, siguiendo en estrategias de prevención de los mis-

mos, hasta el reconocimiento del derecho de la población de contar con información confiable como eje de sus estudios de prevención para poder disminuir su vulnerabilidad ante los acontecimientos que se presenten y la necesidad de organizarse para enfrentar los desastres naturales.

En el caso de los riesgos a eventos naturales, los principales antecedentes a nivel global se inician cuando desde Naciones Unidas se genera la Resolución de la Asamblea General (1989) con el objetivo de que la comunidad internacional, pusiera especial atención a la cooperación para prevenir y mitigar

los desastres naturales. En la conferencia de 1994 de Yokohama para un Mundo más Seguro, se plantearon lineamientos para la Prevención, Preparación y Mitigación de los Desastres Naturales con el Plan de Acción de Hyogo. Este Marco de Acción de 2005-2015 buscó estrategias para aumentar la resiliencia de los países y las comunidades ante los desastres (ONU, 2005). Este proceso permitió avanzar en los Sistemas de Alerta Temprana como instrumentos destinados a la reducción del riesgo frente a eventos naturales o tecnológicos; su objetivo es contribuir a evitar pérdida de vidas y disminuir el impacto económico y material de los desastre (UNESCO 2011), centrado en las comunidades, tratan de proveer información adecuada a los individuos amenazados por peligros, para actuar con tiempo suficiente y de una manera apropiada. “Las comunidades más informadas, con mayor conocimiento podrán mejorar su respuesta ante un evento que los ponga en riesgo, en contrapartida el desconocimiento, las convierte en comunidades más vulnerables y más susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza” (ONU, 2009). En el año 2015, la Declaración de Sendai con el “Marco de Acción para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030”, la Agenda 2030 con los “Objetivos de Desarrollo Sustentable” y el Acuerdo de París que estableció compromisos nacionales ante el Cambio Climático (CC) consolidaron una arquitectura normativa internacional para hacer frente a la grave crisis del Desarrollo. La Gestión Integral del Riesgo, forma parte transversal de los criterios que definen la sustentabilidad y la respuesta al CC, donde la mejora en la gestión del riesgo produce un impacto positivo en la resiliencia ante un evento extremo y forman parte de las estrategias de Adaptación.

Los resultados de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y Prevención del Riesgo, ya

sean naturales o tecnológicos, dependen de varios aspectos: ambientales, tecnológicos, institucionales, culturales y políticos, pero en última instancia aunque los anteriores funcionen adecuadamente, los aspectos de comunicación los atraviesa tanto, en la etapa de preparación como en la de implementación. La comunicación está en el centro de la revolución tecnológica, las Tecnologías de la Información y la Comunicación Social (TICs) transformaron las posibilidades y potencialidades de todos los sistemas vinculados a la gestión del riesgo; en este sentido los SAT y otros sistemas, tienen como objetivo central, que las personas que están en riesgo ante un incidente, tomen las mejores decisiones para minimizar o evitar sus efectos; y en una etapa preventiva, se enfoquen en estrategias destinadas a la concientización del riesgo y faciliten su comprensión. En este trabajo se analizan las dificultades y oportunidades de su incorporación. Así mismo, como en todo proceso de transformación tecnológica, donde conviven los viejos medios de comunicación con los nuevos, se requiere identificar y analizar cuál o cuáles son los más adecuadas para cada grupo social, qué contenidos y cuales plataformas de comunicación deben utilizarse.

2

CONTEXTO TEÓRICO DEL PROBLEMA DEL RIESGO

2.1 LA RELACIÓN DEL RIESGO, CON LA TECNOLOGÍA Y LA COMUNICACION

La tecnología y la comunicación, son ejes centrales para prevenir o mitigar los efectos de los eventos que se producen. Estos dos conceptos se vinculan constantemente en todo el sistema: desde la prevención del riesgo a los sistemas de respuestas. Los sistemas de alerta permiten reconocer el evento al instante, construir un diagnósti-

co y su caracterización ya que los avances tecnológicos han revolucionado el conocimiento que se tiene sobre un evento, por su enorme capacidad de procesar datos e integrarlos; esta tecnología tiene que estar integrada a los sistemas de respuesta y a la propia comunidad (UNESCO, 2011).

2.2 LA TECNOLOGÍA, LA COMUNICACIÓN Y EL RIESGO GENERAN UN NUEVO ECOSISTEMA SOCIAL

Las nuevas tecnologías de la comunicación aparecen como una oportunidad para mejorar la resiliencia de las ciudades ya que atraviesan todos los aspectos de la vida de las sociedades, modificando sus comportamientos, sus trabajos y sus conductas (ej. la consulta permanente al celular, la participación en redes sociales, la sustitución de medios de comunicación tradicionales por otros, etc). Hay que comprender que las TICs están ahí, forman parte de la cultura tecnológica que nos rodea y con la que debemos convivir. Amplían nuestras capacidades físicas, mentales y las posibilidades de desarrollo social. En muchos aspectos, son una oportunidad para el desarrollo de las socie-

dades, aunque no son universales, ya que para un sector de la población no son parte de su habitualidad; los factores etarios, culturales y sociales se presentan en forma de barrera para algunos sectores.

Es importante que los sistemas de comunicación se adecuen a las necesidades que tienen las ciudades, las identidades culturales de cada región y las tecnologías que utilizan, debido a que todas presentan características diferentes y por ende, riesgos diferentes para sus poblaciones (Hervé, Morán y Cunego, 2015).

La planificación de la comunicación del riesgo tiene como objetivo llegar al mayor por-

centaje de la comunidad posible en tiempo y forma. Y para ello se debe conocer cuáles son los canales de comunicación que utiliza la comunidad a la que se está abordando, sus características y su identidad cultural; de esta manera se podrá desarrollar una estrategia de comunicación que genere confianza en el ciudadano proveyéndolo del estado de situación de manera directa y que le permitirá seleccionar adecuadamente la información frente a un riesgo y tomar las mejores decisiones al momento de actuar.

Con las TICs, la gestión de la comunicación dejó de ser centralizada, ya que todos los puntos del sistema pueden generar contenidos y distribuirlos. Esto se convierte en un desafío complejo para su administración ya que dió lugar también a la circulación de fakes news, transformando a estas plataformas en oportunidades para que se produzcan interferencias o barrera en el propio sistema (Rivera-Rogel y Romero-Rodríguez, 2019).

2.3 QUÉ SIGNIFICA UNA ESTRATEGIA ADECUADA

La UNESCO en su Manual sobre SAT describe que para abordar la emergencia se deben contemplar tres períodos de tiempo diferentes de la gestión del riesgo de desastre:

- El primero, es el denominado período de paz o de normalidad, donde la población está perceptiva a recibir información importante sobre el entorno en el que vive, los riesgos, las acciones de prevención o mitigación, así como adquirir conocimientos que le permitan prepararse para cuando se presente la emergencia o el desastre.
- El período de crisis, cuando se desarrolla una emergencia o desastre, que se caracterizan por ser de confusión e incertidumbre a todo nivel; ante estas situaciones el miedo puede generar distintos comportamientos en las personas que pueden transformarse en pánico colectivo. La producción y circulación oportuna y transparente de información contribuye a generar confianza y credibilidad. La rapidez en la transmisión y flujo de la información es vital en estos momentos. Los mensajes que se emitan durante la respuesta deben tener ciertas características, ser: cortos, concisos, tranquilizadores y directos. La noticia puede ser altamente informativa, sin necesidad de ser sensacionalista y sin caer en la victimización de las personas;
- La etapa del post evento, casi siempre la más extensa, encuentra a una comunidad con la moral baja y la sensibilidad extrema. La presencia de información colabora con fortalecer a las personas que atraviesan esa situación, buscando acercar datos que ayuden a su recuperación y mitiguen su vulnerabilidad. Las áreas de comunicación son elementos clave para movilizar recursos, motivar acciones de solidaridad y apoyo, incrementar la visibilidad y consolidar el posicionamiento de los actores humanitarios en general.

3

ESTUDIO DE CASO: BAHÍA BLANCA

Esta investigación tiene carácter analítica descriptiva, se realiza a partir del estudio de informes técnicos, recopilación de información periodística y entrevistas a actores que se desempeñaron en el ámbito público y están o han estado relacionados al riesgo en la ciudad: Defensa Civil, APELL,

CTE, periodistas, etc. Se realizó además una investigación sobre la normativa existente en la ciudad. Esta información permitió ser contrastada con la evolución de las teorías del riesgo a nivel mundial y con los desafíos y transformaciones impulsadas por la incorporación de las TICs.

3.1 EVOLUCIÓN DEL RIESGO Y MECANISMOS DE RESILIENCIA

Bahía Blanca es una ciudad expuesta a multiriesgos, donde se identifican la probabilidad de eventos naturales de gran magnitud pero también la ocurrencia incidentes antrópicos relevantes. Entre los principales riesgos naturales se identifican las inundaciones, fuertes vientos, marejadas y extensas sequías. Respecto al concepto de riesgo tecnológico, la ciudad atravesó una transformación de su territorio desde la década de 1980, ya que sobre la franja costera a escasos metros de la localidad de Ingeniero White, se desarrolló un polo petroquímico e industrial de grandes dimensiones, siendo éste uno de los más importantes del país, con todo lo que trae aparejado en cuestiones logística, tránsito y productos químicos manipulados. Este cambio produjo también, una transformación en el riesgo para la población aledaña.

En 1985 se produjo el primer accidente de magnitud en la ex Junta Nacional de Granos, localizada en el área portuario de Ingeniero White con la explosión en un silo de

granos que provocó la muerte de 22 personas y cuya onda expansiva alcanzó el centro de la ciudad de Bahía Blanca. Este antecedente sumado a las nuevas inversiones que consolidaban el crecimiento del polo industrial petroquímico en la ciudad, impulsó la puesta en marcha del sistema APELL implementado en el año 1995. Este programa fue creado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), su objetivo es aumentar la concientización de los habitantes de la comunidad acerca de los riesgos que puedan existir en el ambiente donde viven y ayudar a prepararse ante la eventualidad de emergencias tecnológicas. El Proceso APELL se distingue básicamente de otras experiencias comunitarias de autoprotección porque requiere la participación activa, en todas las etapas y en un pie de igualdad, de tres actores fundamentales: la comunidad, las autoridades gubernamentales locales y la industria.

3.2 MARCO INSTITUCIONAL Y NORMATIVO DEL APELL

Después de varios de estudios realizados desde el PNUMA con la Dirección General de Defensa Civil Bonaerense y la Dirección Nacional de Defensa Civil, se nominó a Bahía Blanca como ciudad piloto para la aplicación del Plan Integral de Respuesta a la Emergencias. El sistema fue conformado por representantes de la Municipalidad de Bahía Blanca, de la Provincia de Buenos Aires y de las empresas del polo petroquímico, así como representantes de entidades comunitarias. Con la conformidad de todos los actores políticos locales y provinciales, empresas instaladas en el polo petroquímico y representantes de entidades de la comunidad, deciden aplicar el Proceso APELL en el área circundante del polo petroquímico de Bahía Blanca. El programa fue consolidando institucionalmente por la Ordenanza municipal N° 9.742 (1997) por la que se crea el programa permanente de implementación y desarrollo del APELL y le otorga recursos para su realización. Posteriormente se sanciona la Ordenanza N 17.087 (2013), allí se crea el Plan de Respuestas a Emergencias Tecnológicas (PRET). En su artículo primero establece que “La ejecución de los programas estará a cargo de un Comité Técnico Ejecutivo, integrado por profesionales técnicos designados conforme lo establezca la reglamentación. Este Comité tendrá asiento en la ciudad de Bahía Blanca y será dotado de los elementos necesarios para el cumplimiento del Programa”, dispone que todas las Industrias, Empresas y/o Depósitos de sustancias peligrosas que presenten las características que se determinarán en el Decreto Reglamentario comprendidas dentro de la jurisdicción que abarca el Proceso APELL, quedan obligadas a cumplir

con el PRET. La Ordenanza N° 18.238 (2015), crea el Programa Permanente de Implementación y Desarrollo del Proceso APELL en Bahía Blanca, esta Ordenanza le da funcionamiento y autonomía al programa. Dispone de financiamiento en su artículo 3, destaca que su desarrollo se hará efectivo a partir de los siguientes ejes temáticos: Evaluación y análisis de riesgos; Respuesta a la emergencia; Comunicación y concientización comunitaria.

3.3.1 OTROS ANTECEDENTES DE RIESGOS TECNOLÓGICOS DE MAGNITUD

En el año 2000, un escape de cloro en la Planta Solvay Indupa, por un período de 25 minutos, generó una inmensa nube de cloro, a la que afortunadamente el viento llevó en dirección al mar. A tan solo 8 días de este evento, se produjo un escape de amoníaco en la puesta en marcha de la empresa Profertil en una planta de elaboración de urea, que sería la mayor productora del mundo hasta ese momento. Este último evento produjo decenas de hospitalizados por la inhalación de la sustancia. La Secretaría de Política Ambiental de la Provincia clausuró la empresa por unos días y cuando la volvió a abrir, el accidente se reiteró. La conjunción de estos eventos produjo un fuerte reclamo social desde Ing. White sobre mayores regulaciones y sistemas de monitoreo y prevención acordes a los riesgos que se presentaban. Los movimientos sociales generados posibilitaron la aprobación de la Ley provincial 12.530/2000 para el Monitoreo de la Calidad Ambiental en la franja portuario industrial del Estuario de Bahía Blanca. Esta Ley propone un sistema formado por un Comité Técnico Ejecutivo (CTE) integrado por profesionales y equipamiento para realizar tareas de control y monitoreo de las actividades en el área y de su calidad ambiental. Asimismo, establece un espacio de representaciones institucionales y de la comunidad, denominado Comité de Control y Monitoreo (CCM) y una Tasa Ambiental como la fuente de financiamiento del sistema, que abonan las empresas en función del grado de complejidad para su monitoreo. La Ley estableció la obligación de crear un Program Integral de Monitoreo (PIM) integrado por diferentes programas: Calidad del Estuario, Monitoreo de Efluen-

tes, Calidad de aguas subterráneas; ruidos; calidad de Aire, etc. En relación al riesgo, la Ley 12.530 integra el concepto de riesgo y ambiente en su artículo 9. g). “Coordinar planes de monitoreos con programas de evaluación del riesgo, prevención y planes de contingencia.”

Otros eventos de magnitud se produjeron en la planta de Dow (2015 y 2019), aunque no se registraron heridos pero sí daños dentro de la empresa; estos eventos que excedieron el ámbito industrial (ya que se movilizaron ambulancias y bomberos hacia la empresa), repercutieron y generaron conmoción social por la magnitud de la explosión (ruidos, incendio) que se sintieron en gran parte de la ciudad y produjeron la rápida distribución de información por las redes sociales en la comunidad; una situación similar sucedió con el incendio de la refinería Elicabe en el año 2018, evento que generó la propagación de información mediante un video de un vecino rápidamente viralizado. Estos últimos hechos, que fueron controlados por los responders evidenciaron falencias en la comunicación, ya que los sistemas oficiales se vieron superados por plataformas sociales de comunicación, poniendo en discusión por parte de la comunidad todo el sistema de protección existente que no se adecuaba a las necesidades y a los tiempos de circulación de la información actual posibilitado por la difusión y uso de las redes.

3.3.2 EVENTOS DE RIESGOS NATURALES

En cuanto a los eventos naturales, a la ciudad concurren dos arroyos nacientes en el Cordón Serrano de Ventania, el arroyo Napostá y el Sauce Chico. Se pueden encontrar antecedentes de fuertes crecidas del Arroyo Napostá; en 1933 tuvo un caudal de 550 m³ por segundo. Otra inundación de envergadura se produjo en el año 1944, que según crónicas de la época, la gente fue arrastrada por la corriente, hubo algunos desaparecidos e importantes daños materiales. (Schefer, 2017). Según especialistas, ese año por el crecimiento de la ciudad, se había incrementado sensiblemente el área impermeabilizada que no fue acompañada por un aumento proporcional de las vías de escurrimiento (LNP, 2016).

Como respuesta a esta crecidas en el año 1947 la provincia analiza lo ocurrido y propone como solución la construcción del partidor de tres compuertas de agua en el Parque de Mayo que desvía el agua a un nuevo cauce a construir que posteriormente fue el canal Maldonado obra que soporta un desvío de caudal de 260 metros cúbicos por segundo, además de preparar de mejor manera el cauce del Napostá, por el que circulan 40 metros cúbicos por segundo y el objetivo era llevarlo a 120 metros cúbicos por segundo situación que no se pudo concretar por el avance de la ciudad sobre estos territorios. Por lo tanto, Bahía Blanca está preparada para que escurran unos 300 metros cúbicos por segundo, pero según estudios se requeriría una capacidad de 453 metros cúbicos por segundo. Por consiguiente una lluvia de 160 milímetros en un día podría generar graves inconvenientes de inundaciones. Una solución pensada

para disminuir el riesgo de inundaciones en la ciudad es la construcción del Embalse en Puente Canessa, sobre el arroyo Napostá que retendría una crecida sobretodo provenientes de las sierras antes del ingreso a la ciudad. Esto lo revelan tanto los estudios provenientes del área de hidráulica de la Provincia de Buenos Aires, como también el realizado en 1984 por IATASA (Ingeniería y Asistencia Técnica Argentina), esta obra de infraestructura nunca se concretó (Scheffer, 2022).

Otros riesgos naturales refieren a la habitualidad de fuertes viento presente en la zona, procesos de extensas sequías y mareas altas que afectan a la zona costera. Esta última situación es compleja, ya que gran parte de la instalación de las industrias se realizaron en terrenos ganados al mar por rellamamiento que alteraron la línea de niveles costeros situación que dejó a Ingeniero White por debajo de la altura de la zona industrial. Ante mareas altas y lluvias fuertes se producen riesgos de inundaciones o en otras condiciones de marejadas extraordinarias el ingreso de agua por los desagües. Las mejoras con obras hidráulicas realizadas bajan los riesgos de inundaciones, aunque los eventos de fuertes marejadas seguirán afectando la zona costera como lo evidenció la fuerte tormenta el 24 de marzo del 2022 (La Nueva, 2022).

Para hacer frente a eventos naturales en Bahía Blanca, la gestión del riesgo se realiza a partir de la información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional y del área de Defensa Civil de la Provincia de Buenos Aires, quienes comunican los pronósticos

regionales; la calidad de estos informes no tienen una precisión adecuada ya que la información abarca un rango de 300 km según informa el responsable del área de Defensa Civil de la ciudad. Para mejorar su precisión, Defensa Civil se asesora con el Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS) dependiente del CONICET Bahía Blanca, que vía mail responde a requerimiento, sobre la situación meteorológica que se espera. No existen planes de respuestas establecidos para cada uno de los posibles eventos naturales.

Las decisiones de ejecución de las respuestas están centralizadas en la Dirección de Defensa Civil de la ciudad, que dependiendo de las características del hecho ejecuta y administra acciones y recursos necesarios (Defensa Civil, 2018).

4

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 LA BRECHA COMUNICACIONAL EN BAHÍA BLANCA

Para conocer la evolución en la prevención del riesgo en Bahía Blanca se realizaron dos matrices FODA, una sobre los sistemas de alerta temprana y otra específicamente so-

bre los sistemas de comunicación con el objetivo de reconocer su evolución e identificar algunas oportunidades de mejora.

4.1.1 FORTALEZAS DE LOS SAT

- Existe un convenio compromiso para coordinar la respuesta con todos los responders de la ciudad ante eventos tecnológicos.

- La experiencia de la red de respuesta a la emergencia tecnológica se ha transferido para organizar la respuesta ante los eventos naturales.

- Todas las emergencias se reportan en la central del sistema telefónico 911 o del 109.
- Los procedimientos de respuestas ante emergencias tecnológicas están planificadas en un Plan de Respuesta Tecnológicas (PRET). Estos tiene revisiones desde su creación basándose en simulacros y en hechos reales. Se desarrollan anualmente programas de concientización y educación dirigida a la comunidad (Proceso Apell).
- El área Industrial Portuaria tiene un sistema de monitoreo ambiental que realiza el CTE (Ley 12.530), con tecnología on-line, guardias permanentes e inspectores.
- Se está trabajando en un nuevo sistema para calificación de riesgos naturales, similar a los eventos tecnológicos.
- El Servicio Meteorológico Nacional y Defensa Civil de la Provincia de Buenos Aires proveen de información al sistema de respuesta local.
- Defensa Civil se asesora con el Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS) dependiente del CONICET.
- La Marina ha instalado un nuevo radar meteorológico y estaciones meteorológicas automáticas (EMAS) en la zona.
- Se tiene una incipiente conciencia en la población de posibles riesgos naturales y mayormente sobre riesgos tecnológicos.
- Con la experiencia de años mejoró la conciencia en el ámbito privado y público sobre la necesidad organizar la respuesta y generar confianza en el sistema.
- En el ámbito público local se conocen las necesidades de infraestructura territorial para disminuir la vulnerabilidad social de algunos sectores, ante eventos de riesgo tecnológico o natural.
- El Sistema de Emergencias Tecnológicas tiene financiamiento asegurado por una Tasa Ambiental Municipal que pagan las grandes empresas del complejo industrial en la zona portuaria (Ley 12.530).
- Existen algunos estudios sobre los alcances de las zonas de riesgo en la ciudad tanto para eventos naturales como tecnológicos.
- Posibilidad de asesoramiento de Universidades y CONICET

DEBILIDADES

- La ciudad tiene importantes sectores con vulnerabilidad social cercanas a las áreas de mayor exposición al riesgo (natural y tecnológico).
- Infraestructura básica faltante o deficiente en sectores de mayor riesgo (vías de circulación, infraestructuras de desagües, cloacales, etc).

- Percepción de influencias corporativas que retrasan la consolidación de los sistemas de alerta temprana y en la comunicación de los eventos y que influyen en la construcción de credibilidad del sistema.

- Dudas en la población ante la comunicación de eventos y en los canales utilizados.

- La incorporación de la Central Telefónica 911 en Mar del Plata que se comunica con el 109 Bahía Blanca produce retraso en la respuesta.

- No están categorizados los eventos naturales.

OPORTUNIDADES

- Diagramar un plan para mejorar la resiliencia de la ciudad que incluya tanto riegos tecnológicos como naturales.

- Demarcar zonas con mayor vulnerabilidad territorial y desarrollar planes de mejoras focalizados.

- Evaluar los riesgos de eventos naturales y darles diferentes niveles de riesgo.

- Generar un trabajo en red entre todos los sistemas de evaluación de riesgos natu-

rales de la ciudad, CTE, CERZOS, CONICET, Universidades, para que quienes tienen a cargo la respuesta tengan online toda la información necesaria.

- Analizar y actualizar la comunicación hacia la comunidad.

- Desarrollo consolidado y dinámico de sistema de redes de comunicación con posibilidades de extensión y conexión de fibras ópticas institucionales (Red Metropolitana).

AMENAZAS

- La inexistencia de clasificación del riesgo en los eventos naturales puede confundir a la población en el alcance de un evento.

- La calidad de la respuesta ante eventos naturales depende de la articulación de información meteorológica, ese análisis de evaluación de la emergencia se hace sobre la recepción de información fragmentada que depende de otras instituciones.

- De no generar una comunicación adecuada ante un evento grave, la reacción de la población puede obstaculizar los objetivos de los servicios de respuesta.

- Los déficit de infraestructura en los sectores vulnerables territorialmente ante una emergencia, como en la red vial al sector portuario-industrial, impactan negativamente en las acciones de respuesta.

- No está internalizado en el ámbito público y privado el riesgo a inundaciones de la ciudad, no se toma como una amenaza real.

4.1.2 MATRIZ FODA DE LOS SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LOS SAT DE BAHIA BLANCA

FORTALEZAS

- Se tiene conciencia de la importancia de la planificación de comunicación ante eventos tecnológicos.
- Existe una planificación básica de comunicación ante eventos naturales.
- Se comprende la importancia de comunicar y las consecuencias que tiene para el sistema no hacerlo.
- Existe procedimiento de comunicación ante eventos tecnológicos.
- Se trabaja en la concientización de riesgos.
- Existe interés manifiesto por algunos agentes responsables en modernizar el sistema, para llegar a la mayor cantidad de vecinos, revalorizar la comunicación del riesgo y la concientización.
- Se cuenta con el financiamiento necesario para implementar la planificación que necesite la comunidad.
- Se muestra un incipiente uso de tecnologías de la comunicación tanto para eventos naturales como tecnológicos.

DEBILIDADES

- La planificación de comunicación ante los eventos de magnitud no se adecua a las necesidades de la ciudad multiriesgo de las características de Bahía Blanca.
- La planificación de comunicación ante eventos naturales tiene una incipiente incorporación de las TICs.
- No hay una comunicación unificada, ni canales definidos para informar ante un evento de riesgo o difundir acciones de prevención y concientización a la población. Los canales de información sobre el riesgo, están fragmentados generando confusión en la población.
- Incipiente utilización de las TICs, iniciada en el año 2022, aunque no están estipuladas en los planes de respuesta.
- Ante la ocurrencia de eventos tecnológicos la comunicación se rige sólo por lo establecido en el PRET que necesita de actualización.
- Avance de las fakes news ante los últimos eventos tecnológicos de magnitud, situación que pone en revisión el sistema actual.

OPORTUNIDADES

- Generar una estrategia de comunicación integral de riesgo que abarque las tres etapas del riesgo y las características de mismo. Ya sean de origen naturales o tecnológico.
- Integrar canales de comunicación adecuándose a los utilizados por la comunidad.
- Las TICs son una oportunidad para llegar de manera directa o indirecta a la mayor cantidad de vecinos posibles.
- La información frente al riesgo es un derecho de la población, esto implica la obligación del Estado de suministrar información segura, clara, en tiempo y forma .
- Generar contenido educativo y preventivo a eventos, naturales o tecnológicos, las TICs permiten una económica y rápida distribución de ese material en la comunidad.
- Analizar con los integrantes del APELL (Empresas y gob. Municipal) la posibilidad de incorporar piezas comunicacionales relacionadas con la prevención de eventos tecnológicos en sus campañas publicitarias.

AMENAZAS

- Una inadecuada estrategia de comunicación puede interferir negativamente en la acción de los responders y en la reacción de la población.
- Las diferentes maneras de comunicar en relación al origen de los riesgos pueden confundir a la población y no lograr ese objetivo de protección.
- No incorporar nuevas plataformas ni canales seguros de información oficial que suministren datos en tiempo y forma, puede permitir la Fakes News aparezcan y tomen el centro de la escena.
- No comunicar y concientizar adecuadamente a la población frente a un riesgo, produce incertidumbre, desprotección y mayor vulnerabilidad social al momento de un evento.
- La comunicación oficial debe actualizarse ante las necesidades de información que tiene la comunidad, de caso contrario el afectado será el sistema de respuesta. (Confianza, credibilidad)
- La falta de unificación de la comunicación del riesgo aumenta la incertidumbre en los vecinos sobre qué fuente o canal de comunicación utilizar.

5 CONCLUSION

- Las TIC pueden convertirse en poderosas aliadas para preparar a la comunidad a enfrentar el riesgo; éstas dentro de una estrategia de comunicación que contemplen las características sociales, culturales, tecnológicas de una comunidad en su conjunto, producen ciudades más resilientes e inteligentes ante un evento inesperado. Los SAT y los sistemas de respuestas, son procesos de trabajos arduos, permanentes y costosos, que se fortalecen en la medida que generan confianza en las comunidades; una mala comunicación puede resquebrajar este sistema. Recuperar esa confianza por tener una mala estrategia de comunicación puede ser costoso en varios aspectos, ya que si la población pierde la confianza en el sistema de protección, todo lo invertido pierde sentido.

■ La dinámica de los cambios en las tecnologías requieren adecuar los medios utilizados y adecuar los formatos y contenidos, ya que de no hacerlo ayudarán a generar clima de confusión e incertidumbre en la población situación que afectará al conjunto del sistema; se torna central contar con canales de comunicación conocidos y actualizados en forma continua, dónde buscar información segura, esto puede disminuir el impacto de las fakes news, los que en los últimos eventos, se viralizaron rápidamente y captaron la centralidad de la escena generando incertidumbre. Los sistemas utilizados en la ciudad no fueron actualizados oficialmente en sus planes de respuesta, aunque en la ejecución presentan una incipiente incorporación de las TICs reconociendo la importancia de las mismas. Bahía Blanca es uno de los puntos de la Argentina donde más se trabajó en el control y la prevención de su entorno ante eventos de riesgo, aunque nunca pudo sortear aspectos de desconfianza entre el sistema y la población; se puede inferir que los

problemas y atraso en los sistemas de comunicación han colaborado para la construcción de esta percepción así como la relación de poderes en el proceso de gobernanza. Esta ciudad es pionera en el desarrollo de planes y estrategias de control, monitoreo, con revisiones posteriores y actualización de los planes de respuesta, de controles y el equipamiento de los responders. Sin embargo aún requiere revisión y profundización de sus estrategias de comunicación para mejorar la confianza y percepción de seguridad, por los vecinos. La percepción de confrontación constante de poderes entre sectores industriales, sociales, medioambientales y políticos afectan constantemente la confiabilidad del sistema de respuesta implementado. Las TICs pueden ser una oportunidad para reforzar la relación entre el SAT y la comunidad, buscando una mayor presencia e interacción en todas las plataformas comunicacionales, permitiéndole al vecino reconocerlas como el aliado que suministra información segura en un momento que puede ser extremo.

6

BIBLIOGRAFÍA

Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres 2005 – 2015, Kobe, Hyogo, Japón. Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. Extracto del Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Secretaría de la Estrategia Internacional de la ONU para la Reducción de los Desastres Palais des Nations.

Rivera-Rogel Diana y Romero-Rodríguez Luis M. (2019). La comunicación en el escenario digital. Actualidad, retos y prospectivas. Universidad Nacional de La Loja.

Hervé A., Morán y Cunego (2015). América Latina y las nuevas tecnologías de comunicación e investigación. España. Recuperado de internet https://www.eldiario.es/ayudaenaccion/TIC-oportunidad-desarrollo_6_388521159.html

Huarcon A. (2014) Las barreras en el proceso de comunicación. Xalapa, México.

Iommi, Julia M. (2018). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Ingeniero white, Bahía Blanca, localidad adyacente al área industrial: sufrimiento ambiental de la población y factores relacionados. Argentina Recuperado de internet <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1554?show=full>

Naciones Unidas (2006). Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana, Bonn Alemania.

Recuperado de internet https://www.unisdr.org/2006/ppew/inforesources/ewc3_website/upload/downloads/Nota_Verbal_Span.PDF

Naciones Unidas (2007). Memorando de la Secretaría sobre Protección de las personas en casos de desastre, Comisión de Derecho internacional. Recuperado de internet <https://www.preventionweb.net/files/resolutions/N0765639.pdf>

McLuhan, M. (1996). Comprender los medios de comunicación, Las extensiones del ser humano. Barcelona, España. ISBN: 84-493-0240-4.

UNESCO (2011) Manual sobre sistemas de Alertas Tempranas. Panama, recuperado de internet <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/SanJose/pdf/Pana-ma%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>
MORAGAS, M. (1997) de "Las ciencias de la comunicación en la Sociedad de la Información" Diálogos de la comunicación, 49, 1997, pp. 23-32 ISSN 2014-0576

UNESCO (2012). Conceptos y herramientas sobre SAT. San Jose, Costa Rica. Recuperado de internet <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000227595>.

Scheffer, Juan Carlos (2022). Charla el arroyo Naposta en la dinámica urbana: historia actualidad y futuro. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca. Recuperado de Internet: <https://www.youtube.com/watch?v=mh7p0yx0Mts>

VASSALLO DE LOPES (2001), María Immacolata, "Reflexiones sobre el estatuto disciplinario del campo de la Comunicación", en Comunicación: Campo y objeto de estudio, ITESO/Universidad Autónoma de Aguas Calientes/Universidad de Colima/Universidad de Guadalajara, México, 2001, pp. 43-58. Educación de Perú, S.A. 2019 ISBN: 978-607-32-4859-4

3 CONTAMINACIÓN DE AIRE



RIESGO ECOLÓGICO Y GEO-ACUMULACIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN LA FRACCIÓN PM10 DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO EN LA ZONA PORTUARIA E INDUSTRIAL DE BAHÍA BLANCA

 Manuela Palenzona ¹, Anabella Morales del Mastro ¹
y Marcelo Pereyra ¹

¹ Departamento de Química
INQUISUR - Universidad Nacional Del Sur
Alem 1253. (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: manuelapalenzona@gmail.com, anabmorales@gmail.com, mpereyra@criba.edu.ar

RESUMEN

Se abordó el estudio del riesgo ecológico de los siguientes elementos químicos potencialmente peligrosos, PHE's (potential hazardous elements): Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Mo, Sb, Pb, V y Zn, que están presentes en la composición química del material particulado atmosférico suspendido, fracción PM10 del área industrial y portuaria de Bahía Blanca.

Para llevar a cabo la investigación se seleccionaron los PHE's determinados en las muestras de PM10, tomadas en 84 campañas de muestreo de 24 h, en 2 sitios de toma de muestra representativos del área de estudio indicada. A continuación, se obtuvo el perfil químico, y la variabilidad espacial y temporal, en términos de PHE's, del PM10 en cada sitio.

Posteriormente, se calcularon distintos índices asociados al potencial riesgo ecológico, al grado de geoacumulación y de enriquecimiento de cada PHE's en el PM10, aplicando diferentes metodologías de estimación referenciadas en la bibliografía especializada.

Finalmente, se realizó la clasificación del grado de riesgo ecológico y de geoacumulación de cada PHE para el área estudiada, y se obtuvieron las series temporales de ambos índices, en función de los resultados de los diferentes cálculos y de los análisis estadísticos recomendados aplicados. Los resultados indicaron que: a) Los sitios de estudio presentan grandes diferencias en cuanto a concentración, composición y clase de riesgo ecológico potencial; b) La mayor contribución en

términos de concentración en el PM10 es de Cu, Zn, Pb y en menor medida V en ambos sitios; c) Algunos PHE's presentaron tendencias temporales crecientes (Pb, Sb, Hg, V); d) Se identificaron posibles fuentes de emisión de los PHE's estudiados; e) Se identificó mayor contribución relativa al riesgo ecológico potencial de Sb, Hg en el sitio industrial y de Cd, Hg, en el sitio urbano-industrial.

PALABRAS CLAVE: riesgo ecológico (Er, IR), elementos potencialmente peligrosos (PHE's), material particulado (PM10), índice de geoacumulación (Igeo), factor de enriquecimiento (EF).

1

INTRODUCCIÓN

El área industrial y portuaria de Bahía Blanca constituye una zona de interés ambiental donde convergen los impactos de diferentes actividades productivas: generación térmica de energía eléctrica, acopio y acondicionamiento de cereales, fabricación de fertilizantes y de productos plásticos (PVC y polietilenos), refinado del petróleo, entre las más importantes citables. Por otra parte, están presentes otras fuentes de generación de emisiones de PM10, tales como la desertificación, la intrusión marina, y el transporte vehicular. Respecto a la evaluación del impacto ambiental del PM10, en Bahía Blanca la atención de las autoridades ambientales se focalizó en el seguimiento exclusivo de las concentraciones gravimétricas a fin de fiscalizar las normas provinciales vigentes. Por otra parte, en otros monitoreos efectuados por el Comité Técnico Ejecutivo de la Municipalidad de Bahía Blanca, se

ha evidenciado la presencia de metales y metaloides en muestras de fracciones finas de suelos, en muestras de material particulado sedimentable de la región de Bahía Blanca, y en muestras de emisiones gaseosas industriales. Cabe señalar, que la fracción PM10 del material particulado atmosférico puede representar un potencial riesgo para los ecosistemas y para la salud de la población porque son partículas con diámetro aerodinámico correspondiente a la fracción respirable. A partir de lo mencionado, se analizó el grado de riesgo ecológico, de geoacumulación y de enriquecimiento de los elementos potencialmente peligrosos (PHE's) que componen el material particulado suspendido, fracción PM10 del área industrial y portuaria de Bahía Blanca, como también se identificaron tendencias temporales y potenciales fuentes de origen.

2

ÁREA DE ESTUDIO

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la jurisdicción del Municipio de Bahía Blanca. Esta ciudad se localiza en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (coordenadas:

38°42'00''S 62°16'00''O). Fueron seleccionados dos sitios de muestreo, el sitio P, ubicado en el Parque Industrial en la ruta de acceso sudoeste a puertos, a 5 km de la ciu-

dad de Bahía Blanca, y el sitio W, ubicado en el centro urbano de la localidad de Ing. White. Como se puede observar en la figura

1, ambos sitios se encuentran ubicados en la zona de influencia de las actividades portuarias, y del polo industrial de Bahía Blanca



Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo (P y W) y de empresas radicadas en sus alrededores.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TRATAMIENTO Y TOMA DE MUESTRAS

La campaña de muestreo se llevó a cabo utilizando dos equipos de colección de muestras de alto volumen (MAV) con un cabezal selectivo por tamaños para medir PM₁₀,

siguiendo la metodología IO-2.1 propuesta por la EPA (EPA, 1999). Se tomaron muestras durante 24 horas en dos sitios de muestreo. Se realizó la caracterización física, por

el método IO-3.1 de la EPA (EPA, 1999), que corresponde con una determinación gravimétrica. Por otro lado, se determinaron los siguientes metales y metaloides: aluminio (Al), antimonio (Sb), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), níquel (Ni), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), plomo (Pb), titanio (Ti), zinc (Zn) luego de una digestión acida; y, por otra parte, los iones: bario (Ba), calcio (Ca⁺⁺) cloruro (Cl⁻), nitrato (NO₃⁻²), magnesio (Mg⁺⁺), sodio (Na⁺), sulfato (SO₄⁻²), potasio (K⁺) luego de una extracción acuosa. La

caracterización química de metales y metaloides se realizó por espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Respecto a la determinación del contenido de iones, se utilizaron metodologías analíticas basadas en las técnicas instrumentales de cromatografía iónica (IC) y HPLC para los aniones, y absorción atómica (AAS) para los cationes (Morales Del Mastro, A., 2018).

3.2 ÍNDICE DE GEOACUMULACIÓN

El índice de geo-acumulación (Igeo) propuesto por Müller (1979), es ampliamente utilizado para evaluar la contaminación a través de la relación de la concentración de un analito en la matriz de estudio frente a los valores de referencia o control. El Índi-

ce de Geoacumulación (Igeo) se utiliza para determinar el grado de contaminación de un elemento en particular. Su cálculo se realiza haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 * B_n}$$

(1)

3.3 ÍNDICE DE RIESGO ECOLÓGICO POTENCIAL (ER¹)

Es un índice utilizado como herramienta de diagnóstico y control de la contaminación de ecosistemas. Su valor numérico es calculado de acuerdo a la fórmula propuesta, en el año 1980, por el geoquímico sueco Lars Hakanson (Junta Nacional Sueca de Protec-

ción del Medio Ambiente, Laboratorio de Calidad del Agua de Upsala):

$$E_r = T_r^i * (C^i / C_n)$$

(2)

$$R_I = \sum E_r^i$$

(3)

Donde Er denota el índice de riesgo ecológico potencial individual del PHE en el PM10 y RI denota el índice de riesgo ecológico potencial de múltiples PHE. Ci es el contenido medido del PHE y Cn es el valor de referencia preindustrial (background) del PHE reportado por Taylor (1964) u obtenido de monitoreos de línea de base de cada sitio. Tri es el factor de respuesta tóxica del PHE, asociado con la mayor o menor toxicidad de la sustancia, siendo los valores para Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Zn y Ni de 40, 30, 5, 5, 2 y de 1 respectivamente (Hakanson, 1980). Los valores de factor de respuesta tóxica de Mo, Sb y V no se encuentran reportados por Hakanson, por lo tanto, fueron recopilados de bibliografía y corresponden a 2 para Mo y V, y 7 para Sb

(Farhan, B.H., et al., 2020; Wang, N., et al., 2018, EPA, U. 1980).

De acuerdo a lo propuesto por Hakanson, el índice de riesgo ecológico (Er) se clasifica como bajo si $Er < 40$. Por otro lado, valores ≥ 320 indican muy alto riesgo ecológico. En el caso del índice de riesgo ecológico de múltiples PHE (RI), un $RI < 150$ resulta en un riesgo bajo mientras que un valor mayor a 600 de este índice indica que existe un muy alto riesgo ecológico potencial (Hakanson, 1980). Existen valores intermedios que se encuentran entre 40 y 320 para el Er y entre 150 y 600 en el caso del RI que se pueden clasificar en moderado, considerable y alto riesgo.

3.4 FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO (EF)

El factor de enriquecimiento (EF) ha sido utilizado en estudios de ecotoxicología y química ambiental como marco de referencia para evaluar el origen potencial de elementos químicos de interés ambientales, por ejemplo, en PHE. Permite distinguir entre elementos de origen natural o antropogénico. Para los cálculos se utiliza un elemento químico normalizador, seleccionado entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre tales como Al, Si y Fe, y en algunos casos Ca, Mg, y Ti (Lawson y Winchester, 1979; Poissant et al., 1994; Stiotyk et al., 2002). El cálculo del factor de enriquecimiento se realiza con la siguiente ecuación:

miento se realiza con la siguiente ecuación:

$$EF = \frac{(PHE/Ti)_{\text{sampling}}}{(PHE/Ti)_{\text{background}}} \quad (4)$$

Valores de factor de enriquecimiento menores a 10 indican un origen principalmente de la corteza terrestre, mientras que valores > 20 indican alto enriquecimiento de actividades antropogénicas. Valores de EF entre 10 y 20 indican un enriquecimiento por ambos orígenes (corteza terrestre y actividades humanas), (Taylor, 1964).

3.5 ESTUDIO DE FUENTES DE ORIGEN DE LOS PHE EN EL PM10. ANÁLISIS DE CLÚSTER (CA) Y ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)

El estudio de asignación de fuentes potenciales de PHE se realizó a partir de dos análisis quimiométricos aplicando dos técnicas de análisis multivariados, el análisis de clúster (CA) y el análisis de componentes principales (PCA). El Análisis de Clúster (CA) se realizó utilizando la metodología de Ward (Ward et al., 1963) que permite diferenciar los componentes de diferentes potenciales fuentes de los PHE estudiados que están presentes en la composición química del

PM10. Por otra parte, esta herramienta permite clasificar estos componentes en distintas categorías que se presentan en gráficas denominadas dendrogramas.

En el caso del Análisis de Componentes Principales (PCA), para facilitar la identificación de fuentes se procedió a hacer el análisis con los factores que presentaban la mayor variabilidad, utilizando la rotación VARIMAX. (Thurstone, 1947).

4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONCENTRACIÓN DE PHE'S EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PM10

Como se puede observar en la Tabla N° 1, los PHE que tienen los mayores niveles de concentraciones son el Zn, Cu y V en ambos sitios y el Pb también tiene una alta concentración en el sitio P. Los elementos de menor concentración son el Hg y Cd, los cuales tienen los mayores factores de respuesta tóxica, 40 y 35 respectivamente. A

su vez se observa que para la mayoría de los PHE la mediana es mayor en el sitio P, exceptuando Mo, Zn y Cd.

Esto puede estar asociado a una mayor industrialización en y cercanías al sitio P.

Tabla 1. Mediana de la concentración de PHE's en el PM10 (ng m⁻³)

CONCENTRACIÓN (ng m ⁻³)	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Zn	V	Mo	Ni	Sb
SITIO W	0,04	0,04	2,54	7,86	0,46	10,25	3,28	0,71	0,39	0,06
SITIO P	0,1	0,02	21,99	28,34	0,7	8,73	4,02	0,60	0,69	0,84

4.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ER E IR

Para evaluar la serie temporal de los PHE se utilizó el software Makesens 1.0, que calcula la prueba de Mann-Kendall, validada por el Finnish Meteorological Institute (2002). La Figura 2 muestra sólo la tendencia de PHE con tendencias crecientes. El orden

de las tendencias en términos de nivel de significancia en este sitio fue: V>Cr>Pb>Sb. Por otro lado, en el sitio W, las tendencias temporales de los PHE resultaron ser decrecientes y el orden de significación de la tendencia fue: Sb=Cd>Cu>Hg.

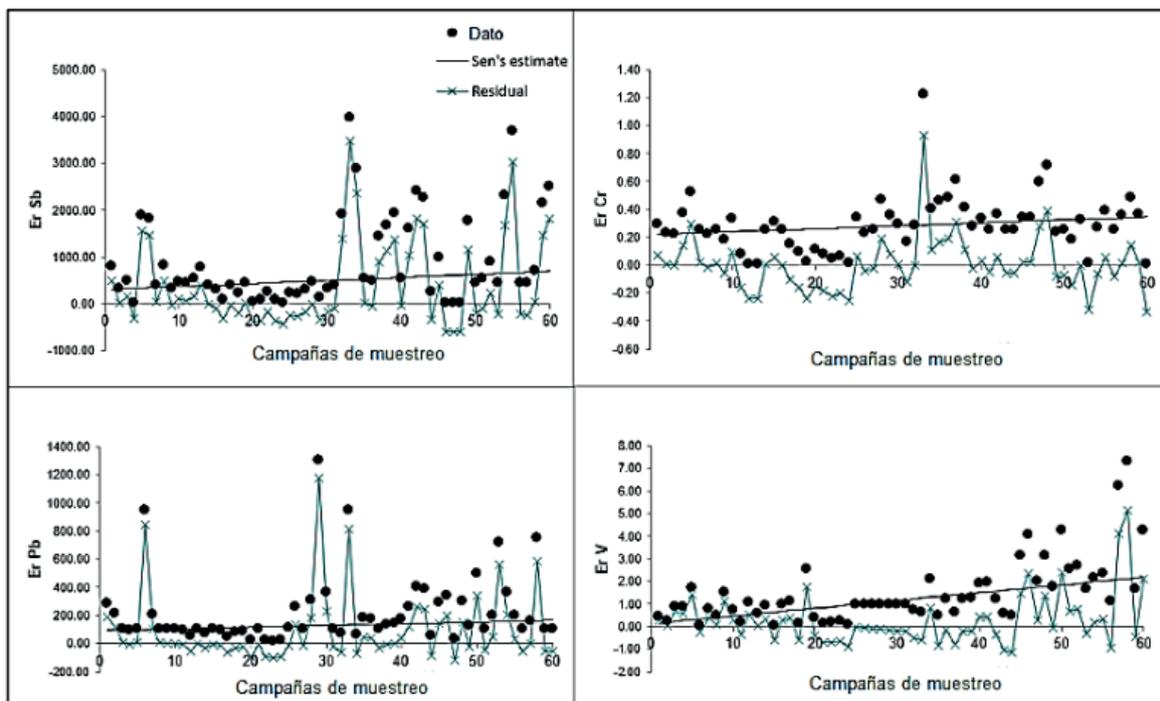


Figura 2. Resultados de la prueba de Mann-Kendall del Er en el sitio P.

4.4 ÍNDICE DE GEOACUMULACIÓN (IGEO)

La Tabla N ° 3 muestra los resultados de los valores del Igeo calculados para cada sitio estudiado. Podemos observar que el Igeo para el V, Cr y Ni es menor a cero, esto indica que no hay o hay una ligera contaminación de estos PHE en el PM10. Esto sugiere que estos metales derivan predominantemente de fuentes naturales y su concentración no se ve afectada, o sólo ligeramente afectada

por actividades humanas. Los que presentan ligeros, moderados aumentos son el Cd, Zn, Cu en ambos sitios y el Sb, Pb, Mo en el Sitio W. Por otro lado, el Sb y el Pb en el Sitio P presentan valores que indican un aumento de geoacumulación con respecto al valor en la corteza terrestre, al igual que el Hg y el Mo (en el Sitio P) pero estos últimos en menor medida.

Tabla 3. Valores de Igeo de los dos sitios.

ÍNDICE DE GEOACUMULACIÓN	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Zn	V	Mo	Ni	Sb
SITIO W	3,6	2,4	2,0	1,5	-3,7	1,5	-1,2	3,2	-3,7	2,2
SITIO P	3,9	0,8	4,6	2,4	-3,4	0,9	-1,4	1,8	-3,2	5,5

4.5 FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO (EF)

El cálculo del factor de enriquecimiento, EF, utilizando Ti como elemento químico normalizador, arrojó para la mayoría de los elementos (excepto Ni, V, Cr), valores que corresponden con una clasificación de fuentes no solamente asignable a la corteza terrestre. Ni, V, y Cr, presentan un valor

EF<10, por lo que su presencia en el PM10 es fundamentalmente de origen natural. Para los demás PHE, se obtuvieron EF con el siguiente ordenamiento: Sb>>Pb>Hg>Cu>Mo>Zn~Cd, en el sitio P, y en el sitio W se obtuvo Hg>Mo>Pb~Cd~Sb>Zn>Cu.

Tabla 4. Valores de EF de los dos sitios.

FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO (EF)	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Zn	V	Mo	Ni	Sb
SITIO W	84,9	30,4	30,4	15,9	0,5	22,4	2,6	59,7	0,6	29,2
SITIO P	120,9	11,1	135,8	34,7	0,6	11,6	2,3	16,9	0,7	323,6

4.6 ESTUDIO DE FUENTES DE ORIGEN DE PHE EN EL PM10

4.6.1. Análisis de clúster (CA)

En la figura N°7 se observa los 5 conglomerados de elementos químicos. Se puede observar que en ambos sitios se obtuvieron varios elementos químicos agrupados en conglomerados similares:

■ Ti, Fe, Al (elementos de predominante origen geológico), agrupados con PM10 (concentración másica expresada en $\mu\text{g m}^{-3}$).

■ Hg: contaminante, asociado específicamente al proceso industrial de cloro-soda para la producción de PVC.

■ Ni y V: elementos químicos mayoritarios en el perfil químico de la central termoeléctrica (Morales del Mastro, 2018).

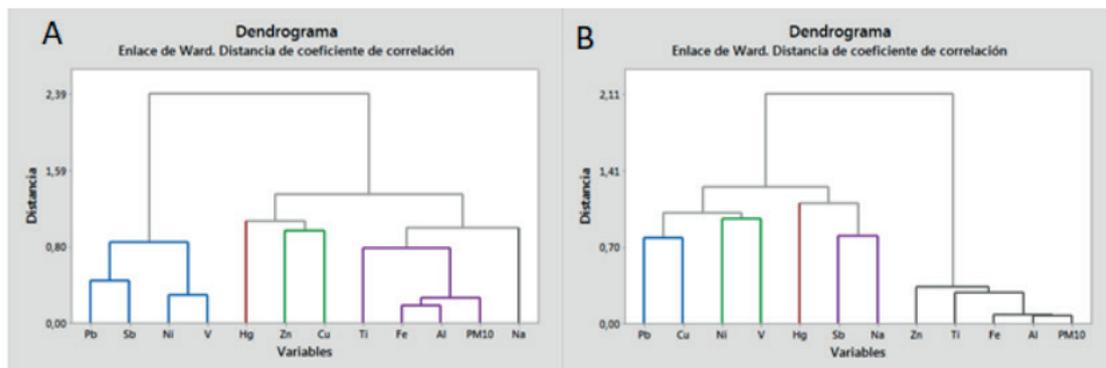


Figura 3. Dendrograma del A) sitio W, B) sitio P.

4.6.2. Análisis de Componentes Principales (PCA)

El resultado de la prueba de rotación VARIMÁX muestra que tres componentes principales explicaron el 58,6 % y el 59,0 % en el sitio P y el W de la varianza total. En la

figura 4 se puede observar las elipses que representan las mayores correlaciones en los factores que representan la mayor variabilidad (PC1, PC2 y PC3).

El factor 1 (PC1) presentó una carga positiva de Ti, Fe, Al y PM10 y una alta correlación ($p > 0,5$) en ambos sitios. A su vez, el PM10 presenta correlación con elementos de origen geológico en los dos sitios, estos resultados pueden explicar que el mayor aporte al PM10 se debe principalmente a elementos químicos de origen geológico con concentraciones muy superiores a las concentraciones de los PHE, al igual que se encontró con el análisis de cluster (CA). El sitio P también presentó una alta correlación de Zn en este factor, asociado a otras fuentes de origen urbano, como polvo de calles transitadas (Fujiwara, F., 2012). El factor 2 (PC2) tuvo una carga positiva de V y Ni en el sitio W, consistente con el CA. Estos elementos son característicos del perfil químico de las emisiones gaseosas de la Central Termoeléctrica ubicado cerca del sitio W (Morales del Mastro, 2018). El factor (PC3)

en el sitio W presenta una alta carga de los elementos Pb y Sb. La presencia de Sb es característica de las emisiones vehiculares asociadas al desgaste de los frenos (Smichowski P., 2008). Por otra parte, en el sitio P, PC2 es el que tiene una carga alta en Sb y Na. El Pb registra una alta carga en diferentes factores para cada sitio, en el sitio W, se asocia con Sb, este resultado puede atribuirse a la contribución de Pb de la resuspensión de polvo históricamente contaminado por Pb de emisiones vehiculares, (el tetraetilode plomo fue utilizado durante varias décadas pasadas como aditivo de combustibles) (Safe, Y, 2020). Mientras que en el sitio P, el Pb registra una carga alta dentro del factor PC3; resultado que probablemente sea asociado a las emisiones gaseosas de una fábrica de baterías de plomo ubicada en las inmediaciones del sitio P. En la tabla N° 5 se resumen estos resultados.

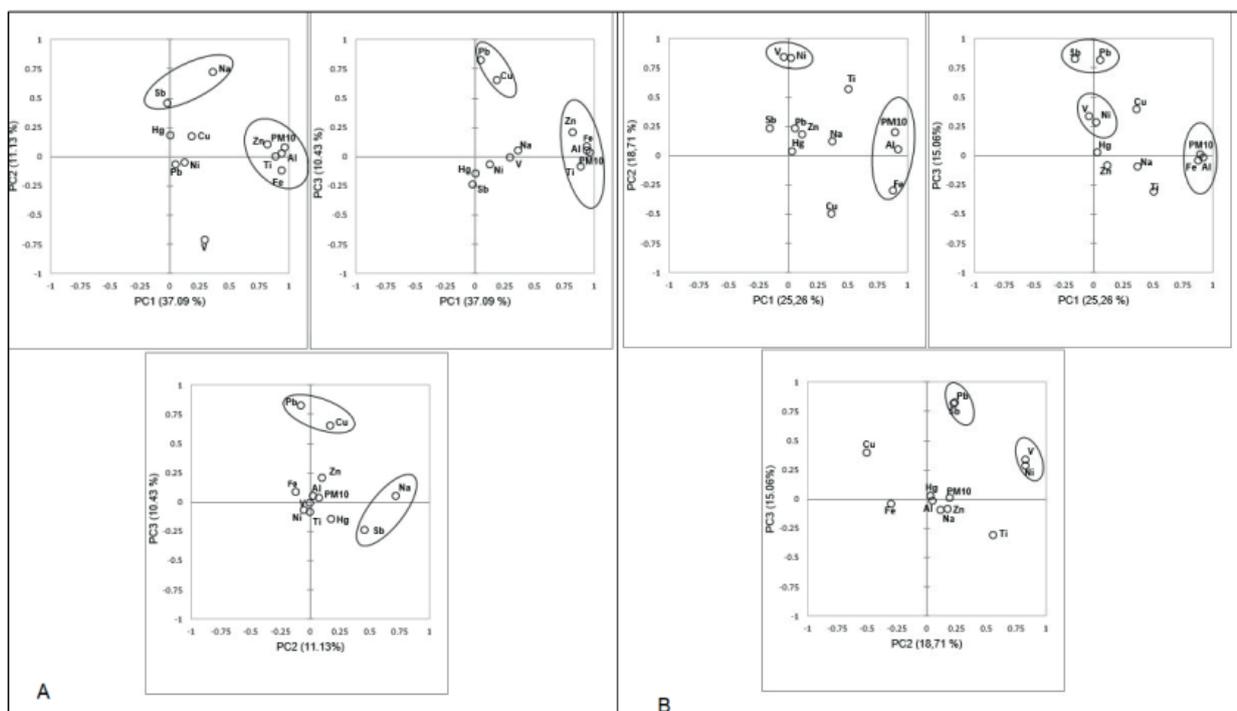


Figura 4. Gráfica de carga de componentes para el análisis de componentes principales de los elementos potencialmente tóxicos en este estudio A) el sitio P y B) sitio W.

Tabla 5. Asignación de fuentes.

SITIO	ORIGEN GEOLÓGICO	CENTRAL TERMOELÉCTRICA	POLVO URBANO	FÁBRICA DE BATERÍAS
SITIO W	PC1	PC2	PC3	-
SITIO P	PC1	-	PC2	PC3

5 CONCLUSIONES

- Se identificaron tres niveles de concentración: Pb, Cu, Zn y V con nivel de concentración mayor, Sb, Ni, Cr, Mo con niveles de concentración medio, y finalmente Cd y Hg con niveles de concentración muy bajo, es decir: (Pb, Cu, Zn y V) > (Sb, Ni, Cr, Mo) > (Cd, Hg).
- La concentración de PHE en los sitios presentó diferencias entre sitios, identificándose un mayor nivel de concentración la mayoría de los PHE (excepto Cd, Zn y Mo) en el sitio P.
- Los elementos Sb, Pb, Hg, Cu, Mo, Zn y Cd registraron valores de geoacumulación positiva en ambos sitios, pero con diferentes niveles de geoacumulación.
- Los elementos Sb, Pb, Hg, Cu, Mo, Zn y Cd registraron valores de enriquecimiento positivo, respecto a los valores de la corteza terrestre, en ambos sitios, pero con diferentes niveles de enriquecimiento. En cuanto a la evaluación de riesgo, el Hg es el elemento que más contribuye al riesgo ecológico potencial, debido a su alto valor de factor de respuesta toxicatubulado. Por otro lado, Pb y Sb, en el sitio P contribuyen de manera considerable al riesgo ecológico potencial (RI). Estas dos contribuciones llevan a clasificar al riesgo ecológico potencial (RI) como muy alto en este sitio, al igual que en el sitio W, pero en este último sitio, es el Cd es el que contribuye considerablemente. Esta contribución se puede atribuir a su mayor, aunque baja concentración en este sitio y a su elevado factor de respuesta tóxica tabulado.
- Los resultados de los estudios quimiométricos (PCA, CA) sugieren que existen potenciales fuentes de emisión de PHE que estarían asociadas a la resuspensión de polvo de origen geológico, industrial y urbano (polvo de desgaste de frenos, históricas vehiculares de Pb), y a emisiones gaseosas del sector de generación de energía e industrial.

6

BIBLIOGRAFÍA

EPA, U. Phytoplankton metal toxicity, Springfield, Virginia (EE.UU) Environmental Research Center Information US Office of Research and Development. 1980.

EPA. Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air Compendium Method IO-2.1 and Method IO-3.1. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S, OH 45268 June 1999.

Farhan, B.H., & Al-Joubory, H.H. (2020). Assessment of heavy metals Pollution of some adjacent soils to industrial facilities in Wasit Governorate. Plant Archives Vol. 20, Suppl. 2, 2020 pp. 145-156.

Fujiwara, Fabián, et al. Fractionation of eleven elements by chemical bonding from airborne particulate matter collected in an industrial city in Argentina. Journal of Environmental Monitoring, 2006, vol. 8, no 9, p. 913-922.

Hakanson, L. Water Research, 14(8), 975-1001. 1980

Lawson, D. R. y J. W. Winchester. Atmospheric Environment. 10: 925-930. 1979.

Morales Del Mastro, A, M. (2018). Estudio de los aerosoles atmosféricos en el polo industrial de Bahía Blanca: caracterización química e identificación de su origen. Tesis Doctoral, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín, 161 páginas.

Müller, G. Österreichische Geologische Gesellschaft, 79, 107-126. 1986.

Poissant L.; J. P. Schmitt y P. Béron "Trace Inorganic Elements in Rainfall in the Montreal Island", Pergamon Press. UK. 1994.

Simeonov, V., Wolska, L., Kuczyńska, A., Gurwin, J., Tsakovski, S., Protasowicki, M., & Namieśnik, J. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 26(4), 323-331. 2007.

Stiolyk, W.; D. Weis y M. Hestekamp. Environmental Science & Technology, 36: 3893-3900.and", Pergamon Press. UK. 2002.

Taylor, S. R. Geochimica et cosmochimica acta, vol. 28, no 8, p. 1273-1285. 1964.

Taylor, S.W., Kammerer, B., Bayer, E.. Chem. Rev. 97, 333-346. 1997.

Wang, N. Wang, A. Kong, L. He, M. Science of the Total Environment, 167-174. 2018.

Ward Jr, J. H. (1963). Journal of the American statistical association, 58(301), 236-244.

Wei, B., Jiang, F., Li, X., & Mu, S. Environmental monitoring and assessment, 160(1-4), 33. 2010.
Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C., & Posmentier, E. S. Science of the total environment, 355(1-3),
176-186. 2006

MEDICIÓN MANUAL DE CALIDAD DE AIRE (CO Y NO₂) EN UN PUNTO DEL MICROCENTRO DE BAHÍA BLANCA (ARGENTINA) EN ÉPOCA DE ALTO TRÁNSITO VEHICULAR

Julieta González Martínez ¹, Alana Mayer ¹, Facundo Carrizo ¹,
María Fernanda Marín ¹, Juliana Rial ^{1 2}, Yamila Grassi ²
y Mónica Díaz ^{1 2}

¹ Departamento de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Sur (UNS)
Avenida Alem 1253, Bahía Blanca (8000), Argentina

e-mail: julietagonzalezmartinez@gmail.com; alanamayer11@gmail.com; facundomanuelcarrizo@gmail.com;
fernanda.martin@uns.edu.ar

² Planta Piloto de Ingeniería Química - PLAPIQUI - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Universidad Nacional del Sur (UNS)

Camino La Carrindanga 7000, Bahía Blanca (8000), Argentina

e-mail: jrial@plapiqui.edu.ar; ygrassi@plapiqui.edu.ar; mdiaz@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

Las emisiones vehiculares de contaminantes atmosféricos empobrecen la calidad del aire, en especial en las urbes. Este es un tema de estudio importante en la materia Contaminación Atmosférica y Control de Emisiones de la Universidad Nacional del Sur. Por lo tanto, se desarrolló una práctica de campo, para obtener concentraciones puntuales de CO y NO₂ (contaminantes criterio) in situ, en el aire urbano de Bahía Blanca, con equipamiento de bajo costo y sin análisis fisicoquímicos posteriores. El objetivo fue acercar a los alumnos a las actividades que desempeñarán como profesionales: manipular instrumental, conocer protocolos y concluir en función de los resultados. Las mediciones se realizaron en Chiclana y Donado (microcentro) al mediodía en vísperas de navidad, época de alto flujo vehicular. Se utilizó una bomba manual de pistón RAE-LP-1200 de bajo caudal y tubos colorimétricos Honeywell (rango estándar CO, 5-100 ppm; y NO₂, 0.5-30 ppm). Una limitación de esta práctica es que los rangos de los tubos utilizados son elevados para calidad de aire, pero son los de menor rango disponibles en el mercado. Esto se puede subsanar, realizando la cantidad de bombeos necesarios hasta obtener una "medición", aunque esta práctica aumenta la incertidumbre del resultado que deberá tenerse en cuenta en las conclusiones. Luego de 13 bombeos para CO y 9 para NO₂, se obtuvieron promedios de 10 ppm y 1 ppm, respectivamente. Considerando cierta linealidad con la cantidad de bombeos, no contemplada por el fabricante, se calcula un valor aproximado de 0.77 ppm (880 µg/m³) de CO y 0.11 ppm (206 µg/m³) de NO₂.

Se concluye que la calidad de aire en este punto céntrico, en hora pico, presenta condiciones buenas según la legislación de la provincia de Buenos Aires (Decreto 1074/18), y como práctica de campo resulta adecuada para este nivel de enseñanza (3er año Lic. en Ciencias Ambientales). Como parte del estudio, resulta interesante que los alumnos comparen nuestros resultados con los de otras ciudades como CABA, que cuenta con algunas Estaciones Automáticas de Monitoreo Atmosférico, y cuyos datos se encuentran disponibles online. Se debe tener en cuenta una ubicación céntrica, en un día de víspera de navidad (2021) y de condiciones meteorológicas similares a la de nuestra medición. Luego de investigar las diferentes estaciones, se encontró que la Estación Córdoba-Peña, reúne estas condiciones y los valores medidos allí para CO se encuentran en el mismo orden de magnitud que el nuestro (NO₂ no disponible).

PALABRAS CLAVE: Muestreo activo, Microcentro Bahía Blanca, Tránsito vehicular, Víspera de navidad.

1

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la contaminación atmosférica urbana representa una gran preocupación en todo el mundo, tanto en los países desarrollados como en vía de desarrollo (Gulia et al., 2015). El crecimiento de la población urbana y el aumento del volumen de tránsito motorizado provocan un incremento de los niveles de contaminación atmosférica urbana (Gautam y Bolia, 2019; Gulia et al., 2015). En estas zonas, el sector del transporte ciudadano, es el mayor generador de contaminantes atmosféricos, contribuyendo en un 80% del total de la polución del aire (Porta et al., 2018; Gulia et al., 2015). Además, es sabido que las emisiones provenientes de las fuentes móviles son consideradas difusas o no puntuales, debido a que no se pueden atribuir a una ubicación geográfica específica, lo que genera que el monitoreo y control sean mucho más difíciles (Alloway & Ayres, 1993).

La ciudad de Bahía Blanca, Argentina, ha sufrido un crecimiento urbano no planificado en las últimas décadas, generando mayores niveles de tráfico en el centro de la ciudad debido al aumento del uso del automóvil privado, lo que se conoce como teoría del tráfico inducido asociada a la expansión urbana (Ortúzar, 2019; Ferrelli et al., 2016; Gayda & Lautso, 2007). La ciudad cuenta con 301.572 habitantes según el último censo realizado en 2010 y para el año 2018 el parque automotor rondaba las 172.000 unidades según lo reportado por Grassi et al., (2021). Teniendo en cuenta esta situación y que no existe un monitoreo de contaminantes atmosféricos en ningún punto del microcentro de la ciudad, resulta interesante analizar la contaminación

atmosférica mediante un programa de monitoreo.

Por otro lado, en la actualidad la educación superior tiende a resolver las problemáticas regionales y mundiales. Tal es así que las universidades ya no solo forman profesionales y se apegan a la currícula académica, sino que intentan transformar la sociedad en la que se encuentran (Finnveden et al., 2019). Es por ello, que uno de los pilares que se está observando en diversas casas de altos estudios es la Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS), la cual se alinea con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus objetivos, planteado por la Organización de las Naciones Unidas (Kioupi & Voulvoulis, 2019; Owens, 2017; Calder & Clugston, 2003). En particular, el objetivo 4 plantea garantizar una educación de calidad, dentro del cual la meta 4.7 promueve la EDS con el fin de generar una transformación en la sociedad (ONU, 2015). De esta manera, se busca que los alumnos sean capaces de tomar decisiones informadas, asociadas a la integridad ambiental y una sociedad justa (Svanström et al., 2008). En este sentido, la ciudad de Bahía Blanca cuenta tanto con universidades públicas como privadas, las cuales tienen una amplia oferta académica. Como se ha mencionado, en la actualidad la contaminación urbana del aire es una de las temáticas más estudiadas, por los desafíos que esta implica y el impacto que genera. En base a esto, y a la EDS, las universidades bahienses se han transformado en lugares claves para concientizar y educar sobre temas ambientales logrando esto mediante vivencias reales (Mazzutti et al., 2020). Esta

situación tiene la capacidad de proporcionar experiencias de aprendizaje a los alumnos, así como también generar resultados que, dependiendo de su trazabilidad y los protocolos seguidos, pueden transferirse a toda la comunidad. En este marco, desde la cátedra de Contaminación Atmosférica y Control de Emisiones del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur (UNS), se han comenzado a realizar campañas de monitoreo de contaminantes atmosféricos en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca considerando situaciones de alto flujo vehicular. Las experiencias prácticas con los alumnos se realizan no solo para formar profesionales de calidad, sino que también para desarrollar una mentalidad crítica y de análisis de los resultados. De esta manera, se espera un fortalecimiento de la EDS dentro del ámbito de la UNS, así como también

potenciar el desarrollo de proyectos que alcancen a la comunidad local. Dentro de este contexto, se planteó como objetivo de este trabajo acercar a los alumnos a las actividades que desempeñarán como profesionales: manipular instrumental, realizar mediciones in situ de contaminantes atmosféricos tales como monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), conocer protocolos y concluir en función de los resultados. Además, se pretende proponer soluciones o medidas de mitigación en caso de ser necesario, y comparar los resultados obtenidos con las legislaciones argentinas vigentes, así como también con otras ciudades que cuenten con datos sobre contaminación atmosférica urbana en condiciones similares a las que hemos planteado.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco de este trabajo, los días 20 y 21 de diciembre del año 2021 (vísperas de navidad), alumnos avanzados de la carrera Licenciatura en Ciencias Ambientales y docentes de la UNS realizaron la medición de la concentración de NO₂ y CO presentes en el aire en un sector con alto tránsito vehicular (Chiclana al 100) de la ciudad de Bahía Blanca al mediodía (Fig. 1). Adicionalmente se realizaron mediciones de estos contaminantes en la salida de los caños de escapes de una moto y de una camioneta diésel, así como también en el humo de cigarrillo de

un transeúnte que estaba fumando en el lugar.



Figura 1. Punto de muestreo (Lat: 38°43'11.43"S; Long: 62°15'51.03"O) - calle Chicla al 100.

Para las mediciones se utilizaron una bomba manual de pistón para aire de bajo caudal (50 ó 100 mL) marca RAE (LP-1200) y tubos colorimétricos marca Honeywell para CO y NO₂ cuyos rangos de detección son 5-100 ppm y 0.5-30 ppm, respectivamente (Fig. 2).

Los rangos detallados son especificados para la aplicación de un solo bombeo de 100 mL. No obstante, en el caso del CO existe la posibilidad de extender el rango a 2.5-50 ppm realizando dos bombeos de 100 mL, según lo establecido por el fabricante de los tubos. Si se realizan más bombeos la linealidad no está garantizada por el fabricante. Para mediciones dentro de los parámetros establecidos por el fabricante pueden presentar una desviación estándar menor o igual a $\pm 12\%$ en el caso de CO y $\pm 20\%$ para NO₂.

Las mediciones se realizaron a la altura de una persona promedio (1.60 m aproximadamente), en el cordón de la vereda de esta transitada arteria en hora pico (Fig. 3). Resulta importante destacar que fue necesario realizar un número mayor de bombeos al especificado por el fabricante de los tubos colorimétricos, para obtener una marca visible en la escala de medición. Esto se debe a la baja concentración de los contaminantes en el aire, comparado con el mínimo de la escala, motivo por el cual la cantidad de bombeos se determinó en función de la aparición de una marca visible en la escala de medición. Cabe aclarar que estos rangos de detección son los más bajos que se encuentran disponibles en el mercado. En consecuencia, se debió corregir la lectura en base al volumen de aire bombeado real, y tener la precaución de considerar al valor estimado como uno por fuera de la especi-



Figura 2. Bomba manual de pistón para aire de bajo caudal marca RAE (LP-1200) y tubos colorimétricos marca Honeywell para CO y NO₂.

ficación. En este sentido, el valor final obtenido al realizar más cantidad de bombeos se obtendrá según la Ecuación 1 donde, m es el valor en ppm obtenido sobre la escala del tubo; b es la cantidad de bombeos realizados mientras que, C es el resultado final en ppm. Si bien el objetivo fue realizar por duplicado cada medición de gas cada día, no se pudo lograr ya que el tiempo requeri-

do para tantos bombeos excedió el horario pico de mayor tránsito, y no se pudo continuar. Por lo tanto, entre los dos días se realizaron 3 mediciones de cada gas, en lugar de 4.

$$C = \frac{m}{b} \quad (1)$$



Figura 3. Posición de muestreo.

Adicionalmente se confeccionaron videos de 10 min de duración de los cuales se obtuvieron datos del flujo vehicular al momento del monitoreo mediante conteo manual. Además, se recolectaron los datos meteorológicos correspondientes a los momentos de medición consultando el sitio web de MeteoBahia (<https://www.meteobahia.com.ar/>) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Finalmente, se realizó la comparación de los resultados, por un lado, con la legislación argentina vigente y por otro con los datos que genera la cabina de monitoreo continuo

de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, situada en calle Av. Córdoba y Rodríguez Peña. Estos últimos se encuentran online en la página web del Gobierno de CABA (GCABA, 2022). Para realizar una comparativa válida se buscó similitud, respecto de nuestras mediciones, en ubicación céntrica, hora pico al mediodía, día en víspera de las fiestas de fin de año y meteorología. Cabe destacar que la Estación de Monitoreo Córdoba no disponía de datos registrados de NO₂ durante el periodo muestreado, esto suele pasar por mantenimiento en los equipos.

3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se mencionó en la metodología, el monitoreo fue realizado en dos días consecutivos de la víspera navideña de

2021, respetando el mismo horario y ubicación, según el detalle que se muestra a continuación:

■ Día 1 de muestreo, 20 de diciembre de 2021.

MEDICIÓN DE CO:

Se utilizaron dos tubos con 13 bombeos de 100 mL.

Hora de inicio y fin de bombeos en el tubo 1: 11:40-12:17.

Hora de inicio y fin de bombeos en el tubo 2: 12:36-13:26.

Medición de NO₂: Se utilizó un solo tubo con 9 bombeos de 100 mL.

Hora de inicio y fin de bombeos en el tubo 1: 12:19-12:34.

■ Día 2 de muestreo, 21 de diciembre de 2021.

MEDICIÓN DE CO:

Se utilizó un solo tubo con 13 bombeos de 100 mL.

Hora de inicio y fin de bombeos en el tubo 3: 12:07-13:04.

Medición de NO₂: Se utilizaron dos tubos con 9 bombeos de 100 mL.

Hora de inicio y fin de bombeos en el tubo 2: 11:53-12:06.

Hora de inicio y fin de bombeos en el tubo 3: 13:09-13:26.

3.1 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Los resultados obtenidos el primer día de medición, luego de 13 bombeos, fueron los mismos tanto en el tubo 1 como en el 2, observándose un valor de 10 ppm en la escala graduada. El segundo día se repitió la experiencia con un único tubo de CO, para completar los 3 tubos de cada gas dentro del horario pico, registrándose un valor de 5 ppm luego de realizados los 13 bombeos.

A modo de contraprueba, se realizaron tres mediciones en condiciones de emisión: una sobre el humo de cigarrillo exhalado por una persona fumadora que estaba en el lugar, otra a la salida del caño de escape de

una camioneta con motor diésel y, por último, en la boca de un caño de escape de una moto (Fig. 4). A diferencia de las mediciones realizadas en calidad de aire, en las tres situaciones se obtuvo una marca visible en la escala del tubo con un solo bombeo, coincidente con las especificaciones del fabricante. En el caso de medición del humo de cigarrillo se detectó un valor de 7.5 ppm de CO, en el tubo utilizado en la salida del caño de escape del vehículo diésel se obtuvo un valor de 40 ppm mientras que, el empleado para medir la emisión de la moto directamente superó la escala de detección, la cual tiene un máximo de 100 ppm (Fig. 5).



Figura 4. Medición de CO en el humo de cigarrillo exhalado por una persona fumadora que transitaba en el lugar, de los gases de salida del caño de escape de una camioneta diésel y de una moto (20/12/2021 - mediodía).

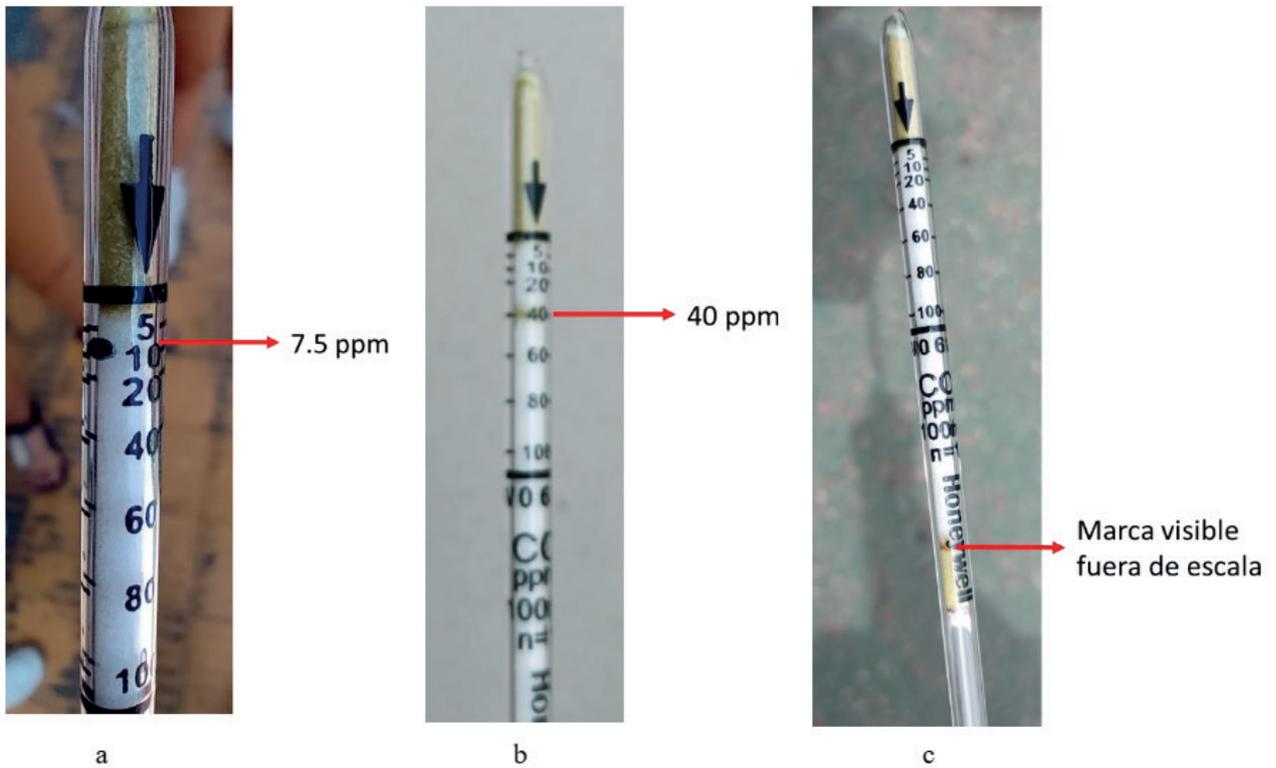


Figura 5. Tubos de CO indicando las marcas generadas en cada medición de la figura 4 (a - humo exhalado por un fumador, b- caño de escape de camioneta, c- caño de escape de moto).

3.2 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

Para el primer día de mediciones, solo se utilizó un tubo para determinar NO₂, debido a que se hizo tarde y pasó el horario pico. A pesar de que el anillo que se generó en la escala de graduación fue de un color gris muy tenue difícil de observar, se pudo consensuar que la concentración de NO₂ era de 1 ppm para ese momento y lugar, luego de realizados 9 bombeos. Durante la segunda jornada, se realizaron dos mediciones de los niveles de NO₂ presentes en el aire en el punto de muestreo, aplicando también 9 bombeos en cada tubo. En este caso se detectó que en el primer tubo la marcación era de 1 ppm mientras que, el segundo mostró un registro de 0.5 ppm. La principal diferencia entre ambas mediciones reside en la hora del muestreo, el primer tubo fue utilizado a las 12:00 mientras que, la segunda medición fue realizada a las 13:00 ya pasada la hora de mayor congestión vehicular.

En el caso del NO₂ se realizó como contraprueba una medición del contaminante a la salida del caño de escape de la camioneta con motor diésel, donde se obtuvo como resultado 10 ppm de concentración (Fig. 6). Cabe destacar que se observó un tono anaranjado asociado a la presencia de monóxido de nitrógeno (NO) según lo indica el fabricante de los tubos; lo que da la pauta de que habrá una posterior conversión a NO₂ que afectará la calidad de aire producto de combustión del motor gasolero. Para esta medición solo se requirió un bombeo, tal cual lo especifica el fabricante, lo mismo ocurrió con la contraprueba para CO, lo que indica el buen funcionamiento de ambos tipos de tubos.

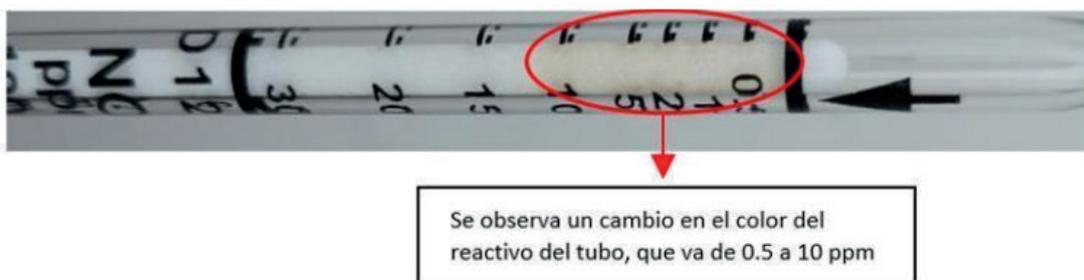


Figura 6. Marcación en el tubo de NO₂ correspondiente a la medición de la salida del caño de escape de una camioneta diésel.

3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CONSIDERANDO EL FLUJO VEHICULAR Y LA METEOROLOGÍA AL MOMENTO DE REALIZAR LAS MEDICIONES

Hasta el momento solo se presentaron las lecturas directas de cada tubo, pero estas no representan las concentraciones en el aire. Para estimar los valores finales de cada

gas se debe realizar la división de la lectura por el número de bombeos, estos resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen general de los resultados obtenidos del monitoreo de CO y NO₂ para calidad de aire en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca considerando momentos de alto flujo vehicular (Diciembre 2021).

Día	CO				NO ₂			
	Tubo	Bombeos	Marcación [ppm]	Estimado [ppm]	Tubo	Bombeos	Marcación [ppm]	Estimado [ppm]
20/12/2021	1	13	10	0.77	1	9	1	0.11
	2	13	10	0.77				
21/12/2021	3	13	5	0.38	2	9	1	0.11
					3	9	0.5	0.05

Como se mencionó en el apartado de metodología, resulta de importancia analizar la influencia del flujo vehicular y la meteorología, al monitorear la calidad del aire en centros urbanos. Por esta razón, mientras se realizaban las mediciones se confeccionaron 3 videos, uno el primer día a las 12 horas (hora pico, alto flujo) y dos en el segundo día en esta oportunidad a las 12 horas (hora pico, alto flujo) y otro a las 13 horas (fuera de hora pico, bajo flujo); este último con el fin de detectar una disminución del flujo vehicular pasada la hora pico del mediodía que no ocurrió en el día 1, cuyas mediciones se realizaron siempre con alto flujo. Cada video tiene una duración de 10 minutos, y fueron tomados desde la esquina de Donado y Chiclana con el fin de captar la circulación vehicular de la calle Chiclana. El conteo y segmentación del flujo vehicular se realizó

de forma manual mediante la visualización de los videos, los resultados alcanzados se pueden observar en la tabla 2. En cuanto a las variables meteorológicas al momento de realizar las mediciones, en la tabla 3 se presentan los datos obtenidos desde el sitio web de MeteoBahia (<https://www.meteo-bahia.com.ar/>), el cual dispone de sensores en el centro de la ciudad. Esta fuente incluye irradiancia, parámetro que no ofrece el Servicio Meteorológico Nacional para Bahía Blanca, y es fundamental para caracterizar en forma completa las condiciones del día, ya que la insolación afecta la estabilidad atmosférica en superficie, y ésta a su vez afecta la dispersión de los contaminantes en el aire.

Tabla 2. Segmentación del flujo vehicular, por tipo de vehículo, en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca durante.

Calle	Fecha	Horario	Tipo de vehículo	Cantidad en 10 minutos	Total vehículos en 10 min	Vehículo por hora	Total vehículos por hora
Chiclana	20/12/2021	12:00-12:10	Motocicleta	25	189	150	1134
Chiclana	20/12/2021	12:00-12:10	Automóvil	115		690	
Chiclana	20/12/2021	12:00-12:10	Camioneta	28		168	
Chiclana	20/12/2021	12:00-12:10	Carga Liviana	4		24	
Chiclana	20/12/2021	12:00-12:10	Colectivo	14		84	
Chiclana	20/12/2021	12:00-12:10	Combi	3		18	
Chiclana	21/12/2021	12:00-12:10	Motocicleta	25	205	150	1230
Chiclana	21/12/2021	12:00-12:10	Automóvil	145		870	
Chiclana	21/12/2021	12:00-12:10	Camioneta	17		102	
Chiclana	21/12/2021	12:00-12:10	Carga Liviana	3		18	
Chiclana	21/12/2021	12:00-12:10	Colectivo	12		72	
Chiclana	21/12/2021	12:00-12:10	Combi	3		18	
Chiclana	21/12/2021	13:00-13:10	Motocicleta	22	157	132	942
Chiclana	21/12/2021	13:00-13:10	Automóvil	106		636	
Chiclana	21/12/2021	13:00-13:10	Camioneta	13		78	
Chiclana	21/12/2021	13:00-13:10	Carga Liviana	3		18	
Chiclana	21/12/2021	13:00-13:10	Colectivo	10		60	
Chiclana	21/12/2021	13:00-13:10	Combi	3		18	

Tabla 3. Condiciones meteorológicas en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca al momento de realizar las mediciones, según www.meteobahia.com.ar (diciembre 2021).

Horario	Bahía Blanca			
	Día 1 – 20/12/2021		Día 2 – 21/12/2021	
	11:16	12:16	11:16	12:16
Temperatura [°C]	27.1	28.1	26.7	27.2
Humedad [%]	49	46	54	56
Presión [hPa]	1014.7	1014.4	1010	1121.3
Viento [km/h]	10.8	25	11.9	Calma
Viento [dirección]	NNE	SSE	OSO	-
Irradiancia [W/m²]	1133.4	906.2	1165.3	1121.3

En base a la información recolectada y al resumen de los resultados obtenidos se pueden extraer diversas conclusiones. Ambos días las condiciones meteorológicas fueron similares al igual que los flujos vehiculares, a excepción de la hora 13 donde el segundo día presentó una disminución de flujo (23%) no observada en el día uno. Por lo tanto, los valores obtenidos en el segundo día, tanto para CO (tubo 3) como para el NO₂ (tubo 3), resultaron ser la mitad que los otros: 0.38/0.77 ppm y 0.05/0.11 ppm respectivamente.

3.4 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA NORMATIVA LOCAL VIGENTE

En la provincia de Buenos Aires, Argentina, los valores norma para los estándares de calidad de aire se encuentran detallados en el Anexo III del Decreto N° 1074/18 regla-

mentario de la Ley N° 5965 (ver tabla 4), y para diciembre de 2021 corresponde utilizar los exigidos en la segunda etapa de las tres que presenta la norma.

Tabla 4. Valores norma para estándares de calidad de aire según el Decreto Reglamentario 1074/18, Anexo III Tabla A.

Parámetro	Símbolo	Tiempo Promedio	Valores Iniciales	1° Etapa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2° Etapa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3° Etapa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Observaciones
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	1 hora	367	320	288	188	Para no ser superado en más de una vez al año. Monitoreo continuo y automático: Percentil 98 de las concentraciones medias (1 hora continua) de un año en cada estación monitorea no debe exceder el estándar
		1 año	100	100*	100*	100*	No deberá superarse la media aritmética anual
Monóxido de Carbono	CO	1 hora	40000	40000	40000	40000	No deberá superarse la media aritmética en el periodo considerado
		8 horas	10000	10000	10000	10000	

Si bien la cantidad de bombeos realizados para ambas mediciones excede a lo especificado por el fabricante de los tubos, se consideró una linealidad entre la cantidad de bombeos realizados y el valor registrado en cada tubo colorimétrico. A su vez, para comparar con los límites especificados por la normativa local vigente, se seleccionó el peor escenario monitoreado, el cual corresponde al primer día por haberse obtenido los valores más elevados de cada contaminante. En base a esto se obtuvo como resultado 0.77 ppm (880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de CO y 0.11 ppm (206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO₂ para un punto del microcentro de la ciudad en hora de máxima congestión vehicular, valores que se en-

cuentran por debajo de lo establecido por la norma (40000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para CO y 288 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO₂). Sin embargo, el valor de NO₂ estaría superando el límite que se establece para la tercera etapa (188 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), que se encontrará vigente desde octubre de 2022. Hay que considerar que el valor de la norma es un promedio horario y no una medición puntual como la nuestra y, además, que hemos realizado una estimación del valor por fuera de la especificación del fabricante.

3.5 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS INFORMADOS POR OTRA CIUDAD

Resulta interesante comparar los resultados obtenidos en el microcentro de Bahía Blanca con los de otras ciudades que dispongan de datos sobre calidad de aire. Para ello es necesario buscar ubicaciones de monitoreo que tengan características similares y corroborar que las condiciones meteorológicas, al momento de la toma de muestras de ambas urbes, sean comparables. Esto es importante porque pueden hacer variar en gran medida los resultados, conduciendo a comparativas erróneas. En base a esto, se decidió utilizar los datos generados por la estación automática de monitoreo atmosférico continuo Córdoba, ubicada en la esquina en Av. Córdoba y Rodríguez Peña de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Esta estación mide contaminantes atmosféricos y parámetros meteorológicos de un área residencial-comercial con flujo vehicular alto y muy escasa incidencia de fuentes fijas y espacios verdes (similar a nuestro punto de muestreo). Los datos para realizar la comparación con los obtenidos en este trabajo se obtuvieron de la página web del Gobier-

no de CABA (GCABA, 2022) para los días 20 y 21 de diciembre de 2021, en tres horarios: 11, 12 y 13 hs, solo para CO, dado que no se encontraban disponibles los de NO2. En la tabla 5 se presentan los datos de concentración de CO de la Estación Córdoba mientras que, la tabla 6 contiene la información meteorológica de CABA obtenida del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (<https://www.smn.gov.ar/>), así como también la de Bahía Blanca para una fácil comparativa. Analizando los datos de tabla 6, se puede observar un mayor porcentaje de humedad y menor irradiancia en CABA que en Bahía Blanca, aunque los demás parámetros son similares. Por lo tanto, se decidió proseguir con la comparación del CO. Podemos concluir que el valor máximo detectado de CO en horas del mediodía el 20/12/2021 en CABA, 0.63 ppm, se asemeja al presentado en este trabajo, 0.77 ppm (Tabla 1). Al no conocer el flujo vehicular de este sector de CABA, no podemos agregar más a la discusión.

Tabla 5. Mediciones de monóxido de carbono en Estación Córdoba (CABA). Se resaltan los valores máximos de cada día en negrita.

Mediciones de CO [ppm]		
Fecha y Hora	Estación Córdoba (CABA)	Promedio horario
20/12/2021 11hs	0.58	0.48
20/12/2021 12hs	0.63	
20/12/2021 13hs	0.24	
21/12/2021 11hs	0.37	0.48
21/12/2021 12hs	0.40	
21/12/2021 13hs	0.68	

Tabla 6. Condiciones meteorológicas en CABA (Estación Córdoba) y Bahía Blanca, obtenidas desde el Servicio Meteorológico Nacional. *La irradiancia de Bahía Blanca es la de MeteoBahia, el SMN no cuenta con este dato.

Horario	CABA			Bahia Blanca		
	11	12	13	11	12	13
	20/12/2021			20/12/2021		
Temperatura [°C]	26.8	26.3	26.3	26.5	28.0	28.6
Humedad [%]	71	76	80	52	46	40
Presión [hPa]	1013.3	1013.1	1013.0	1015.7	1014.9	1014.5
Viento [km/h]	19	19	22	28	24	22
Irradiancia [W/m ²]	209	616	788	1133.4*	906.2*	-
	21/12/2021			21/12/2021		
Temperatura [°C]	24.1	25.4	25.4	25.8	26.8	27.7
Humedad [%]	78	75	73	64	58	59
Presión [hPa]	1010.0	1009.7	1009.2	1010.7	1010.1	1009.9
Viento [km/h]	20	22	26	15	11	15
Irradiancia [W/m ²]	125	317	338	1165.3*	1121.3*	-

4 CONCLUSIONES

- Se logró desarrollar un plan de trabajo de campo acorde a las exigencias de alumnos avanzados de la carrera de Licenciatura en Ciencias Ambientales de la UNS, en el cual se usó equipamiento especializado para muestreo de aire, así como también se fomenta el trabajo en equipo, la capacidad de analizar los resultados y el desarrollo de una mentalidad crítica.
- A pesar de que los tubos utilizados para el muestreo no poseen la sensibilidad necesaria para detectar las concentraciones existentes de manera directa, se lograron obtener resultados aproximados de concentración de CO y NO₂ aplicando las correcciones necesarias.
- Al comparar los valores de CO y NO₂ obtenidos para el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca con los valores normados estipulados por el Decreto 1074/18, se puede concluir que en ninguno de los casos se superan los niveles máximos establecidos.
- Luego de comparar los valores máximos de CO obtenidos en Bahía Blanca con los registrados para Estación Córdoba (CABA), en la misma época del año y similares condiciones meteorológicas, se puede observar que ambos tienen el mismo orden de magnitud.
- Por último, se propone trabajar en conjunto con las Secretarías de Infraestructura y de Movilidad y Espacios Públicos de la Municipalidad de Bahía Blanca, con el fin de proponer alternativas sobre las temáticas de tránsito vehicular, uso del transporte público, promoción de medios de transporte sustentables, entre otros.

5 BIBLIOGRAFÍA

Alloway, B., Ayres, D. (2003). Chemical principles of environmental pollution. Glasgow: Chapman & Hall.

Calder, W., Clugston, R. (2003). International efforts to promote higher education for sustainable development. *Planning for higher education*, 31(3), 30-44.

Ferrelli, F., Bustos, M., Piccolo, M. (2016). Urban growth and its impacts on the climate and the society of Bahía Blanca city, Argentina. *Estudios Geográficos*, 77 (281), 469-489.

Finnveden, G., Newman, J., Verhoef, L. (2019). Sustainable development and higher education: Acting with a purpose. *Sustainability*, 11, 3831.

Gallego Picó, A., González Fernández, I., Sánchez Gimeno, B., Fernández Hernando, P., Garcinuño Martínez, R., Bravo Yagüe, J., Padrana Pérez, J., García Mayor, A., Durand Alegría, J. (2012). *Contaminación atmosférica*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia de Madrid.

Gautam D., Bolia, N. (2019). Air pollution: impact and interventions. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13(2), 209-223.

Gayda, S., Lautso, K. (2007). *Urban sprawl and transport*. En *Land use and transport* (177-216). Bigley: Emerald Group Publishing Limited.

GCABA – Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2022). <https://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/control-ambiental/laboratorio-ambiental/calidad-de-aire/estacion-cordoba>

Grassi, Y., Brignole N., Díaz, M. (2021). Vehicular fleet characterisation and assessment of the on-road mobile source emission inventory of a Latin American intermediate city. *Science of the Total Environment*, 792, 148255.

Gulia, S., Nagendra, S., Khare, M., Khanna, I. (2015). Urban air quality management - A review. *Atmospheric Pollution Research*, 6(2), 286-304.

Kioupi, V., Voulvoulis, N. (2019). Education for sustainable development: A systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Sustainability*, 11, 6104.

Mazzutti, J., Londero Brandli, L., Lange Salvia, A., Fitzen Gomez, B., Damke, L., Tibola da Rocha, V., dos Santos Rabello, R. (2020). Smart and learning campus as a living lab to foster education for sustainable development: an experience with air quality monitoring. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1467-6370.

ONU - Organización de las Naciones Unidas. (2015). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>, consultado en enero 2022.



Ortúzar, J. (2019). Sustainable urban mobility: What can be done to achieve it? *Journal of the Indian Institute of Science*, 99, 683–693.

Owens, T. (2017). Higher education in the sustainable development goals framework. *European Journal of Education*, 52(4), 414-420.

Porta, A., Sanchez, E., Colman Lerner, J. (2018). *Calidad de Aire. Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública*. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.

Svanström, M., Lozano-García, F., Rowe, D. (2008). Learning outcomes for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3), 339-35

4 EDUCACIÓN



ESTRATEGIAS DE FORMACIÓN AMBIENTAL EN PRIMEROS AÑOS DE CARRERAS TECNOLÓGICAS EN UTN FRBB

Adrián Azzurro ¹, Carolina Basterra del Vall Iturria ²,
Rafael Omar Cura ³, Adrián Gericó ⁴, Mariana González ⁵
y Andrea Rossi ⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Departamento Materias Básicas, PID Interfacultad UTNIFN7736
Facultad Regional Bahía Blanca

Universidad Tecnológica Nacional

11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

e-mail: azzurro@frbb.utn.edu.ar, cbasterra@frbb.utn.edu.ar, rocura@frbb.utn.edu.ar, agerico@frbb.utn.edu.ar,
mgonzal@frbb.utn.edu.ar, aprossi@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

La formación de profesionales de Ingeniería y carreras tecnológicas requiere del desarrollo de competencias genéricas y específicas vinculadas con el desempeño criterioso relacionado con el cuidado del medio ambiente. Los Objetivos del Desarrollo Sostenible constituyen un eje transversal del sistema educativo argentino y particularmente de las carreras de Ingeniería. Se presentan dos experiencias formativas realizadas durante 2020 y 2021 por cuatro comisiones de la asignatura Ingeniería y Sociedad de primer año de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional. Grupos de estudiantes desarrollan un trabajo de articulación sobre la profesión de Ingeniería, los ODS y el desarrollo industrial y tecnológico con presentaciones, análisis y aportes de modo sincrónico. Al mismo tiempo, desarrollan una Jornada en el Parque Industrial Bahía Blanca donde dichas temáticas se enriquecen y profundizan con el intercambio con profesionales, industriales y estudiantes avanzados que allí se desempeñan. Esta actividad corresponde a una articulación entre la asignatura y la Unidad de Desarrollo de Proyectos Tecnológicos de la Plataforma Tecnológica del Parque Industrial, gestionada por la Facultad Regional. En los informes y presentaciones de los grupos se aprecia la aplicación de saberes al estudio de industrias y empresas de la región, el análisis de información sobre sistemas de protección medioambiental, aspectos vinculados con la eficiencia energética y referencia al empleo de materiales de bajo impacto ambiental. Las Jornadas Platec se realizan desde 2013 de modo

presencial y estos años, debido a la pandemia por Covid-19, se efectuaron en la modalidad virtual. La evaluación del evento evidencia el alto interés de los estudiantes por intercambiar con los ingenieros e industriales locales, conocer cómo emplean criterios medioambientales en sus sistemas productivos o de servicios, cómo los becarios avanzados integran conocimientos y saberes de varias disciplinas en los proyectos tecnológicos en la perspectiva del cuidado ambiental y una alta valoración de estas estrategias formativas por el acercamiento inicial al ejercicio de la profesión en contextos de problemáticas reales. Estas experiencias se encuadran en el Proyecto de Investigación y Desarrollo “Formación Inicial en Ingenierías y carreras Tecnológicas: aprendizaje centrado en el estudiante con competencias y TIC,” y los resultados obtenidos permiten ajustar y mejorar dichas estrategias en el nuevo ciclo lectivo.

PALABRAS CLAVE: Educación en Ingeniería, Objetivos del Desarrollo Sustentable, Formación primeros años universidad, Educación profesional.

1

INTRODUCCIÓN

La educación de los y las futuras profesionales del área de la Ingeniería y carreras tecnológicas presentan un gran desafío en la actualidad en relación al medio ambiente, ya que actúan de modo directo y su incidencia es de alto impacto. De allí que numerosas entidades de formación vienen generando orientaciones y programas para que las nuevas generaciones cuenten con el desarrollo de capacidades para la intervención pertinente y también ejerzan una incidencia social en el cuidado permanente del medio ambiente y en la promoción del desarrollo sostenible.

Desde la asignatura Ingeniería y Sociedad, en la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRBB), se desarrollan acciones de aprendizajes sobre los ODS, que se fundamentarán y desarrollarán, con el análisis de sus resultados en los años de pandemia, 2020 y 2021, aspirando a seguir ampliando este proceso y mejorando en las estrategias.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

Se presentan las orientaciones del marco conceptual del presente trabajo y la descripción de las experiencias realizadas para la formación en el desarrollo sostenible.

2.1 INGENIERÍAS Y FORMACIÓN EN ODS

Numerosas entidades vienen desarrollando orientaciones en relación a la formación de los y las profesionales de Ingeniería referidas al medioambiente. En 2010 UNESCO consultó a 120 especialistas y produjo el primer Informe, coordinado por Tony Majorman, denominado “Ingeniería: Problemas, Desafíos y Oportunidades para el Desarrollo” (UNESCO, 2010). El mismo destacaba la relevancia de la profesión para el desarrollo de los pueblos por su vinculación directa con la infraestructura y la satisfacción de necesidades básicas. También orientaba hacia desarrollar una formación sumamente vinculada con el empleo de estrategias, proyectos, materiales y recursos que posibiliten un desarrollo sostenible para todos y en todo el planeta (UNESCO, 2010).

Ese mismo año, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI), con motivo del Congreso Mundial de Ingeniería a realizarse en Buenos Aires, emitió el documento “La formación del ingeniero para el desarrollo sostenible”, presentándolos siguientes ejes: a) Generar vocaciones tempranas; b) Asegurar la calidad de la formación; c) Formar ingenieros con visión sistémica; d) Formar ingenieros con perspectiva supranacional-regional; y e) Apoyar el desarrollo local y regional (CONFEDI, 2010).

En el eje c) se detalla: “En una sociedad cada vez más globalizada y con exigencias crecientes de desarrollo, le cabe a la ingeniería un rol fundamental en lo que hace a la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente, que requiere de profesionales con una visión amplia,

abarcativa y sistémica del mundo, tanto desde lo técnico como desde lo social”. Y posteriormente, entre los objetivos propuestos se encuentra: “Formar ingenieros socialmente responsables, comprometidos con el medioambiente y el desarrollo sustentable y sostenido de la sociedad en la que vive, comprendiendo y respetando las diferencias” (CONFEDI, 2010).

En 2013 la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería, en la ciudad de Valparaíso, efectúa su Declaración donde establece las 10 Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, y la número 8, señala:

“Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global” (ASIBEI, 2013).

Asimismo, ASIBEI, en 2014 promulgó el Perfil del Ingeniero Iberoamericano, y el mismo comprende las Dimensiones Académica, Profesional, Ambiental y Social y afirma:

“En la dimensión ambiental confluyen los conocimientos del entorno y de la tecnología pertinente y adecuada para la elaboración y desarrollo de proyectos de ingeniería que preserven y sostengan el medio ambiente. Es fundamental que los ingenieros iberoamericanos identifi-

quen los límites propios de la naturaleza y prevean de la mejor manera posible la magnitud de los efectos y alteraciones en los ecosistemas que puedan ser generados por sus proyectos, buscando siempre el equilibrio propicio entre la producción, el consumo, y el uso de los recursos disponibles” (ASIBEI, 2014).

Bajo la dimensión ambiental, el ingeniero iberoamericano adquirirá varias capacidades, entre ellas:

“Contribuir a controlar y minimizar el impacto de las obras y proyectos de ingeniería sobre el cambio climático, la explotación de recursos no renovables, el uso del agua, la generación de desechos, entre otras variables ambientales especialmente sensibles en la región. Buscar el equilibrio entre los distintos aspectos del desarrollo humano, la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente desde una perspectiva sustentable, atendiendo los derechos de las generaciones futuras” (ASIBEI, 2014).

Las Naciones Unidas, en 2015 emitió la Declaración y el Programa “La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible”. Dichas acciones se constituyeron en normativas de acción para todos los países y organizaciones internacionales y locales, generando numerosos proyectos en todas las áreas, y también en las educativas y en las universidades. Dicha Declaración cuenta con 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) con sus respectivos indicadores, que comprenden todas las áreas de la vida humana y social. Dichos ODS hoy orientan todos los planes formativos de las carreras profesio-

cionales del mundo en todos los países (Naciones Unidas, 2015).

El Ministerio de Educación de la Nación, en 2021, promulgó 25 Resoluciones correspondientes a las condiciones para las nuevas Acreditaciones de las carreras. Así, en los fundamentos de la carrera de Ingeniería Civil, señala que se deben encontrar en el currículo los fundamentos “para garantizar, integralmente, que la intervención profesional del graduado no compromete el interés público ni el desarrollo sostenible, en tanto satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, considerando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social” (ME, Res.1549/2021).

Y entre las capacidades transversales que tiene que contar el Plan formativo de Ingeniería Civil, figuran: “Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local” ((ME, Res.1549/2021).

En 2020, UNESCO y el Centro Internacional para la Educación en Ingeniería (ICEE) con sede en la Universidad de Tshinghua, Pekin, China, emitió el segundo Informe sobre Ingeniería, denominado “Ingeniería para el desarrollo sustentable” (UNESCO-ICEE, 2020).

Este documento brinda numerosas orientaciones formativas y pedagógicas para la formación de profesionales, analizando cada uno de los 17 ODS con apreciaciones específicas sobre el ejercicio profesional. En todas las instituciones educativas de Ingeniería se está in-

corporando en su plan curricular estas orientaciones.

En relación a ello, UTN y UTN FRBB han creado nuevos Programas y Áreas institucionales para el desarrollo estructural de los ODS en todos los órdenes y varios integrantes de este equipo conforman parte de dichos emprendimientos.

Tanto a nivel Universidad, desde el Programa UTN Sustentable, como a nivel Facultad desde el Área ODS, UTN FRBB participa, programa y anima un proyecto integral con diversas actividades destinadas a concientizar y sensibilizar a la comunidad tecnológica en su conjunto sobre los ODS y su impacto sobre y desde las propias actividades

2.2 INGENIERÍA Y SOCIEDAD, PID FIIT II Y EXPERIENCIAS APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ESTUDIANTE

La Asignatura Ingeniería y Sociedad corresponde al Bloque de Ciencias Tecnológicas-Complementarias en los nuevos diseños curriculares de las carreras de Ingeniería, y entre sus objetivos se encuentra: “Interpretar la ciencia y la tecnología desde los paradigmas actuales y comprender el vínculo que tienen con el desarrollo y la sostenibilidad, en el contexto nacional e internacional actual; Analizar el desempeño de la ingeniería desde el punto de vista de la ética, la responsabilidad profesional y el compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global” (UTN, CS, Ordenanza 1853/2022).

La misma se desarrolla en el primer nivel de estudios y brinda una formación de fundamentos básicos sobre el ser y el ejercicio de la profesión de Ingeniería, teniendo entre sus Saberes principales: “Ciencia, tecnología, industria y desarrollo sostenibles; Dimensión e impacto social de la ingeniería; y

Políticas para el desarrollo nacional y regional”, ejes de suma vinculación con los ODS. Desde la asignatura se desarrollan estos ejes a través de Resultados de Aprendizaje principales y menores que integran los saberes en diversas actividades de aprendizaje y evaluación, tanto presenciales como virtuales, habiéndose intensificado estas últimas durante la pandemia por Covid-19.

Cada Comisión realiza entre 4 y 7 Trabajos prácticos con diversidad de características, incluyendo una Jornada en el Parque Industrial que ya hace 10 años se viene realizando. La Cátedra cuenta con 7 comisiones y un equipo de docentes y auxiliares que además del desarrollo académico efectúan actividades de investigación. Los criterios de evaluación acompañan el proceso formativo y también se constituyen en herramientas principales de los y las estudiantes para alcanzar un cursado cada vez más autónomo.

En este contexto, la asignatura participa del Proyecto de Investigación y Desarrollo que realizan equipos docentes de los primeros años de las Facultades Regionales de Avellaneda, Bahía Blanca y Trenque Lauquen de UTN para analizar la incidencia de los factores pedagógicos y las actividades centradas en el estudiante en las carreras de Ingeniería. El mismo fue homologado por Disposición SCYT UTN 148/2019 bajo la denominación de PID UTNIFN7736 "Formación inicial en Ingenierías y carreras tecnológicas: aprendizaje centrado en el estudiante con competencias y TIC"(PID FIIT II) y se desarrolla entre 2020 y 2022, aunque se ha solicitado un año de prórroga más. Los dos primeros años fueron virtuales.

Participan del PID asignaturas de los primeros años y los objetivos generales son: 1. Comprender la incidencia de los factores académicos en los procesos formativos de los estudiantes de los primeros años en UTN FRA, FRBB y FRTL y 2. Establecer los aportes del aprendizaje activo, centrado en el estudiante, con incorporación de competencias y empleo de TIC en los procesos formativos de los primeros años a través del trabajo colaborativo.

El PID se organiza en dos ejes de trabajo: 1: estudio de factores pedagógicos que favorecen o dificultan el aprendizaje y 2: aprendizaje centrado en el estudiante con competencias y TIC. El primero tiene un enfoque descriptivo y busca establecer tendencias y correlaciones entre los factores pedagógicos (Bisquerra Alzina, 2009) y el segundo eje es de cambio educativo y mejora y estudia la incidencia de las experiencias centradas en el estudiante y el desarrollo de competencias genéricas. Ambos son complementarios. El proyecto también está animado desde investigación-acción educativa, por ser un trabajo colaborativo con la finalidad de mejorar la práctica docente a

través de ciclos de acción y reflexión.

En este estudio, el trabajo se centra en el eje 2. y a nivel operativo, corresponde el empleo del Formulario 2 donde se registran y analizan las actividades realizadas, las competencias genéricas desarrolladas, los recursos tecnológicos implementados y los resultados parciales.

Su análisis permite evidenciar los logros y las dificultades para su mejora. La interacción entre los equipos se da de modo presencial, con reuniones virtuales y a través de 8 aulas virtuales, organizado por el equipo de dirección con coordinaciones locales.

En este trabajo se presentan avances de estudios sobre el Eje 2, sobre las Actividades centradas en el estudiante (ACE), competencias genéricas y TIC, de cuatro comisiones de Ingeniería y Sociedad, sobre la formación en capacidades vinculadas con los ODS.

El Aprendizaje Centrado en el Estudiante implica la organización de los procesos formativos para que los estudiantes sean protagonistas y descubridores de sus aprendizajes, desde su propio interés y motivación. Ello exige que la organización curricular y la programación promuevan el desarrollo de experiencias activas que articulan los saberes conceptuales, prácticos y actitudinales en una interacción permanente entre estudiantes y profesores con relación a problemáticas crecientes de la profesión. Por su parte, Cukierman (2018) señala que las características del ACE son: la sujeción a un aprendizaje más activo que pasivo, un énfasis en el aprendizaje profundo y la comprensión, un incremento en la responsabilidad del estudiante, un incremento en el sentido de la autonomía del estudiante, una interdependencia entre el profesor y el estudiante, respeto mutuo en el mar-

co de la relación estudiante-profesor, y un abordaje reflexivo al proceso de enseñanza y aprendizaje tanto del profesor como del estudiante.

En relación a las competencias genéricas, para CONFEDI (2006) la competencia es “la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”. Y entre las 10 competencias genéricas de egreso que estableció ASIBEI (2013), recordamos que la

octava hace referencia a los ODS: “Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global”.

Estos tópicos se tienen en cuenta tanto en Ingeniería y Sociedad, como en el PID FIIT II, como marco teórico de referencia al momento de tomar decisiones en cuanto a contenidos, actividades e instrumentos de evaluación que el cuerpo docente diseña en cada asignatura.

2.3 EXPERIENCIAS DE FORMACIÓN EN ODS EN INGENIERÍA Y SOCIEDAD

Se presenta una experiencia de aprendizaje en la asignatura, que se desarrolla con diversidad de matices en las Comisiones 12, 13, 14 y 16.

La experiencia tiene diversas denominaciones: “Problemas sociales contemporáneos y ODS” (Com. 13), “Ingeniería y ODS en industrias” (Com. 12 y 14) e “Ingeniería y Desarrollo Sostenible” (Com. 16).

El enfoque que se propone en todos los casos es de descubrir la presencia de temáticas vinculadas con los ODS en contextos sociales e industriales-productivos y efectuar un análisis en relación con la profesión de Ingeniería teniendo en cuenta el marco conceptual señalado precedentemente y distintos aportes de los y las profesoras, según el tipo de modalidad de Ingeniería que ejercen, entre otros aspectos.

En las cuatro asignaturas la evolución del enfoque del Desarrollo como programa nacional e internacional es trabajado desde lecturas que efectúan los estudiantes o profundizan en seleccionados sitios web de las entidades de formación de ingenieros señaladas precedentemente. En casi todas las comisiones se tiene en cuenta un material elaborado por Sartor (2015), anterior docente integrante de este equipo. Luego, los temas son abordados en las clases, en base a consignas de trabajo para concurrir con conocimiento de los temas y aportando ejemplos y análisis. Se recuerda que se presentan experiencias realizadas en clases virtuales, entre 2020 y 2021.

En las Comisiones 12 y 14, luego de la consigna sobre la lectura de los textos y sitios web, en la clase virtual se invitó a los estudiantes a comentar los conceptos más re-

levantes y los profesores efectuaron aportes orientadores, entre otros vinculando y contrastando las fuentes empleadas, sobre todo por su complementariedad y evolución.

Posteriormente, el trabajo consistió en analizar en clase casos que trajeron los y las estudiantes y también que aportaron los profesores. Allí, se comentaron varios ejemplos y se efectúan aplicaciones de los textos leídos, a veces se los hizo trabajar en equipos, de modo virtual. y también los y las profesoras brindaban diversos aportes de la profesión, en relación a los 17 ODS y su implementación con la Ingeniería. En algunos casos se les propuso que trabajen en equipos y que en la clase siguiente traigan ejemplos de aplicación con más fundamento, ya que se generaban interesante diálogos con sumo interés de los y las estudiantes por participar en estos análisis.

En el caso de la Comisión 13 se les propuso trabajar en modalidad grupal (máximo de 3 integrantes por grupo) con diversas presentaciones en el aula virtual respetando las pautas de tiempo y forma establecidas por la cátedra. Se les indicó la realización de dos tareas.

La primera fue “la identificación y análisis de un problema contemporáneo”. A partir de la lluvia de ideas desarrollada en clase seleccionar uno de los problemas identificados e investigar sobre el mismo en distintas fuentes: diarios, sitios web, material de soporte sugerido, etc. Analizar el problema a partir de la reflexión acerca de considerar: ¿cómo surge?, ¿cuándo se evidencia?, ¿por qué?, ¿cuáles son los actores involucrados en el mismo?.

La segunda actividad fue “la selección y análisis de un tema musical” en el cual se trate el problema seleccionado en el punto

anterior y responder el siguiente cuestionario:

- a. Identificar: Nombre, compositor, intérprete. Año de creación. País de origen del compositor. Idioma original del tema musical. Género musical.
- b. ¿Qué términos son utilizados para referirse a este problema?
- c. ¿Cuántas veces se enuncia el problema durante el desarrollo del tema musical?
- d. ¿En qué momento histórico se ambienta el tema musical?
- e. ¿Cuál considera que es el mensaje que desea transmitir el autor?

Emplear la música como un instrumento de educación, permite formar en valores educativos específicos que contribuyen a entender su significado y su valor educativo y a mejorar las decisiones de cada persona respecto de sus acciones y sentido de vida. (Ferrando, 2018).

Como tercera actividad se tiene que “abordar el problema desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)”. A partir del análisis desarrollado anteriormente, identificar cuáles son los ODS que abordan este problema. Visualizar cuáles son las metas propuestas para alcanzar los objetivos y cuáles los indicadores para el monitoreo de su cumplimiento. Identificar y analizar cómo estas metas e indicadores planteados a nivel global son adaptados en el ámbito territorial.

Finalmente, una cuarta actividad exige “el diseño de un proyecto de emprendimiento”, que integre actividades propias de la ingeniería. Identificar el servicio y/o producto ofrecido, grupo objetivo, etc. Analizar la relación entre la startup propuesta y los ODS identificando a qué objetivo/s contribuye, cuáles son las me-

tas a las que aportaría soluciones y cuáles los indicadores de éxito.

Estas actividades se fueron presentando en el aula virtual de la asignatura en distintas tareas, y al final, cada equipo presentaba un mapa conceptual en soporte digital en el que se consigna análisis, relaciones y conclusiones de las cuatro tareas para una puesta en común y discusión.

Asimismo, tuvieron que elaborar un video de presentación de este mapa conceptual, con una duración máxima de 5 minutos y enviado al aula virtual.

Finalmente, las Comisiones 12 y 16 de UTN FRBB en los años anteriores a la pandemia, en el marco del PID interfacultad, realizaban una actividad en conjunto con Comisiones de UTN FRAvellaneda sobre “Ingeniería y Desarrollo Sostenible”. La misma comprendía una guía de trabajo en común, donde se indicaba que el trabajo era en equipos en cada Facultad y la consigna de trabajo consistía en implementar el método de investigación científica para conocer cómo implementaba alguna industria local los 17 ODS.

Ello comprendía diversas etapas de presentación del anteproyecto a los equipos docentes para orientar en los ajustes necesarios. Posteriormente buscaban la información a través de sitios Web o, en algunos casos con entrevistas o visitas a las empresas estudiadas. Seguidamente, la guía indicaba las condiciones para la presentación del Informe con características similares para ambos grupos y los equipos presentaban en el aula virtual los trabajos y los mismos fueron enviados por correo electrónico a los

profesores de la otra Regional. Una vez recibidos, eran subidos en una carpeta en el aula virtual de la otra Facultad y estaban a disposición de los y las estudiantes.

Cada equipo debía seleccionar un trabajo y realizar una coevaluación indicando qué relación presentaba el tema del informe con el que ellos habían efectuado, qué diferencias encontraban y qué aportes o sugerencias deseaban realizar. Estas valoraciones se subían en un Foro en el aula virtual de cada Regional, y posteriormente eran enviadas a los estudiantes de la otra Regional.

Estas monografías manifestaban un importante trabajo sobre temas como Ciencia, Tecnología y Desarrollo en el contexto local. Eran producciones interesantes con diversidad de aplicaciones a temas del medio ambiente, energías limpias o verdes y paulatinamente a los ODS. Incluso, se veía, en algunos casos, el empleo de ecuaciones algebraica con un análisis crítico de los procesos para lograr bajar emisiones y analizando los recursos necesarios para esa nueva energía limpia y los nuevos residuos que se generan. Luego, en las aulas, era apasionante presenciar las discusiones, los puntos de vistas y la formación centrada en el alumno construyendo el futuro de la humanidad.

Esta actividad, en el 2020 quiso continuarse, pero en el marco de los cambios de modalidad de cursado, por la pandemia por Covid-19, fue dificultoso, entonces, se realizó un análisis de los casos y ejemplos de aplicación de los ODS en cada realidad local, y del mismo modo continuó en 2021.

2.4 JORNADAS PLATEC (2020-2021)

En el año 2006 UTN FRBB y el Parque Industrial Bahía Blanca crean e inician el Centro de Certificación y Capacitación de Competencias (C4P) en las instalaciones del Parque con la Escuela de Soldadura a cargo de la carrera Ingeniería Mecánica. En 2010 se elabora el Proyecto sobre una Plataforma Tecnológica (PLATEC) donde se incorpora también la Municipalidad de Bahía Blanca, y ello es inaugurado años siguientes, donde, además de CP4 se encuentra la Unidad de Desarrollo Industrial y Tecnológico (UDITEC) y se está desarrollando un Laboratorio de ensayos, automatización y control (LABTEC) y una Incubadora de Empresas Tecnológicas (INCUBATEC), además de otras en estudio.

En ese marco, desde 2013 la asignatura Ingeniería y Sociedad viene desarrollando una Jornada por cuatrimestre, de formación integradora en PLATEC con todas las comisiones. Se realizan en forma presencial y durante 2020 y 2021 tomaron la modalidad virtual.

El objetivo de las mismas es contrastar, profundizar e integrar los aprendizajes que se brindan en la asignatura en dicho contexto profesional tecnológico, especialmente en contacto con industriales, ingenieros y estudiantes avanzados que realizan actividades de proyectos tecnológicos allí.

Los y las estudiantes previamente realizan un trabajo de preparación conociendo características de los Parques Industriales en Argentina, Provincia de Buenos Aires y en la ciudad, reflexionan acerca de modelos de “desarrollo endógeno” (Madoery, 2005), lo relacionan con las nuevas Actividades Re-

servadas y Competencias de cada carrera de Ingeniería y con la Agenda 2030 de los 17 ODS.

En la Jornada se efectúan algunas recorridas en industrias y se dialoga con los profesionales en las instalaciones del C4P y UDITEC con enriquecedores intercambios y aportes.

Entre las preguntas planteadas de estudio y trabajo se presentan: ¿Cómo se vinculan los Objetivos del Desarrollo Sostenible con la industrialización e Ingeniería? ¿Cuáles son las funciones que desempeñan los ingenieros de cada especialidad en industrias de los parques industriales argentinos actualmente?, ¿cómo se vinculan el desarrollo, el conocimiento y tecnología?, ¿qué implica el “desarrollo endógeno” según Madoery?

Durante 2020 y 2021 las Jornadas tuvieron como tema principal “Ingeniería, parques industriales, desarrollo sostenible y PLATEC”, destacando el valor integrador de dichos temas, y se contó con la presencia del Presidente del Parque Industrial, Vicedecano UTN FRBB, Ing.A.Staffa, Directora Técnica Bs.As.del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Lic. M. Campanaro (2020), L.Torregiani y F.Martínez (2021); Coordinador Técnico de IRAM, Ing. J.A.Garat (2020 y 2021), responsables de empresas locales (Sr.D.Zapperi, Multiequip, -2020-, Ing.M.Mu-sotto de Resener -2021-), además de D.Gallego, P.Girón, responsables de UDITEC y los becarios y becarias participantes.

Posteriormente a las Jornadas se realizan integraciones y evaluaciones de la Jornada.

3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto de las actividades realizadas en clase por los grupos de las cuatro Comisiones estudiadas, se aprecia un alto cumplimiento de las consignas en la realización de las tareas. Casi todos presentaron sus trabajos, según las modalidades comentadas, pero con buen nivel de participación, tanto en la producción de los Informes (Com. 16), de los esquemas conceptuales y videos (Com. 13), como en la presentación de casos y ejemplos en clase (Com. 12 y 14).

También los trabajos evidencian pertinencia de los planteos y análisis por parte de los y las estudiantes frente a los temas elegidos, con gran sensibilidad de los y las estudiantes sobre Ingeniería y ODS. Se destaca que pudieron ubicar adecuadamente empresas, casos, ejemplos, por lo general locales de la región de Bahía Blanca, acudiendo a diversas fuentes de información.

Asimismo, muestran originalidad en hacer referencia a temas nuevos vinculados con la tecnología y la Ingeniería, como nuevos materiales, consumo eficiente de energía, consecuencias en salud, educación, movilidad, diversas problemáticas sobre la contaminación del aire, el agua y la tierra, entre otros.

También se aprecia el buen empleo de nuevas herramientas de trabajo virtual e interactivo para la producción de las tareas y la presentación de las mismas. En los análisis y debates en clase y en los foros, se apreció buena participación con criterios adecuados y respetuosos entre ellos, además de enriquecedores intercambios con los y las profesoras.

Algunas limitaciones que se aprecian están relacionadas con la capacidad de lectura e incorporación de conceptos ya que diversos textos y materiales fueron empleados pero en intensidad relativa. No siempre leen, sintetizan y se apropian de los documentos o materiales de lectura y se evidencia en algunos análisis de los temas. Se evidencia que los estudiantes actuales son muy visuales y menos lectores analíticos.

Respecto de las Jornadas PLATEC se aprecia la presencia de casi todos los estudiantes de las cuatro Comisiones en las mismas tanto en 2020 como en 2021, incluso, en el segundo año se compartió la experiencia con estudiantes de otras Regionales UTN. Se evidenció suma atención aunque fueron en forma virtual y con adecuado comportamiento, en términos de saludos por chat a los responsables y autoridades presentes. También, algunos, en cada Jornada, efectuaron preguntas y comentarios con los expositores, incluso con reflexiones sobre lo tratado.

Entre los resultados de las encuestas, en promedio, entre 2020 y 2021, se aprecia que el 55% señaló que fueron Bastante formativas y el 45% Muy formativas. El 64% señaló que resultaron Bastante motivadoras y el 36% Muy motivadoras (es de destacar que no hay valores sobre Nada o Algo formativas).

Respecto a contrastar y profundizar los saberes hubo respuestas similares: sobre parques industriales señalaron: 14% Algo, 65% Bastante y 21% Mucho. De modo similar fue para PLATEC y Tecnología Industrial. Sobre la profesión de Ingeniería y ODS

expresaron: 20% Algo, 54% Bastante y 26% Mucho.

En cuanto a los encuentros con los y las Ingenieras, industriales, profesionales de INTI e IRAM y responsables y becarios de PLATEC, se destaca la similitud, en promedio, del 12% Algo, 59% Bastante y 29% Mucho.

Entre las expresiones de aprecio por las Jornadas, se evidencian: “El mayor aporte fue la motivación, estando en primer año uno todavía no ve cosas relacionadas a las actividades reservadas, pero después de ver a todos los ingenieros hacer las cosas que les gustan, es más motivador.” “La responsabilidad como estudiantes y futuros profesionales en el desarrollo de la sociedad, la importancia de nuestras

decisiones dentro de ámbitos laborales y de estudio.

Además, se pudo ver el ingenio de cada estudiante becario en sus proyectos e ideas para la mejora de la ciudad, el país o incluso el mundo”.

El análisis evidencia el valor de estas actividades en la formación de los y las futuras ingenieras, y también del protagonismo y la participación evidenciada que genera procesos de afianzamiento en su carrera y su próxima profesión.

4

CONCLUSIONES

- Los desafíos que los ODS exigen al presente y al futuro intervenciones en todos los campos de la vida humana y social. Desde la Asignatura Ingeniería y Sociedad y el PID FIIT II se vienen desarrollando estos aportes centrados en el protagonismo e involucramiento de los y las estudiantes con la realidad social concreta. Es de destacar el interés y el involucramiento de los y las futuras Ingenieras en estas temáticas.
- Los nuevos diseños curriculares de las Ingenierías demandan mayores

esfuerzos en este sentido y se está atento a incorporar mejoras para el mejor desarrollo de las competencias genéricas y específicas de los futuros Ingenieros.

- Este equipo agradece al apoyo que brindan los responsables de PLATEC para la realización de las Jornada que se realizan anualmente. Y desea establecer vínculos con otros equipos docentes que desarrollan actividades similares para efectuar transferencias académicas.

5

BIBLIOGRAFÍA

ASIBEI (2013). Declaración de Valparaíso. Valparaíso; ASIBEI (2014). Perfil del Ingeniero Iberoamericano. Bogotá: ASIBEI.

Bizquerra Alzina, R. (Coord.). (2009). Metodología de la investigación educativa. Madrid: La Muralla.

CONFEDI (2006). Acuerdo sobre competencias genéricas. Buenos Aires: CONFEDI (2010). La formación del ingeniero para el desarrollo sostenible. Buenos Aires: Confedi. Cukierman, U. (2018). Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible de la educación en Ingeniería. Buenos Aires: UTN FRBA.

Ferrando, K; Paez, O. (2018) Experiencia de actividad orientada a la formación de ingenieros para el desarrollo sustentable. En IV Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Provincia de Córdoba. Argentina.

Madoery, O. (2005). "4. Conclusión" en La primera generación de políticas locales de desarrollo en Argentina: Contexto, características y desafíos. General San Martín. CEDET, Universidad Nac, Gral. San Martín.

Ministerio de Educación (2021). Resolución N° 1549/2021. Lineamientos para la Acreditación de la carrera de Ingeniería Civil. Buenos Aires. Ministerio de Educación.

Naciones Unidas (2015). La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Washington: Naciones Unidas.

Sartor, A. (2015). Modelos de desarrollo. Bahía Blanca, Apunte de Cátedra.

UNESCO (2010). Ingeniería: Problemas, Desafíos y Oportunidades para el Desarrollo. Paris: UNESCO.

(2020). Ingeniero para el desarrollo sustentable. Paris, UNESCO-Centro Internacional para la Educación en Ingeniería (ICEE), Universidad de Tshinghua.

APORTES TEÓRICOS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE INGENIERÍA ORIENTADOS HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

 Karina Ferrando ¹, Olga Páez ²
y Jorge Forno ³

RESUMEN

El enfoque de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología es el marco teórico que desde hace años se implementa en la asignatura. Nos encontramos ante la necesidad de afrontar los desafíos crecientes que representan el avance de la digitalización y la economía global, así como el cuidado de los recursos naturales y el ambiente. Por ello, adquiere relevancia el incluir en la formación de los futuros profesionales de ingeniería herramientas teóricas que les permitan comprender los fenómenos de inclusión/exclusión social, así como promover, diseñar e implementar tecnologías dirigidas a solucionar esos problemas sociales teniendo en cuenta a las comunidades locales y sus saberes, así como modelos alternativos de desarrollo económico. Para ello revisamos bibliografía actualizada que nos permita trabajar estos problemas en nuestros cursos. Según Hernán Thomas (2012) las “tecnologías para la inclusión social” (TIS) se definen como “formas de diseñar, desarrollar, implementar y gestionar tecnologías orientadas a resolver problemas sociales y ambientales, generando dinámicas sociales y económicas de inclusión social y de desarrollo sustentable”. Así están presentes en áreas clave como alimentación, vivienda, energía, agua potable, salud, transporte, comunicaciones, entre otras.

Por otro lado, la Economía circular constituye un nuevo paradigma que busca compatibilizar el crecimiento económico y la sustentabilidad ambiental, dando lugar a actores generalmente excluidos de los modelos tradicionales de la economía capitalista, como las ONGs, las cooperativas,

las pequeñas empresas y los recicladores urbanos.

En este trabajo presentamos elementos para construir un marco teórico que brinde a la población estudiantil herramientas para abordar el diseño de tecnologías inclusivas y sustentables y su uso y condiciones de acceso de manera contextualizada.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo sostenible, Formación de ingenieros, Economía circular, Tecnologías para el desarrollo inclusivo y sustentable

1 INTRODUCCIÓN

Al promediar la década del noventa, asignaturas con contenidos introductorios y complementarios como Introducción a la Ingeniería o Ingeniería y Sociedad se fueron incorporando a las carreras de ingeniería en la Argentina, a partir de los procesos de reforma en los diseños curriculares. El propósito de estas asignaturas es brindar una enseñanza de la profesión más contextualizada, que permita a los futuros egresados la comprensión de su actividad profesional en el marco de sus vinculaciones sociales, culturales, económicas y ambientales.

En ese sentido la Universidad Tecnológica Nacional incorporó en 1995 la asignatura Ingeniería y Sociedad, con carácter obligatorio en el primer año de las carreras de Ingeniería para todas las especialidades, de carácter anual y pertenece al Área de Ciencias Sociales.

Desde este espacio curricular se promueve trabajar en torno a la articulación de las relaciones entre la sociedad, la tecnología y

el trabajo profesional, llevando al estudiante a analizar los problemas de la sociedad, en relación con su futura profesión. En esa dirección el enfoque de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (ECTS) es el marco teórico que desde hace varios años se viene trabajando en la Facultad Regional Avellaneda.

En este trabajo presentamos una mirada preliminar acerca de incorporación del enfoque de tecnologías para el desarrollo inclusivo sustentable (TDIS) como parte de los contenidos a trabajar en la asignatura Ingeniería y Sociedad. También planteamos la relevancia de este abordaje teórico en relación a misión, visión y fines que la Universidad Tecnológica Nacional fija en su Estatuto. Además, exploramos la posibilidad de definir nuevos roles para los ingenieros como actores clave en la toma de decisiones a partir del avance que ha tenido el último tiempo en el campo de las tecnologías para el desarrollo inclusivo sustentable.

2 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

Reafirmando la necesidad de un abordaje amplio en la formación de profesionales de la ingeniería y ante la multiplicidad de problemas sociales que afectan a nuestra

región creemos relevante incluir en la asignatura herramientas teóricas que les permitan comprender las dinámicas de inclusión/exclusión social, así como promover, dise-

ñar e implementar tecnologías dirigidas a solucionar esos problemas sociales.

Realizamos nuestro análisis desde el campo disciplinar de los ECTS, cuyos contenidos consideramos pertinentes para la formación de un Ingeniero pero que solo en algunos casos aislados aparecen en los diseños curriculares de estas carreras bajo la denominación de formación complementaria. La metodología de investigación elegida para desarrollar este trabajo es de tipo descriptiva. El abordaje teórico se realiza desde la construcción social de la tecnología y las TDIS.

Las TDIS no solo se destinan a resolver problemas puntuales. Son protagonistas de procesos de cambios sociales, políticos, económicos y culturales. Partiendo de la noción de que todas las sociedades son tecnológicas y todas las tecnologías son sociales el enfoque TDIS propone para la resolución de problemas sociales y ambientales una concepción amplia en la cual los artefactos se pueden entender como híbridos de cultura y tecnología. Así las soluciones serán situadas, construidas en base a distintos saberes (científicos, tecnológicos, conocimientos locales codificados o tácitos, prácticas sociales, entre otros).

3 METODOLOGÍA

La metodología de investigación elegida para desarrollar este trabajo es de tipo descriptiva. El abordaje teórico se realiza desde la construcción social de la tecnología y las TDIS. Para ello abordaremos los conceptos de desarrollo y su relación con la profesión de ingeniero, la mirada artefactual y sistémica de la tecnología y su relación con los nuevos estándares propuestos para la formación de los ingenieros en Argentina y con el Estatuto que rige el funcionamiento de la Universidad Tecnológica Nacional.

El desafío teórico y pedagógico es articular los nuevos contenidos teóricos relacionados con los cambios sociales y tecno-productivos con los estándares requeridos de formación, en el marco de la formación complementaria, que es aquella que agru-

pa las asignaturas que comprenden los conocimientos complementarios a la especialidad y que hacen a la formación integral del ingeniero.

Nos proponemos poner en diálogo los requisitos de formación fijados desde CONFEDI, con el marco teórico de algunos conceptos de los estudios CTS, que encontramos acorde a la definición de ingeniería y los propósitos de formación general que se han definido para nuestro país. Así presentaremos algunos conceptos y temas que se describen colocándolos en relación con su aporte a lo que consideramos formación integral de ingenieros.

3.1 EL ESTATUTO DE LA UTN

En la actualidad la actividad profesional del ingeniero debe tener en cuenta los factores culturales, sociales y organizacionales en igualdad de plano con los conocimientos científicos y tecnológicos. Frente a la multiplicidad de cuestiones ambientales, sociales y económicas que debe afrontar el ejercicio de la profesión no sólo se trata de aplicar el conocimiento científico y tecnológico sino además de tener en cuenta el entorno social y los problemas locales o regionales para los cuales se diseñan soluciones ingenieriles.

Muchas de estas cuestiones aparecen plasmadas en el Estatuto de la UTN (2011). En particular el Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional, especifica la UTN “ha sido concebida desde su comienzo como una institución abierta a todos los hombres capaces de contribuir al proceso de la economía argentina, con clara conciencia de su compromiso con el bienestar y la justicia social, su respeto por la ciencia y la cultura, y la necesidad de su aporte al progreso de la Nación y las regiones que la componen, reivindicando los valores imprescriptibles de la libertad y la dignidad del hombre, los cimientos de la cultura nacional que hacen a la identidad del pueblo argentino y la integración armónica de los sectores sociales que la componen.”

A la luz de dicha visión, la UTN ha consagrado como su misión el “crear, preservar y transmitir los productos de los campos científico, tecnológico y cultural para la formación plena del hombre como sujeto destinatario de esa cultura y de la técnica, extendiendo su accionar a la comunidad y

contribuyendo a su desarrollo y transformación.” (art. 2º del Estatuto).

Y a tales fines, la Institución se propuso alcanzar los objetivos que se detallan a continuación: En relación con lo académico:

- a) Preparar profesionales en el ámbito de la tecnología capaces de actuar con eficiencia, responsabilidad, creatividad, sentido crítico y responsabilidad social, para satisfacer las necesidades del medio socio productivo y para generar y emprender alternativas innovadoras que promuevan sustentablemente el desarrollo económico nacional y regional, en un marco de justicia y solidaridad social;
- b) Promover y desarrollar estudios e investigaciones, contribuyendo el mejoramiento y desarrollo de la riqueza nacional, la prestación de asistencia técnica a entidades públicas y privadas para el fomento de la producción.

En relación con lo regional y local:

- c) Extender sus acciones y servicios a todas las regiones y localidades del país que son asiento de sus distintas dependencias académicas, respondiendo a su carácter federal y a un desarrollo territorialmente equilibrado.

En relación con lo nacional:

- d) Fomentar el desarrollo autónomo y sustentable de la industria argentina y la con-

solidación del sector de las Pymes como fuente sustancial de empleo, de aporte al mercado interno y a la exportación.

En relación con lo internacional:

e) Incrementar su presencia en el contexto internacional a través de la vinculación con instituciones y organizaciones relacionadas con la enseñanza de la ingeniería y con toda otra área de conocimiento, propiciando espacios de diálogo, intercambio de experiencias, concertando políticas y articulaciones a fin de promover su protagonismo frente a los desafíos de la sociedad internacional.

En relación con lo científico tecnológico:

f) Desarrollar la investigación, definiendo y priorizando modos de acción que sirvan a

sus intereses y que promuevan el bienestar de la sociedad y el desarrollo productivo del país. En relación con lo social: Extender sus acciones y sus servicios a la comunidad con el fin de contribuir a su pleno desarrollo y a su transformación hacia una forma de sociedad más solidaria que brinde una mejor calidad de vida. Es por eso que la UTN consagra el derecho al ingreso irrestricto y a la gratuidad de la enseñanza en sus carreras de grado.

En relación con lo humanístico cultural:

g) Comprometerse en la formación integral de sus graduados, enriqueciendo los conocimientos científicos y tecnológicos con los productos de otras áreas de la cultura universal y nacional, y los valores éticos que definen a los hombres cabales y solidarios (art. 2º del Estatuto).

3.2 EL LIBRO ROJO DE CONFEDI Y LA VISIÓN AMPLIA DE LA TECNOLOGÍA

En 2018, luego de varias reuniones de especialistas, se redactó un documento para fijar los nuevos estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería en Argentina, este trabajo lo realizó el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) y se publicó con el título de Libro Rojo (2018). Aquí encontramos que Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan uti-

lizar, de manera óptima, materiales, conocimiento, y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de condiciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales, históricas y culturales.

Respecto de la Práctica de la Ingeniería se dice que comprende el estudio de factibilidad técnico económica, investigación, desarrollo e innovación, diseño, proyecto, modelación, construcción, pruebas, optimización, evaluación, gerenciamiento, di-

rección y operación de todo tipo de componentes, equipos, máquinas, instalaciones, edificios, obras civiles, sistemas y procesos. Las cuestiones relativas a la seguridad y la

preservación del medio ambiente constituyen aspectos fundamentales que la práctica de la ingeniería debe observar.

4

RESULTADOS

4.1 LOS INGENIEROS Y EL DESARROLLO NACIONAL Y REGIONAL

El concepto de desarrollo ha sido utilizado durante años de manera diversa y sus connotaciones han sido múltiples y cambiantes. Hasta poco después de la mitad del siglo XX, la mayoría de los países buscaban lograr un desarrollo científico - tecnológico en relación al crecimiento económico. El crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) o el crecimiento de las exportaciones de cada vez mayor valor agregado se convirtieron en muestras de esa noción de desarrollo, aunque sin medir sus consecuencias ni impactos.

Estos enfoques están en línea con las alternativas que se plantean en distintas naciones a fin de poder cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este conjunto de objetivos se generó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012. Los mismos constituyen desafíos ambientales, políticos y económicos, abarcan cuestiones que competen a la humanidad, sustituyen a los que se pensaron en el año

2000, Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM). Son 17, están vinculados entre sí, y han sido pensados para lograr sociedades inclusivas, dar respuesta al cambio climático, erradicar la pobreza, gestionar recursos naturales, reducir desigualdades, trabajar para economías más prósperas. Los ODS coincidieron con otro acuerdo histórico celebrado en 2015, el Acuerdo de París aprobado en la Conferencia sobre el Cambio Climático (COP21). Junto con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, firmado en el Japón en marzo de 2015, estos acuerdos proveen un conjunto de normas comunes y metas viables para reducir las emisiones de carbono, gestionar los riesgos del cambio climático y los desastres naturales, y reconstruir después de una crisis.

Las cuestiones ambientales aparecen en escena a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano. Esta conferencia que se realizó en Estocolmo en 1972 concluyó en una serie de 24

principios y lineamientos que se orientaban al derecho del hombre de disfrutar del medio ambiente, así como a la obligación de utilizar los recursos naturales en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Actualmente se entiende que el desarrollo es producto de la actividad humana, o sea de un complejo entramado de diferentes actores sociales, en el que intervienen la

ciencia, la tecnología y las cuestiones ambientales. Es así que nos interesa profundizar en cómo se forma a los ingenieros. No obstante tener en cuenta la noción de desarrollo, creemos conveniente indagar respecto de otras definiciones sobre las que debería fijarse un criterio común a partir del cual se garantice la inclusión de contenidos que lleven a su desarrollo en los diseños curriculares de ingeniería.

4.2 LA VISIÓN SISTÉMICA DE LA TECNOLOGÍA Y EL ENFOQUE TDIS

Una de las problemáticas en la formación de los futuros profesionales de la ingeniería es la de evitar una mirada meramente artefactual de la tecnología. Pacey (1990) introduce el concepto de visión de túnel. Para el autor la visión de túnel en actitudes frente a la tecnología se extiende mucho más allá de quienes han recibido educación especializada, pues afecta también la toma de decisiones políticas e influye en las expectativas populares. Agrega Pacey (1990) que “todos estos problemas (seguridad militar, contaminación, cura del cáncer) tienen un componente social. Abrigar la esperanza de una solución técnica para cualquiera de ellos, que no incluya medidas culturales y sociales, es moverse en un terreno ilusorio [...] Muchos profesionales de la tecnología son muy conscientes de que los problemas que enfrentan tienen implicaciones sociales, pero no saben con certeza la forma de manejarlos. Considerar únicamente los detalles técnicos y dejar de lado otros aspectos, es la opción más cómoda y, después de todo, la manera en que fueron educados”.

Resulta relevante en este punto el concepto de marco tecnológico planteado por Bi-

jker (2005). Un marco tecnológico incluye elementos de variada naturaleza; teorías aceptadas, estrategias de resolución de problemas y prácticas de uso que se ponen en relación para la solución de problemas. Las soluciones a los problemas están estrechamente vinculadas de la forma en el que el propio marco tecnológico define lo que es un problema, así como las estrategias disponibles para resolverlo. A partir de este concepto podemos pensar que la construcción de los problemas y sus soluciones por parte de los profesionales no son artefactuales, únicas ni universalmente aplicables. Según Thomas (2012) las tecnologías para la inclusión social se definen como “formas de diseñar, desarrollar, implementar y gestionar tecnologías orientadas a resolver problemas sociales y ambientales, generando dinámicas sociales y económicas de inclusión social y de desarrollo sustentable”. Para el autor estas abarcan tecnologías de distinto tipo, ya sea de producto, proceso o formas de organización. Así están presentes en áreas clave como alimentación, vivienda, energía, agua potable, salud, transporte, comunicaciones, entre otras.

Desde hace algunos años existen grupos de investigación que han producido conceptualizaciones para analizar el problema de la producción de tecnologías para el desarrollo inclusivo sustentable y buscan resolver una tensión implícita que emerge de este concepto. Esta es: si su misión y sentido es desarrollar tecnologías como soluciones a problemas de exclusión social de los pobres o tecnologías como componentes claves de estrategias inclusivas para todos.

Thomas (2012) plantea que en el enfoque TDIS los actores interactúan dentro de Sistemas Tecnológicos Sociales. Esta interacción, en la que los ingenieros juegan un rol central, puede implicar la gestación de dinámicas locales de innovación, la apertura de nuevas líneas de productos, de nuevas empresas productivas, además de novedosas formas de organización de la producción y de nuevas oportunidades de acumulación, así como la generación de nuevos sectores económicos, redes de usuarios intermedios y proveedores. Estas nuevas dinámicas pueden ocurrir tanto en el plano local

como en el regional o internacional. Señala el autor que su adopción como estrategia y política activa de desarrollo orientada a superar los problemas sociales y ambientales del conjunto de la población posibilitará la construcción de sistemas socio-económicos más justos en términos de distribución de renta, y más participativos en términos de toma de decisiones colectivas.

Las TDIS no solo se destinan a resolver problemas puntuales. Son protagonistas de procesos de cambios sociales, políticos, económicos y culturales. Partiendo de la noción de que todas las sociedades son tecnológicas y todas las tecnologías son sociales el enfoque TDIS propone para la resolución de problemas sociales y ambientales una concepción amplia en la cual los artefactos se pueden entender como híbridos de cultura y tecnología. Así las soluciones serán situadas, construidas en base a distintos saberes (científicos, tecnológicos, conocimientos locales codificados o tácitos, prácticas sociales, entre otros).

4.3 LA MIRADA DEL ENFOQUE TDIS, DESARROLLO Y ECONOMÍA CIRCULAR

La conceptualización de TDIS cuestiona la idea de que el desarrollo es solo impulsado por el crecimiento económico, la eficiencia o el capital. Becerra (2016) señala que desde este enfoque se proponen otras explicaciones al desarrollo como la ampliación de las capacidades (cognitivas y tecnológicas) de los individuos y las comunidades o la capacidad de reconocer subjetividades diferenciadas y, por lo tanto, adecuar las prácticas y

las formas de organizar la producción y circulación de bienes. En relación con el marco teórico y normativo de nuestra asignatura, consideramos que el ejercicio profesional de la ingeniería deberá tener en cuenta, en un futuro cercano, miradas sobre la economía que superen las visiones tradicionales de las que ya hemos hablado. Un aporte en ese sentido es el que proporciona el conocimiento acerca de la economía circular.

Según el documento marco del Laboratorio Abierto de Innovación y Economía Circular (LABI&EC), ésta ofrece una perspectiva que, en el contexto de una economía capitalista, permite gestionar los recursos, replanteando los modelos dominantes de producción y consumo basados en una perspectiva lineal de transformación, producción y descarte (LABI&EC, 2017). Ese replanteo tiene en cuenta un proceso en el que la economía se basa en el reaprovechamiento de los flujos materiales y energéticos disponibles para minimizar la extracción de recursos naturales y modificar los patrones culturales de consumo y descarte. En estas dinámicas intervienen actores diversos, y se ha logrado que las grandes corporaciones reconozcan e incorporen nuevas prácticas a sus negocios. Becerra (2016), plantea que

las visiones del desarrollo basadas en el aumento de la inversión, la expansión de la dotación tecnológica y la eficiencia no han logrado, salvo excepciones, generar dinámicas inclusivas. Señala, además, la existencia de modelos diferentes de desarrollo, impulsados en cada caso por la eficiencia, la tecnología, el capital, pero también por el reconocimiento de objetividades diferenciadas. Nuevos actores clave son reconocidos en estos procesos de desarrollo. Así cobran relevancia las ONGs, el Estado, las comunidades, las pequeñas empresas, las cooperativas e incluso la naturaleza. Plantea el autor que de esta manera se podría generar una red de relaciones mercado-no mercado que hagan sustentable el proceso de desarrollo inclusivo.

5 DISCUSIÓN

La redefinición del rol del ingeniero como gestor de proyectos de desarrollo local, en un marco de sustentabilidad y dinámicas de inclusión abarcativas es un desafío que está en línea con los postulados del Estatuto y los postulados del CONFEDI. Para afianzar estos propósitos es pertinente dotar a los futuros ingenieros de herramientas teóricas que les permitan comprender los fenómenos de inclusión/exclusión social, así como promover, diseñar e implementar tecnologías dirigidas a solucionar esos problemas sociales.

En ese sentido Durán, Corvera y Capdevila (2016) plantean que frente a la presencia de

dos visiones de la tecnología (artefactual y sistémica) en los programas de asignaturas introductorias a carreras de ingeniería, podemos observar un interés en algunos docentes de universidades nacionales y de la región, por instalar la visión sistémica considerando que es más adecuada para formar ingenieros más sensibles a cuestiones que si bien no son inherentes al objeto técnico en sí, contribuyen a las condiciones de su desarrollo, producción y uso.

De allí surge la propuesta de trabajar con el enfoque teórico de las Tecnologías para el Desarrollo Inclusivo Sustentable (TDIS). Este marco teórico continúa con las conceptua-

lizaciones sobre Tecnologías para la Inclusión Social (TIS).

La definición de Ingeniería y Práctica de la Ingeniería que aparece en los estándares del CONFEDI brindan la descripción conceptual de las características del graduado y constituyen la base para el análisis de las cuestiones atinentes a su formación. Esto lleva a la necesidad de proponer un currículo con un balance equilibrado de com-

petencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística. A partir de esto nos preguntamos si en efecto se contempla este equilibrio en los diseños actuales o si se tendrá en cuenta en los nuevos, que se están discutiendo en la actualidad.

6

CONCLUSIONES

- A lo largo de este trabajo hemos presentado:

El enfoque de TDIS como herramienta para la formación de ingenieros en aspectos clave para el ejercicio futuro de su profesión como la resolución de problemas sociales y ambientales. Esta herramienta resulta adecuada para que los futuros profesionales adquieran una visión amplia e integral de la ingeniería. También el enfoque permite presentar concepciones del desarrollo alejadas de las visiones meramente económicas y eficientista.

- En relación a la UTN observamos que este enfoque es útil para el cumplimiento de la misión que se fija en su Estatuto universitario. Al promover modelos de desarrollo

que incluyen a las ONGs, Pymes y comunidades locales apela a dinámicas de inclusión abarcativas y solidarias.

- La visión amplia de la tecnología proporcionada por el marco teórico TDIS nos resulta central para generar un modelo de desarrollo que incluya a los ingenieros como actores clave en la generación de tecnologías para la solución de los problemas sociales que aparecen con frecuencia en la región. Además de un problema ingenieril, el desarrollo e instalación de un artefacto es un problema cultural y administrativo. No tener en cuenta los aspectos no técnicos de los artefactos tecnológicos es lo que ha llevado al fracaso de numerosos proyectos de transferencia de tecnologías.

- El enfoque TDIS aparece como un contenido relevante para la visión ampliada de los problemas tecnológicos, aún más allá de lo previsto en el Estatuto de la UTN. Este aporte se extiende al papel de los futuros profesionales en la resolución de los múltiples problemas sociales y ambientales que afectan a nuestra región. Por estas características nos parece deseable su inclusión entre los contenidos de las asignaturas como Ingeniería y Sociedad o Introducción a la Ingeniería.
 - Presentar otras miradas alternativas a la noción hegemónica de desarrollo, que tengan en cuenta también el rol del estado, la comunidad, los individuos y las ONGs.
 - Estas propuestas incluyen la incorporación y análisis de los ODS y otras corrientes alternativas como ser la economía circular. López Cerezo y Valenti (2000) en su artículo sobre educación tecnológica
- en el siglo XXI plantean que ser un buen ingeniero no es sólo cuestión de conocimiento sino también de “saber hacer”. No basta con ser docto, sino que hay también que ser virtuoso. Hay valores tradicionales, como la eficacia, que definen la “virtud ingenieril” y que se reflejan en el resultado de la actividad. Son valores presentes en la educación tecnológica que no deberían ser descuidados. Pero en el mundo actual, donde la tecnología ha adquirido una extraordinaria relevancia pública y es objeto de un atento escrutinio social, hay otros valores que también deberían estar presentes en la educación de los ingenieros para hacer de estos unos profesionales adaptados a su tiempo.
- Como docentes e investigadores es nuestra responsabilidad garantizar que la formación de los profesionales de la ingeniería sea la más adecuada para los tiempos que corren.

5

BIBLIOGRAFÍA

Becerra, L. (2016). Análisis crítico de modelos de desarrollo, Documento de trabajo IESCT-UNQ N° 2, Bernal: IESCT-UNQ.

Bijker, W. (2005). ¿Cómo y por qué es importante la tecnología? En Redes Vol. 11 N° 21, IEC UNQ, pp. 21-23.

CONFEDI (2018), Libro Rojo. Web: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

Durán, G., Corvera, P. y Capdevila, L. (2016). Análisis de los contenidos, cargas horarias y bibliografía de las cátedras de introducción a la ingeniería y afines, en, Durán, Ferrando, Gallo, Giuliano y Rodríguez, Introducción a la Ingeniería. Acuerdos para su desarrollo curricular. III Encuentro de Cátedras de Introducción a la Ingeniería y Afines. Web: <http://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/6448>

Estatuto UTN Resolución 1/2011 Asamblea Universitaria. Web: <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=RES&numero=1&anio=2011&facultad=AU>

LABl&EC (2020). Hacia una economía circular “desde abajo”, pluri epistémica y colaborativa. Buenos Aires, Laboratorio Abierto de Innovación y Economía Circular. Universidad Nacional de Quilmes. Recuperado de: https://www.lab-iec.org/_files/ugd/55dde9_16255cdebb3d44648e81b79b3d337851.pdf

López Cerezo, J.; Valenti, P. (2000), “Educación Tecnológica en el siglo XXI”. Web: <https://docer.com.ar/doc/s0nev8v>

Pacey, A. (1990). La cultura de la tecnología. (pags.14-16). México. Fondo de cultura económica.

Thomas, H. (2012). Tecnologías para la inclusión social en América Latina: de las tecnologías apropiadas a los sistemas tecnológicos sociales. Problemas conceptuales y soluciones estratégicas en Thomas, Hernán; Fressoli, Mariano; Santos, Guillermo Tecnología, desarrollo y democracia: nueve estudios sobre dinámicas socio-técnicas de exclusión/inclusión social.

5 TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE ACTIVIDADES GANADERAS INDUSTRIALES



PROPUESTA DE TRATAMIENTOS NATURALES DE LÍQUIDOS Y SÓLIDOS RESIDUALES DE UNA SALA DE FAENA



**Horacio Campaña ¹, Patricia Benedetti ², Milena Uribe
Echevarría ³, Ariel Airasca ⁴ y Victoria Montserrat ⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} GEAQB - Grupo de Estudio Ambiente Química y Biología
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: hcampana@frbb.utn.edu.ar – pbenedet@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

Se propone un sistema de tratamientos naturales para efluentes y residuos de una sala de faena ubicada en la zona rural de Coronel Pringles (Indio Rico - Provincia de Buenos Aires), que procesará 10 bovinos y 300 ovinos. Se han tenido en cuenta para su diseño los principios de sustentabilidad de ecosistemas (reciclado de materia y nutrientes, utilización de la luz solar y de mecanismos biológicos en los procesos de tratamiento) con mínimo uso de energías de origen fósil y reuso de aguas residuales tratadas.

El sistema de tratamiento de efluentes cuya prefactibilidad, fue aprobada por parte de la autoridad de aplicación (OPDS – Provincia de Buenos Aires) incluye pretratamiento (desbaste, desengrasado y desarenado) por métodos convencionales (rejas, flotación, sedimentación).

El volumen de efluentes líquidos estimado será de 25 – 30 m³ por día con una carga orgánica promedio (DQO) estimada en 6000 mg O₂/L. La primera etapa del tratamiento secundario será digestión anaeróbica y se realizará en una laguna de 1500 m³ con cubierta de membrana con el fin de recuperar biogás. La segunda etapa biológica, utilizará una laguna aerobia de 200 m³, con tiempo de retención hidráulico de 7 – 10 días.

El efluente de la laguna aerobia será reutilizado para lavado de corrales y riego de pilas de compostado. El diseño hidráulico se realizará aprovechando en lo posible el desnivel del terreno, utilizando bombas eléctricas sólo en casos de recirculación,

extracción de lodos, e impulsión de agua para reuso.

La última etapa del tratamiento natural de agua residual, previo a vuelco en suelo cumpliendo parámetros Anexo II, Res 336/03, se realizará en humedal cuya superficie será de 950 m², del tipo flujo subsuperficial con macrófitas enraizadas emergentes (Typha, Scirpus, etc). Los sólidos residuales generados en el proceso de faena junto con lodos de cámaras y lagunas serán compostados aeróbicamente en un área de 1500 m². Se utilizará material inerte (cáscara de semillas de la zona, girasol u otras, o restos de poda de arbolado urbano) para aumentar la porosidad y asegurar aerobiosis. El volumen estimado de compost a generar será de 1 m³ por semana.

PALABRAS CLAVE: Procesamiento de carne, sustentabilidad, lagunas, humedales, compostado

1 INTRODUCCIÓN

Es sabido que las salas de faena generan importantes cantidades de desechos líquidos, con un fuerte impacto que se manifiesta por olores muy desagradables. Los efluentes contienen sangre, estiércol, pelos, huesos, grasas, proteínas y otros contaminantes solubles, lo que trae como consecuencia que las comunidades cercanas a estos establecimientos reclamen que se establezcan prácticas y procesos que protejan al medio ambiente, que cumplan los requerimientos de salubridad y que preserven la naturaleza, asegurando una oferta de bienes de consumo limpios para las presentes y futuras generaciones. En este sentido, la gestión ambiental está referida a los procesos, mecanismos, acciones y medidas de control involucradas con el propósito de establecer compromisos de la administración del recurso, tanto en el uso sostenible de la naturaleza, como en la actividad humana, para la obtención de productos y subproductos de óptima calidad (salubridad) con un manejo eficiente de los residuos y efluentes.

Para llevar a cabo este trabajo se evaluaron distintas alternativas para el tratamiento de efluentes y residuos, teniendo en cuenta el estado del arte y el nivel tecnológico actual para sitios de faena en pequeña escala.

Se propone la implementación de procesos de producción más limpia (PML) en cuanto al uso del agua, energía y algunos subproductos generados, entre los que se incluyen recolección en seco de desechos, optimización del uso de agua en los procesos de lavado pero también fomentar las buenas prácticas operativas de los trabajadores en cuanto a reducción y consumo de agua.

2 LEGISLACION

La sala de faena y el proceso propuesto deben cumplir con la legislación vigente. A nivel nacional, con el decreto 4238/68 (reglamento de inspección de productos, sub-

productos y derivados de origen animal) y a nivel de la Provincia de Buenos Aires con la ley provincial de carnes 11123/97 y sus decretos reglamentarios 2683/93 y 2464/97.

Dicha legislación exige que se cumpla con las condiciones higiénico – sanitarias de SENASA o del Ministerio de Desarrollo Agrícola de Provincia de Buenos Aires. Respecto al tratamiento de efluentes, debe cumplir con la ley 11459/96 y la ley 11123/97 - decreto reglamentario 2683/93 - Anexo II. En cuanto a las condiciones de vuelco de efluentes,

debe cumplir con la legislación relacionada con efluentes de sala de faenas, resolución 333/17 – Autoridad del Agua, en especial la resolución 336/03, que establece los valores de vuelco.

3

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

El primer paso para hacer la propuesta fue obtener la descripción de la zona donde está situada la sala de faena, además de la topografía, el clima y el recurso hídrico disponible. El sistema se diseñó considerando

la ubicación actual de la construcción de dicha sala, haciendo uso de aproximadamente 11000 m² de terreno, indicado en la foto satelital de la Figura 1.



Figura 1. Foto satelital del lugar disponible

3.1 CLIMA

Precipitaciones: En un año promedio, la precipitación media es 706 mm. La menor cantidad de lluvia ocurre en agosto. El promedio de ese mes es 27 - 95 mm, mientras que marzo es el mes con las mayores precipitaciones del año.

Clima y Temperatura: la temperatura promedio en Indio Rico es 14.2° C. Las temperaturas son más altas en promedio en ene-

ro, alrededor de 21.8° C. El mes más frío del año es julio con una temperatura de 7.4° C como promedio mínimo.

Vientos: predominantes desde el N y NO, entre 20 y 25 km/hora, los más intensos provienen del SO y ocurren durante primavera-verano.

3.2 NIVEL DEL TERRENO

Los puntos de nivel fueron suministrados por el Municipio de Coronel Pringles e indi-

can una pendiente natural hacia el contrafrente de 0,50 metros aproximadamente.

3.3 AGUA PARA USAR EN EL PROCESO

El agua es de origen subterránea, con una profundidad freática de 5 m y será exclusivamente para uso industrial, el análisis que

se ve en la Figura 2, fue previsto por la municipalidad.

Análisis Bacteriológico

Muestra: Agua - Toma de muestra: Red (Protocolo N° 030912579)

Fecha de toma de muestra: 03/09/2021

Análisis Realizados	Resultados	Tolerancia
Microorganismos Mesófilos totales (Recuento en Placa) APC - 37°C - 24 h	15 UFC/ml	100 UFC/ml
Recuento de coliformes (NMP) Caldo Fluorocult LMX	Menor de 3/100ml	Menor de 3/100ml
Investigación de Pseudomona aeruginosa en 100ml.	Ausencia en 100ml	Ausencia en 100ml
Investigación de Enterococcus sp	Ausencia en 100ml	Ausencia en 100ml

Agua bacteriológicamente potable según valores de tolerancia establecidos por el CAA

Figura 2. Análisis de agua

4

DATOS OPERATIVOS DE LA SALA DE FAENA

El siguiente paso fue estimar los recursos necesarios para hacer la operación de la planta de efluentes y la cantidad de residuos generada.

4.1 RECURSO HÍDRICO

La cantidad de agua requerida es de 28 m³/día, estimando 1500 a 2000 litros por bovino y 400 litros por ovino en forma diaria.

La cantidad estimada de estiércol a recolectar por día es de 35,0 kg por bovino y 1,5 kg por ovino. En total 160 kg diarios. Por semana un total de 800 kg.

En cuanto al rumen se estima por día 40 kg de rumen por bovino y 5 kg de rumen por ovino, siendo un total de 380 kg diarios.

La cantidad de sangre estimada por día es de 10 - 12 litros por bovino y 0,75 – 1,00 litro por ovino. En total 65 litros diarios.

5

TRATAMIENTO PROPUESTO

El tratamiento biológico de efluentes de salas de faena es más efectivo si se optimiza la remoción previa de grasas, sangre y rumen, colectándolos por separado mediante un tratamiento preliminar. Para un adecuado diseño y operación de la planta de tratamiento de efluentes de faena se deben implementar procesos de PML, con el fin de reducir el gasto excesivo de agua y hacer un adecuado tratamiento, reúso, disposición y buen uso de subproductos.

Por lo mencionado anteriormente, se propone el tratamiento biológico de los efluentes y residuos de la sala de faena, con bajo costo de inversión y operación, mínimo consumo de energía de origen fósil (huella de carbono), debido a que los procesos de tratamiento son naturales, en el caso de separación de sólidos y flotantes por gravedad, y en los tratamientos biológicos (degradación de materia orgánica). La primera etapa anaeróbica (con recuperación de energía (metano) y biosólidos estabilizados (para uso como biofertilizante), la segunda etapa aeróbica (simbiosis agua - suelo - vegetales), donde la principal fuente de energía es el sol (fotosíntesis). Los residuos sólidos también serán tratados mediante procesos naturales, de tipo aeróbico (compostado)

Las etapas principales en el sistema de

gestión y tratamiento propuesto son:

Separación inicial de sangre, rumen y grasas en sala de faena, destinando: la sangre para reciclado, el rumen para compostado junto con los sólidos generales y la grasa para reúso.

Pretratamiento: compuesto por cámaras para la separación de sólidos en general (pelos, estiércol, arenas, huesos, etc.). Tratamiento primario y secundario: digestión anaeróbica y laguna aeróbica. Tratamiento Terciario: humedal artificial/riego superficial. Tratamiento de sólidos: compostado. Además, se recuperará el biogás obtenido en la digestión anaeróbica.

Para la propuesta del tratamiento de los efluentes se ha considerado: la aplicabilidad del proceso, caudal de operación, variación de caudales (según tiempo estimado de operación en los horarios de trabajo), características de los efluentes, condiciones climáticas, cinética de reacción de los procesos biológicos, normas de vertimiento, reúso del efluente, alternativas de procesos de tratamiento, cantidades y características de los biosólidos, normas para su disposición final y/o reúso, alternativas para la ubicación y disponibilidad de terreno.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE TRATAMIENTO

El esquema se indica en la Figura 3.

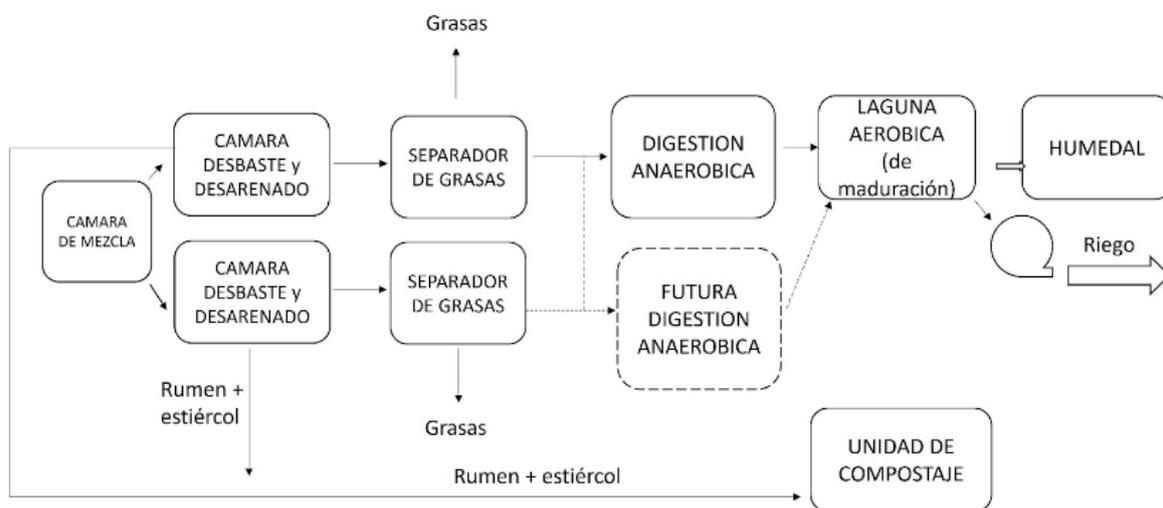


Figura 3. Esquema del tratamiento

Se identifican básicamente 2 tipos de efluentes:

Líquidos verdes o línea verde, provenientes de los corrales, cuyo origen es el lavado de restos de estiércol de los animales en descanso (la mayor cantidad de estiércol será recolectada en seco y destinada a compostado, previo depósito transitorio en estercolero) el resto proviene del lavado del contenido intestinal.

Líquidos rojos o línea roja, originados en el lavado de la sangre del desollado, los lavados de la sala de faena y las aguas del lavado de pisos.

5.2 PRETRATAMIENTO

El primer paso en todo sistema de depuración es la eliminación de sustancias excesivamente gruesas para evitar obstrucciones, y mejorar el funcionamiento y la eficacia de

los procesos posteriores. Este proceso conocido como desbaste o cribado se lleva a cabo mediante rejas.

5.3 LAGUNA O DIGESTOR ANAERÓBICOS

El digestor anaeróbico cumple la función de separación de sólidos suspendidos. El tratamiento anaerobio es un proceso efectivo para tratar efluentes líquidos con un alto contenido de materia orgánica. Este proceso es realizado por microorganismos facultativos y anaerobios, que, en ausencia de oxígeno, convierten el material orgánico principalmente en productos gaseosos finales como dióxido de carbono y metano. Los sistemas anaerobios tienen las siguientes ventajas: alta eficiencia en la reducción de DBO en forma soluble e insoluble; baja producción de lodo (de 5 a 20 % de un sistema aerobio); recuperación del valor energético en forma de metano; aporte mínimo de energía para transporte y mezclado; la biomasa puede permanecer sin alimentación por periodos largos.

Las condiciones de diseño son: caudal de entrada de 25 - 30 m³/día, concentración de DBO en el influente 6000 mg/L, temperatura de 10 °C (parámetros estimados), con una

estimación de remoción de DBO que varía entre 50 - 60 %, el TRH es de 30 días y el volumen del digestor de 840 m³.

El digestor tendrá un sistema con deflector como muestra la figura 4.

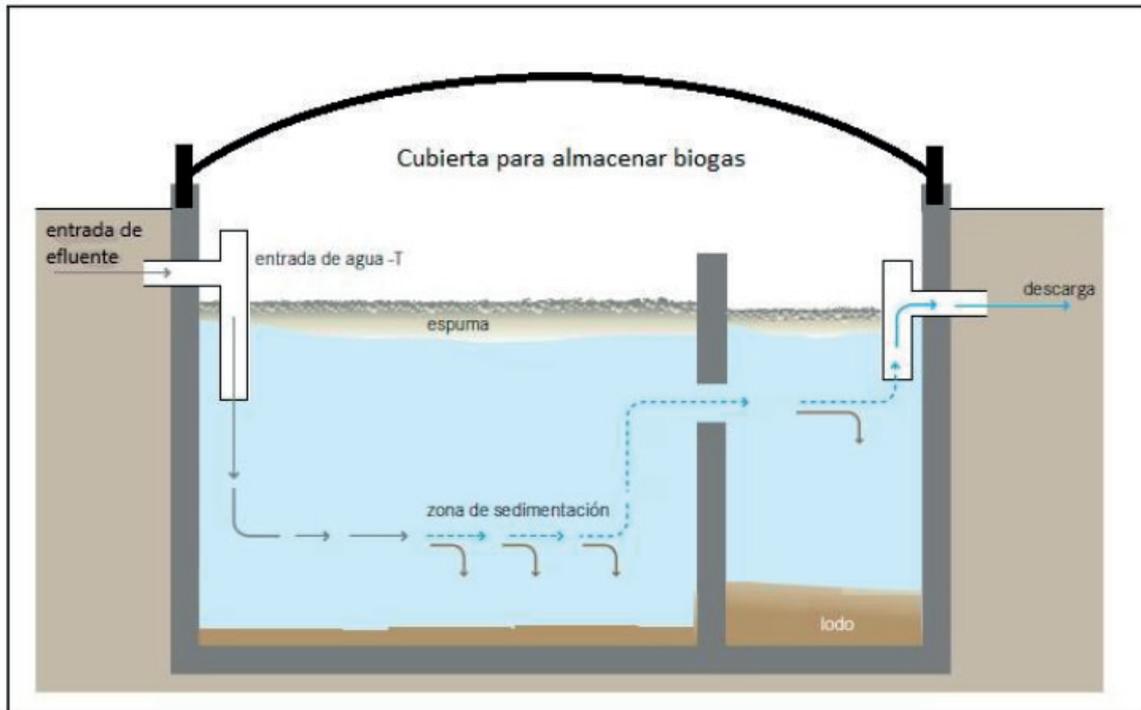


Figura 4. Deflector en el digestor anaeróbico

Para una concentración de sólidos sedimentables de 6000 mg/L y considerando el caudal de entrada, resultará una acumulación de 50 kg/día, que equivale a 22,6 m³/año (operación de 5 días durante 50 semanas). Los barros extraídos se dispondrán en una laguna de secado, de esta forma se evitará la acumulación de lodos en el digestor.

Los lodos con menor humedad (luego del secado) se dispondrán en el área de compostado, previo almacenaje en un contenedor transportable (mezcla a compostar). El agua de drenaje de la laguna de secado de barros, se recirculará a la cámara de mezclado inicial del proceso de tratamiento de efluentes.

5.4 RECUPERACIÓN DE BIOGÁS

Considerando un proceso anaeróbico de estas características, se estima que se podría generar entre 50 – 100 L de metano por kg de sólidos volátiles degradado, estiman-

do 1600 mg/L de sólidos volátiles en la entrada del digestor, se obtendrán 3,3 m³ CH₄/día y si consideramos que el biogás tiene una concentración aproximada de 50 % de

metano, esto representa 7 m³/día de biogás. Para la contención de biogás se usará una geomembrana sobre el digestor, que deberá cumplir con las normas ASTM GM13 y GM 17.

Ante un exceso de biogás o en situación de emergencia, este se quemará en antorcha de manera que no escape CH₄ a la atmósfera.

5.5 LAGUNA AERÓBICA (LAGUNA DE MADURACIÓN)

Esta laguna se instala a efectos de complementar el tratamiento secundario de los efluentes, se ubicará en serie a continuación de la laguna anaeróbica. Su función principal, es la degradación biológica de la materia orgánica llevada a cabo por numerosas reacciones bioquímicas efectuadas por una mezcla de microorganismos aeróbicos, algas y zooplancton, las cuales completan el tratamiento efectuado por la laguna anaeróbica, además de separar sólidos suspendidos, previo al ingreso a la etapa de filtros verdes.

Las dimensiones de la laguna aeróbica serán 10 m de ancho por 30 de largo y 0,70 m de profundidad. Siendo el volumen 196 m³ y el tiempo de retención hidráulico de 7 días. El agua residual (efluente tratado de esta laguna) podrá reutilizarse para el lavado de corrales y limpieza en general de la zona de faena).

5.6 HUMEDAL

Los humedales tienen tres funciones básicas para el tratamiento de aguas residuales: fijar físicamente los contaminantes y materia orgánica en la superficie del suelo; utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos y lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

Para completar el tratamiento de los efluentes líquidos se dimensionaron instalaciones capaces de reproducir las características de los humedales naturales. Teniendo como base la carga orgánica residual, la profundidad, pendiente y tiempos de retención hidráulica. Así como las especificaciones físicas y biológicas: conductividad hidráulica, granulometría del sistema, tipo de ve-

getación, macrófitas enraizadas, emergentes, como: Totorá (*Typha angustifolia*), Caña (*Phragmites* sp), Cola de zorro (*Cortaderia araucana*).

Los humedales tendrán una superficie aproximada de 800 m² y en los mismos se desarrollan vegetales, animales y microorganismos especialmente adaptados a estas condiciones ambientales. La biomasa, mediante procesos físicos, químicos y biológicos, completan la depuración del efluente,

degradando la materia orgánica, reteniendo sólidos, y consumiendo nitrógeno, fósforo y, en algunos casos, degradando productos químicos tóxicos.

Se recomienda para este caso particular la instalación de humedales de flujo subsuperficial con el objeto de proporcionar el tratamiento terciario, previo al vuelco del efluente tratado en el curso de agua superficial en el límite del terreno disponible (Norte de la planta de faena).

5.7 COMPOSTADO

El estiércol proveniente de la limpieza en seco de los corrales de espera y camiones, el rumen de ovino y bovino proveniente de zona de faena y los residuos sólidos de rejillas; se compostará junto con material inerte. La elección del material inerte depende de la disponibilidad local.

El material inerte, aumenta la cantidad de espacios vacíos existentes en esa porción de compost respecto al volumen total. Esto permite una aireación correcta del material compostado, que, además, ayuda en la retención de humedad, mejorando las características y estabilización de la porosidad, modificando la densidad del compost (rango ideal 400 a 500 kg/m³).

La cantidad de residuo a compostar se estima en 2,7 m³ semanal, este valor puede variar según la densidad, y el agregado de material inerte (por ejemplo, cáscara de girasol).

El período de compostado demandará entre 90 días y 170 días (de acuerdo con la condición climática), lo que implica la acumulación de gran cantidad de material en el sitio de tratamiento, en función del manejo de las pilas en planta (espacio, tecnificación, tiempo de retención, mezclado, aireación, volteo, tamizado). Se estima que el área requerida para el compostado será de 1900 m².

5.8 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES

El sector dentro del predio en el que se propone la ubicación del sistema de tratamiento de efluentes se muestra en la figura 5.

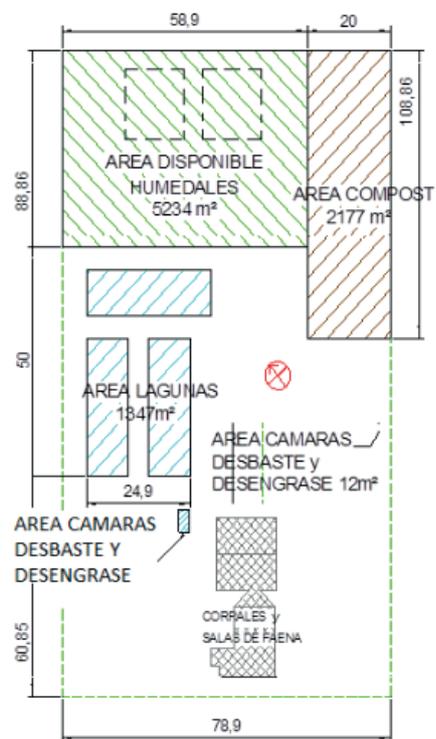


Figura 5. Ubicación del sistema de tratamiento

6 CONCLUSIONES

- A través de este trabajo se expusieron los procesos y tecnologías a implementar para el tratamiento de efluentes de una sala de faena teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas para su minimización, su posterior tratamiento y disposición final cumpliendo con las normativas vigentes. Como surge del texto todos los residuos serán tratados y dispuestos para otros usos, cumpliendo de esta manera con los objetivos de la economía circular.
- Reducir la producción de residuos (por su posterior reutilización en forma de compostado y aprovechamiento de lodos como biofertilizante)
- Reducir el consumo energético (usando la pendiente natural del terreno para la recirculación de agua cuando es posible y recuperando el biogás generado para su aprovechamiento como energía térmica).
- Reducir el consumo de agua (a través de la recirculación en todos los procesos y del reuso del agua que sale del humedal (por ejemplo, para regar las plantas del cementerio contiguo)
- Valorización general de los residuos (con el aprovechamiento de los residuos líquidos (limpieza y riego) y sólidos (compostado)

7 BIBLIOGRAFÍA

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 13th ed., Am Pub Health Assoc 1971, New York

Bobenrieth Roberto, Beltrán Fabio y Arenas Alfonso (1985). Saneamientos de mataderos de bovinos, ovinos y porcinos. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP); 98(3):211-27, mar. 1985.

Bustillo-Lecompte Ciro Fernando, Mehrvar Mehrab. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: a review on trends and advances. Journal of Environmental Management 161 (2015) 287e302.

Castellanos Castañeda Edinson Edwing. Tratamiento biológico del agua residual del camal frigorífico. Santo Domingo, Sicaya – Huancayo. 2013.

Chaux, Guillermo, Gloria Rojas, Bolaños Lina. Resumen producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades. Caso: Municipio de El Tambo (Colombia). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol 7 No. 1. Enero - junio 2009

FAO. Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. Proyecto de Cooperación Técnica. TCP/ARG/3203 convenido entre la secretaria de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar del MAGyP y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).2012. <http://www.fao.org/3/t0566s/t0566s00.htm>. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Estudio FAO producción y sanidad animal

Fernández González Jesús. Capítulo 6: Humedales artificiales para depuración. Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación

Florín Beltrán, Máximo. (2017). Ecosistemas de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. 10.13140/RG.2.2.28650.41929.

Guerrero E., Jhoniers; Ramirez F., Ignacio, Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. Scientia Et Technica, vol. X, núm. 26, diciembre, 2004, pp. 199-204. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

Hernández Torres David Alejandro, Sánchez Cuervo Jhoan Sebastián. Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Marcos-Departamento de Sucre.

Pagan, R. J., Renouf, M. A. and Prasad, P. Eco-efficiency Manual for Meat Processing. Sydney: Meat and Livestock Australia Ltd, 2002.

Romero-Ortiz Lauraceli, Ramírez-Vives Florina, Álvarez-Silva Carlos y Miranda-Arce María Guadalupe. Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de Rastro. Núm.31, pp. 157-167, ISSN 1405-2768; México, 2011.

Soler, C. & Crespi, R. & Soler, E. & Pugliese, M. (2018). Evaluación de humedales artificiales de flujo libre superficial con macrófitas acuáticas flotantes. Ingeniería del agua. 22. 69. 10.4995/ia.2018.8596.

Uicab-Brito, L.A. Sandoval Castro, C.A. Uso del contenido Ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 2, núm. 2, 2003, pp. 45-63. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México

Universidad Tecnológica de Pereira. Documento Técnico de Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Matadero Municipal de Marsella, Risaralda. Pereira. 2004.

Decretos y Resoluciones

<http://www.ada.gba.gov.ar/normativa/resoluciones/resol336-2003.pdf>.

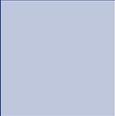
<http://www.senasa.gob.ar/normativas/decreto-nacional-4238-1968-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>.

<http://www.gob.gba.gov.ar/Bole/pdfs/2017-05-08/suplemento2017-05-081494270735.pdf>.

<http://www.ada.gba.gov.ar/normativa/resoluciones/resol333-2017.pdf>.

http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/arbol_senasa/informacion/normativa/4238/capitulo_iv.pdf.

TRATAMIENTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD GANADERA INTENSIVA

 Gabriela Cristiano ¹ y Marcelo Musotto ²

¹ Departamento de Economía- UNS IIESS-CONICET UNS
San Andrés 800- Campus Altos del Palihue e-mail: gcristiano@uns.edu.ar

² Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: marcelomusotto@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

Las actividades llevadas a cabo por el hombre, entre ellas las de carácter productivo, actúan sobre el ambiente. De este modo, se afectan las interrelaciones y equilibrios entre la sociedad y la naturaleza. Cuando una actividad o determinada acción produce alguna alteración en el medio –ya sea favorable o no- se dice que hay impacto ambiental, y puede recaer sobre el sistema o ambiente físico o bien sobre el sistema o ambiente socioeconómico y cultural (Conesa, 1997).

La producción ganadera intensiva genera una externalidad negativa en el ambiente. Esta puede desagregarse en las emisiones de metano (CH₄) -su efecto negativo es 21 veces superior al dióxido de carbono-, dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O). A ello se le suma el impacto que genera sobre el suelo y el agua, ya que las excretas producen desbalances en el movimiento de los nutrientes dentro y entre los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema (Glessi et al, 2012).

Los efluentes (materia fecal y orina) aportan nutrientes al suelo, dado que el ganado bovino absorbe en términos relativos una escasa proporción de los mismos en función de lo que ingiere. Así, excreta entre un 60 y 80% de N y P al ambiente (Andriulo et al, 2003), perjudicando agua y suelo por exceso de nutrientes. Por otra parte, estudios realizados a lo largo de 11 años en el Sur de Santa Fe (Argentina), han arrojado que el mayor impacto fue la salinización del suelo en los primeros 30 centímetros como consecuencia de la excesiva acumulación de excretas (Andriulo et al, 2003).

En el presente trabajo se expondrán dos alternativas diferentes tendientes a mitigar los efectos negativos que provoca la actividad ganadera intensiva: realización de compostaje y producción de biogás. Finalmente, se evaluará la conveniencia económica que conlleva el tratamiento de estos efluentes en términos de ahorro en costo de fertilizantes químicos.

PALABRAS CLAVE: Residuos Ganaderos, Externalidades Negativas, Fertilizantes Orgánicos, Biogás

1

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades económicas genera un efecto externo que tiene impacto negativo en el ambiente y ocasiona un perjuicio a la sociedad. En la teoría económica se las conoce con el nombre de “externalidades negativas de producción”. Por lo tanto, se ven afectadas las interrelaciones y equilibrios entre la sociedad y la naturaleza. Cuando una actividad o determinada acción produce alguna alteración en el medio –ya sea favorable o no- se dice que hay impacto ambiental, y puede recaer sobre el sistema o ambiente físico o bien sobre el sistema o ambiente socioeconómico y cultural (Conesa, 1997).

Los estudios de índole económica sobre los recursos naturales y el ambiente, los que han cobrado importancia en los últimos tiempos, suelen considerar tres ejes relevantes al momento de efectuar un análisis en relación a los mismos: la contaminación ambiental, la extracción de recursos –sean renovables o no- y la valoración ambiental (Aguilera Klink y Alcántara, 2011). En este sentido cabe preguntarse qué se entiende por “ambiente”.

El ambiente constituye ese espacio dual en el que los individuos realizan todas sus actividades productivas, y toman de él los recursos necesarios para transformarlos en productos finales con mayor o menor grado de valor agregado. Sin embargo, ese mismo ambiente es el que recibe todos los residuos que generan el sector productor y el sector consumidor. Surge entonces la economía ambiental, que tiene sus raíces en la teoría neoclásica. Uno de los temas

centrales de la economía ambiental es el tratamiento de las externalidades (en el que se analiza la valoración monetaria de los beneficios y costos ambientales) y el estudio relacionado con la problemática del agotamiento de los recursos no renovables vinculado a la cuestión de la asignación óptima intergeneracional (Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

Los efluentes (materia fecal y orina) generados por la producción ganadera intensiva generan impacto ambiental. Este puede desagregarse en: a) emisiones de metano (CH₄) -su efecto negativo es 21 veces superior al dióxido de carbono-, b) dióxido de carbono (CO₂) y c) óxido nitroso (N₂O). A ello se le suma el efecto que genera sobre el suelo y el agua, ya que las excretas producen desbalances en el movimiento de los nutrientes dentro y entre los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema (Glessi et al, 2012).

Por otra parte, cabe destacar que, si bien estos efluentes aportan nutrientes al suelo -dado que el ganado bovino absorbe en términos relativos una escasa proporción de los mismos en función de lo que ingiere-, se excreta entre un 60% N y 80% P, perjudicando agua y suelo por exceso de nutrientes (Andriulo et al, 2003). A su vez, estudios realizados en Argentina (sur de Santa Fe) a lo largo de 11 años dieron como resultado que el mayor impacto fue la salinización del perfil en los primeros 30 centímetros del suelo como consecuencia de la excesiva acumulación de excretas (Andriulo et al, 2003).

En el presente trabajo se expondrán dos alternativas diferentes tendientes a mitigar los efectos negativos que provoca la actividad ganadera intensiva: realización de compostaje y producción de biogás. Finalmente, se evaluará la conveniencia económica que conlleva el tratamiento de

estos efluentes en términos de ahorro en costo de fertilizantes químicos.

2 IMPACTOS AMBIENTALES Y TEORÍA ECONÓMICA

Arthur Pigou (1920) es considerado el precursor de la Economía del Bienestar y el principal pionero del movimiento ambiental. Distinguió los costos privados de los sociales, como así también los beneficios privados y sociales, planteando al problema de las externalidades desde una óptica unilateral; esto implica que un agente –productor o consumidor- causa un perjuicio o beneficio a otro y por esta razón debe ser penalizado o compensado. El actor capacitado para resolver estas externalidades es el Estado, que (dado un determinado marco legal), a través del cobro de impuestos o del otorgamiento subsidios puede prohibir/ disminuir o incentivar la producción o el consumo de los bienes en cuestión (Pigou, 1920, en Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

A modo de ejemplo cabe mencionar que el Estado podría sancionar a una empresa que contamina por medio de la aplicación de un impuesto, de modo de obligarla a internalizar esa externalidad negativa. Esta propuesta no necesariamente eliminaría por completo la externalidad (pero sí podría hablarse de un nivel óptimo de producción).

La otra aproximación general a las posibles soluciones al problema de las externalidades se deriva de la propuesta general enunciada por Ronald Coase (1960), popularizada posteriormente por George Stigler bajo el nombre de Teorema de Coase. Ésta postula que siempre será posible obtener –bajo ciertas condiciones-, a través de la negociación, un equilibrio óptimo entre las necesidades de la sociedad y las inevitables externalidades que se generan en la producción –consumo-, indispensables para satisfacerlas. Coase (1960) avanza en el análisis y, a diferencia a Pigou, considera que el problema de las externalidades puede llegar a ser un problema recíproco, donde ambas partes estén involucradas (Coase, 1960, en Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

Coase plantea que el problema de los beneficios y de los costos externos no radica específicamente en el hecho de que sean externos, sino en los derechos de propiedad - que en este caso son imprecisos e indeterminados- y en los costos de transacción, que son elevados. Si estos derechos de propiedad estuvieran claramente definidos, si

el número de partes involucradas fuera reducido y los costos de transacción fueran bajos, podría concluirse que las transacciones son eficientes (Coase, 1960, en Aguilera Klink y Alcántara, 2011). De este modo, quedarían internalizadas las externalidades.

En este caso, el mercado puede ser eficiente incluso cuando existieran externalidades. Por lo tanto, las negociaciones privadas aseguraron un equilibrio de mercado eficiente. Sin embargo, las condiciones para que el Teorema de Coase pueda cumplirse son bastante difíciles de que ocurran. Es por esta razón que a partir de él se desprende un enfoque alternativo para dar solución al problema de las externalidades: la creación de nuevos mercados.

A modo de ejemplo, y siguiendo a Eskeland y Jiménez (Eskeland y Jiménez, 1992) puede decirse que, cuando la contaminación se dispersa uniformemente, es posible mejorar o proteger la calidad del medio ambiente controlando las emisiones. Un adecuado marco institucional contribuiría a mitigar las emisiones y no permitiría que las partes intervinientes negociaran el derecho a contaminar. Por otro lado, cuando existen estímulos basados en el mercado, tales como los permisos negociables, los subsidios a la

reducción de contaminación y los impuestos a las emisiones, se generan señales para todas las fuentes contaminantes al incrementarse los costos de producción. Todos estos instrumentos permiten que el mercado distribuya la reducción de la contaminación donde sea menos costosa.

En relación a lo anteriormente expuesto, pareciera ser que existe una disyuntiva entre los mecanismos de dirección y control y los estímulos basados en el mercado. Generalmente, las políticas de dirección y control llevadas a cabo por un ente regulador no suelen ser muy efectivas cuando existen muchos contaminantes heterogéneos, un amplio sector productivo informal y una administración pública débil, características que son propias de los países en vías de desarrollo.

Puede decirse entonces que la teoría económica neoclásica resuelve la problemática vinculada a las externalidades negativas de producción por medio de:

- 1-la aplicación de impuestos
- 2-la asignación de derechos de propiedad
- 3-el mercado (por medio de la comercialización de permisos negociables)

3

EFECTOS DE LA ACTIVIDAD GANADERA INTENSIVA SOBRE EL AMBIENTE

Las excretas provenientes de la actividad ganadera afectan básicamente el suelo, el

agua y el aire. Si estos residuos se aplicarán en forma directa al suelo, éste puede verse

seriamente comprometido cuando el estiércol posee elevadas concentraciones de nutrientes (tales como nitrógeno y potasio), microorganismos patógenos y antibióticos, entre otros (Andriulo et al, 2003; Herrero y Gil, 2008). La aplicación del estiércol en dosis elevadas es capaz de incrementar la salinidad de los suelos, elevar su pH y aumentar la concentración de nitrato, amonio y otros iones tóxicos. Adicionalmente, la aplicación directa de los mismos en forma continuada puede exceder la capacidad de captación de nutrientes por parte de los cultivos originando una sobrecarga, dando lugar a la infiltración por escurrimiento y lixiviación en aguas superficiales y subterráneas (Pinos Rodríguez et al, 2012). También hay que tener en cuenta que se puede originar una acumulación relativamente alta de sales, hecho que puede constituirse en un factor perjudicial para los cultivos, especialmente durante la germinación y la emergencia. “El mal manejo de los purines, en el marco de las actividades agropecuarias, representa uno de los procesos que provoca mayor deterioro ambiental. Por sus características físicas, químicas y biológicas son potencialmente contaminantes ya que afectan directamente los cursos de aguas subterráneas y superficiales, el suelo y el aire” (UNCPBA, 2008:110).

Estudios recientes realizados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires sobre el impacto de los contaminantes de efluentes líquidos en aguas subterráneas generados por los feedlots (establecimientos ganaderos de engorde a corral) determinaron que los que poseen suelos llanos, anegables y con napas freáticas localizadas a escasa profundidad son los más vulnerables, factor al que se suma el número de cabezas de ganado (Glessi et al, 2012). Entre los elementos más contaminantes liberados por el estiércol hacia la atmósfera se destaca el amoníaco, como así también otros gases de efecto

invernadero (GEI), los que incluyen metano y óxido nitroso. El metano es uno de los gases de efecto invernadero (GEI) más nocivo, 23 veces más potente que el CO₂. En el caso de los feedlots cabe hacer una aclaración. Los vacunos, que naturalmente y en sistemas de producción extensivos se alimentan de hierbas, en sistemas de producción intensivos son alimentados con granos, básicamente maíz y soja. Los ruminantes, durante el proceso digestivo, emiten 120 m³ de gas metano por año (Montes Carmona et al, 2005). Esta cantidad de metano emitida podría atenuarse si no fueran alimentados con granos. Dada esta situación, la eliminación de metano es aún más tóxica y nociva, llegando a asemejarse a los gases que expelen automóviles, aviones y trenes. Así, este gas permanece menos tiempo en la troposfera que el CO₂ (12 años contra 100 años), por lo que es capaz de absorber 23 veces más calor que éste (Montes Carmona et al, 2005).

La ley que regula este tipo de actividad productiva en la provincia de Buenos Aires, sancionada el 30 de noviembre de 2016, constituye el marco institucional propicio para comenzar a considerar esta problemática. Específicamente, en sus Artículos 4° y 5°, hace referencia a la obligatoriedad de realizar un estudio de impacto ambiental, el cual deberá incluir, entre otros, un estudio de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, como así también un plan integral de gestión de residuos.

4

TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE EFLUENTES BOVINOS

Una forma alternativa a las propuestas por la teoría económica para mitigar los impactos negativos en el ambiente que generan las actividades productivas es a través del tratamiento de los residuos que estas generan. En este apartado se analizará la posibilidad de producir fertilizante orgánico a partir del tratamiento del estiércol mediante el proceso biológico denominado compostaje (es un proceso aeróbico que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica).

De acuerdo a estudios realizados por Marcos Bragachini (Bragachini, 2015), del INTA Manfredi de Córdoba, la cantidad de estiércol que producen diariamente 500 novillos en engorde a corral (feedlots), con un peso promedio de 350 Kg, es de aproximadamente 10 toneladas. Suponiendo que ese estiércol contiene un 20% de materia seca (MS) se obtienen 2000 Kg/MS/día. Esto equivale, en términos de biofertilizante, a 174 kg de urea, 1694 Kg de materia orgánica y 47 Kg de súper fosfato triple (SPT), representando sólo en Nitrógeno y Fósforo un ahorro de alrededor de US\$ 41200 anuales para el productor.

Según Pordomingo (Pordomingo, 2014), teniendo en cuenta la digestibilidad de la dieta del vacuno, un novillo de 450 kg produce un promedio diario de 27 kg de excrementos húmedos (orina y heces),

con una variación de 25% (dependiendo del clima, el consumo de agua y el tipo de dieta).

En este trabajo, a modo de ejemplo, se supone un establecimiento promedio representativo de la región (con 500 cabezas de ganado que produce carne vacuna bajo la modalidad feedlot). Este produce diariamente 13,5 Tn de estiércol, lo que mensualmente arroja 405 Tn.

Marcos Bragachini (Bragachini et al, 2015) estima que el estiércol posee un 20% de materia seca. Para el ejemplo citado, esto equivaldría a 81Tn de materia seca al mes. De acuerdo a la literatura consultada, existen diferencias entre las diferentes proporciones de nutrientes por Tn. de materia seca. Siguiendo a Pordomingo (Pordomingo, 2014) una tonelada de excrementos de bovinos (orina las heces) contiene en promedio 5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 4 kg de potasio. Si no se considera la fracción líquida, el excremento resulta en 2,5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 0,8 kg de potasio por Tn. En la Tabla I puede apreciarse la cantidad de nutrientes que podrían generarse mensual y anualmente a partir de las 81 Tn de materia seca generadas en el establecimiento:

Tabla 1. Cantidad de nutrientes

NUTRIENTES	Kg/mes	Tn/año
N	202,5	2,43
P	81	0,972
K	64,8	0,777
TOTAL	352,3	4,18

Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los fertilizantes comerciales más comúnmente empleados para la reposición de nutrientes son: Urea, cuyo componente principal es el N (46%), Fosfato Diamónico (16% de P) y Cloruro de Potasio (60% de K). Los precios por tonelada se exponen en la Tabla 2:

Tabla 2. Fertilizantes comerciales (US\$/Tn)

FERTILIZANTE	NUTRIENTE (en %)	US\$/Tn
UREA	46% N	950
FOSFATO DIAMÓNICO	16% P	1400
CLORURO DE POTASIO	60% K	1350

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Revista Márgenes Agropecuarios. Julio 2022.

Cabe mencionar que la generación de estos nutrientes no conlleva a erogación monetaria alguna para el productor, dado que utiliza la maquinaria, las instalaciones y la mano de obra permanente afectada a la producción de carne (y eventualmente a granos y pasturas para el armado de las raciones del feedlot). El costo de acarreo y aplicación es el equivalente al de la

remoción del estiércol luego de cada ciclo de engorde y al de la aplicación habitual de los fertilizantes químicos, respectivamente.

5

EL PROCESO DE GENERACIÓN DE BIOGÁS EN REACTORES ANAERÓBICOS

Como se ha señalado anteriormente, ciertos efectos negativos pueden ser notoriamente disminuidos cuando los residuos orgánicos capaces de producir biogás son tratados mediante la aplicación de la tecnología basada en el empleo de biodigestores. Para ello es necesario llevar adelante un proceso de reconversión dentro de los establecimientos productores de carne en forma intensiva que contemplen una serie de inversiones a partir de las cuales sería posible obtener otros subproductos, tales como biogás y biol (biofertilizante) (Cristiano, 2016; Cristiano, 2018).

El biol, comparado con las excretas depositadas al aire libre, disminuye las pérdidas para el nitrógeno del 18% al 1% y del 33% al 7% para el carbono. Cabe destacar que el proceso de digestión anaeróbica no presenta pérdidas para el fósforo, potasio y calcio (Botero y Preston, 1987). Existen numerosos trabajos en los que se pone de manifiesto las ventajas que resultan de la aplicación del estiércol biodigerido en lugar de aplicar el estiércol sin tratar en términos de incrementos en la productividad (Botero y Preston, 1987; Solé y Flotats, 2004). Esto se debe a que la cantidad de nutrientes (Nitrógeno -N- y Fósforo -P-) como porcentaje de materia seca (MS) es mayor.

Para comprender cómo se origina la producción de biogás es necesario describir el proceso de digestión anaeróbica que

se produce en los biodigestores también llamados reactores anaeróbicos. El proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica, que se realiza en ausencia total de oxígeno, produce un gas combustible que está compuesto de un elevado porcentaje de gas metano, que es variable dependiendo del tipo de sustrato empleado para la fermentación.

En este tipo de procesos se produce conjuntamente la transformación y depuración de la materia orgánica, la que conlleva a la generación de este gas.

Desde el punto de vista microbiológico, puede decirse que la digestión anaeróbica es un proceso bioquímico complejo y se debe enteramente a la actividad de las bacterias anaeróbicas, que pueden ser clasificadas en tres grupos: bacterias hidrolíticas, fermentativas y metanogénicas. Para que estas bacterias puedan actuar, es necesario mantener las condiciones óptimas que permitan la realización tanto de las reacciones químicas dentro de la matriz líquida del reactor como las reacciones bioquímicas intracelulares que dan vida a los organismos involucrados en el proceso (Flotats, 2010).

Dado que la digestión es un proceso tan lento, con frecuencia es necesario contar con una fuente calórica adicional para acelerar las reacciones bioquímicas implicadas. La

mayoría de los digestores convencionales operan dentro de la gama mesofílica, es decir, entre 12° y 35° C, optimizando el proceso entre los 29° y 33°C. Muchas de las poblaciones anaerobias mesofílicas son encontradas en la naturaleza, en los sedimentos inferiores de los lagos y zonas pantanosas o en los estómagos de animales herbívoros (Flotats, 2010). Si bien la temperatura es uno de los factores más importantes para la determinación del volumen de los digestores, otro de los aspectos a considerar al momento de evaluar el tamaño de un biodigestor es el tiempo necesario para la estabilización de los fangos, el cual también está en función de la temperatura de digestión (Montes Carmona, 2008).

concentración de metano, pudiéndose aumentar eliminando todo o parte del CO₂ presente en el biogás. La producción total de biogás depende fundamentalmente de la actividad bacteriana, medida en la cantidad de sustrato eliminado durante el proceso. Dicho sustrato suele expresarse normalmente por la demanda química de oxígeno (DQO), y por los sólidos volátiles (SSV). Teniendo en cuenta la heterogeneidad en la composición del sustrato, la cantidad de biogás que se puede producir será variable, como así también su composición química y valor energético. En base al tipo de sustrato empleado variará la cantidad de biogás producido (Montes Carmona, 2008), tal como puede apreciarse en la Tabla 4:

El poder calorífico del biogás dentro del biodigestor está determinado por la

Tabla 4. Cantidad de biogás producido según residuo empleado

Tipo de residuo	Sólidos volátiles (%)	Producción de biogás (m3/tonelada)
Intestinos + contenidos	15-20	50-70
Residuos matadero de aves	20-26	100-125
Lodos de flotación	13-18	90-130
Tierras filtrantes de aceites, con bentonita	40-45	350-450
Aceites de pescado	80-85	350-600
Suero de leche	7-10	40-55
Suero concentrado	18-22	100-130
Hidrolizados de carne y huesos	10-15	70-100
Harinas de carne	70-75	300-350
Mermeladas	50	300

Aceite de soja/margarinas	90	800-1000
Residuos de bebidas alcohólicas	40	240
Lodos residuales	3-4	17-22
Lodos residuales concentrados	15-20	85-110
Purines de cerdo	2-5	8-18
Purines de bovino	7-10	20-30
Residuos de cocina, restaurantes	8-18	80-180
FORM (*) separación mecánica	36-60	100-170
FORM separación en origen	25-50	190-325

Fuente: Flotats 2010. (*) FORM: fracción orgánica de residuos municipales

En cuanto a las características y modo de funcionamiento de los biodigestores, en términos generales puede decirse que los mismos constan de un contenedor cerrado, hermético e impermeable, denominado reactor, en el que se deposita el material orgánico a fermentar con un cierto porcentaje de agua. A través de la fermentación anaerobia se obtiene gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

En relación a los distintos tipos de biodigestores, cabe mencionar que estos se diferencian unos de otros por su forma de operación, materiales construidos y su frecuencia de carga (Varnero Moreno, 2016). En lo que respecta a la frecuencia de carga, estas varían según la disponibilidad de material para ingresar al biodigestor para su descomposición. Al respecto existen 3 tipos: de flujo discontinuo, semicontinuo y continuo. En relación a la operación, entre los más utilizados se encuentran el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino). Muchos tipos han fracasado por sus altos costos de instalación y mantenimiento, sumado a la gran dificultad que provoca conseguir sus partes y repuestos. Cada uno de los sistemas que se describen a

continuación pueden implementarse con diferentes tecnologías, dependiendo del volumen de residuo a tratar.

-Biodigestor discontinuo (ó sistema batch): en este tipo de biodigestor, la carga de material a descomponer se realiza en su totalidad al comienzo del proceso y la descarga del efluente al finalizar. A partir de allí se vuelve a cargar material. Se utiliza cuando la disponibilidad de materia orgánica es limitada o intermitente. Tiene un solo orificio para la carga y descarga del material. La duración de la fermentación varía entre 2 y 4 meses, dependiendo del clima, ya que las temperaturas afectan directamente al proceso de reacción dentro de los mismos. Consiste en un tanque hermético con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Demanda una mayor cantidad de mano de obra y requiere un lugar para almacenar la materia prima si esta se produce más o menos en forma continua.

-Biodigestor semi-continuo: este tipo de biodigestores son los más comúnmente empleados en las zonas rurales, dado que se trata de sistemas pequeños para

uso doméstico. Se cargan o alimentan en forma diaria o cada 12 horas, con una carga relativamente pequeña en comparación a la cantidad que ya se encuentra en el biodigestor (al mismo tiempo que se saca de la cámara de descarga un volumen igual de líquido a los efectos de mantener el volumen constante). La producción de biogás es generalmente permanente, debido al constante suministro de nutrientes para las bacterias metanogénicas, responsables de generar el gas.

El único factor limitante sería la disponibilidad de agua, ya que la carga entrante debe ser en promedio de 1/4 a 1/3 del total de biomasa ingresada. Estos sistemas permiten retirar sustrato ya fermentado por el canal de salida y añadir nueva materia orgánica por el canal de entrada (sin destapar la boca central), que al descomponerse genera nuevo gas. Estos digestores se adaptan bien para tratar material blando, como estiércol de origen pecuario e inclusive humano, materia celulósica, entre otros.

-Biodigestor continuo: este tipo de biodigestor se utiliza generalmente para explotaciones agropecuarias que generan grandes cantidades diarias de residuos, como tambos, criaderos de porcinos, granjas de gallinas ponedoras en jaulas y feedlots. Es comúnmente empleado por pequeñas comunas que desean estabilizar y neutralizar los residuos orgánicos municipales antes de verterlos al medio ambiente. Requiere el manejo de mayor tecnología para el calentamiento del sustrato, control de la calidad del gas resultante, plantas enteras de desulfuración, grandes compresoras, cadenas de distribución, plantas de almacenamiento, antorcha de desfogue, etc. (así como un suministro muy constante de materia orgánica). Esta característica lo hace útil en el procesamiento y

aprovechamiento de residuos y materiales que requieran un tratamiento prolongado (Montes Carmona, 2008).

De acuerdo a estudios realizados (Flotats, 2010; Pordomingo, 2014), por cada tonelada de estiércol fresco bovino es posible obtener en promedio 25m³ de biogás. Por otra parte, 1m³ de biogás equivale a 5000 kcal (equivalente a 6,06 Kwh). Sin embargo, 1m³ de biogás representa solamente unos 1,6 Kwh de energía eléctrica (esto se debe a que la eficiencia se ve afectada al convertirla, de allí su menor rendimiento).

En este caso, la disposición de 405 Tn de biomasa residual proveniente de la actividad ganadera intensiva de esos 500 vacunos generan 10125m³ mensuales de biogás (16200 KWh, es decir 16,2 MWh) Actualmente, las políticas de promoción prevén un precio de 160 US\$ más incentivos por cada MWh generado a partir de biogás (según lo establecido en el Plan RenovAr rondas 1 y 2), llegando hasta un valor promedio de US\$ 200/MWh. La energía equivalente mencionada, puede valorizarse entonces en el orden de US\$ 3240 mensuales (US\$ 38800 anuales). Si bien la energía generada es insignificante debido al número de cabezas consideradas, y más aún teniendo en cuenta únicamente como sustrato el estiércol bovino (que posee bajo poder calorífico), el objetivo es mostrar cómo es posible valorizar residuos orgánicos.

6

CONCLUSIONES

- Las diferentes actividades económicas generan residuos.

Los residuos impactan en el ambiente, originando daños de diferente magnitud. Esos efectos externos negativos pueden ser atenuados mediante el tratamiento de los residuos.

- En el caso de la actividad ganadera intensiva, los residuos generados (efluentes orgánicos) pueden tratarse y dar origen a nuevos subproductos con valor comercial.
- En este trabajo, el tratamiento del estiércol de 500 vacunos arrojó como

resultado un ahorro en costos en términos de fertilizantes de US\$ 15271,73 anuales.

- También es posible la generación de bioenergía a partir del tratamiento de los efluentes bovinos. Para ello es necesario contar con la escala adecuada para justificar la inversión que demandaría la planta. Solo a modo de ejemplo, a partir del tratamiento del estiércol de 500 bovinos, es posible cuantificar la energía eléctrica equivalente en US\$ 38880 anuales.

7

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (2011). De la economía ambiental a la economía ecológica. CIP-Ecosocial. Barcelona.

Andriulo, A., Sasal, C., Améndola, C. y Rimatori, F. (2003). Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. Edic. INTA.

Botero, R. y Preston, T. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Disponible en https://scholar.google.com.ar/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Botero+y+Preston%2C+1987&btnG=.

Bragachini, M. et al (2015). Oportunidades de la bioenergía en el sector agropecuario: efluentes y cultivos energéticos. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/oportunidades-de-la-bioenergia-en-el-sector-agropecuario-efluentes-y-cultivos-energeticos>.

- Conesa Fernández-Vítora (1993). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Cristiano, G. (2016). Tratamiento de los residuos orgánicos agropecuarios y generación de biogás en Argentina. En: Los Desafíos de la política energética argentina. Compiladoras: Guzowski, C., Ibañez Martín, M. y Rojas, M. Ed. Dunken, Buenos Aires.
- Cristiano, G. (2018). Proyecto de desarrollo regional: un modelo basado en el tratamiento de residuos orgánicos. El caso del Corfo Río Colorado. Tesis doctoral. Departamento de Economía. Universidad Nacional del Sur. Argentina.
- Eskeland, G. y Jiménez, E. (1992). Policy instruments for pollution control in developing countries. The World Bank Research Observer. Vol. 7, N° 2, pp. 145-169.
- Flotats, X. (2010). Biogás y gestión de deyecciones ganaderas. En SUIIS/IVIS, (72), 22-29.
- Glessi, W., Pose, N. y Zamuner, E. (2012). Impacto ambiental de los contaminantes provenientes de aguas residuales de feedlot sobre aguas subterráneas. Avances en Ciencias e Ingeniería. 3 (4).
- Herrero, M. y Gil, S. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. pp.273-289. Ecología Austral. Asociación Argentina de Ecología.
- Montes Carmona, M. E. (2008). Estudio técnico-económico de la digestión anaerobia conjunta de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora para la obtención de biogás. Tesis de doctorado. Universidad Veracruzana. México.
- Pinos Rodríguez, M., García López, J. C., Peña Avelino, L., Rendón Huerta, J. A., González González, C., Tristán Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrociencia. Vol. 46. N° 4. México. May./Jun. 2012.
- Pordomingo, A. (2014). Efectos ambientales de la intensificación ganadera. Edic. INTA. INTA Anguil. La Pampa.
- Solé, F. y Flotats, X. (2004). Guía de técnicas de gestión ambiental de residuos agrarios. Lérida. Ed. Fundación Catalana de Cooperación.
- Varnero Moreno, M. T. (2011). Manual de biogás. Santiago de Chile. FAO.
- UNCPBA. Universidad Nacional del Centro de La Provincia de Buenos Aires (2008). Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora de las problemáticas ambientales y mitigación de gases de efecto invernadero vinculados a la producción porcina, avícola y bovina (feedlots y tambos). Estudio de Performance Ambiental desarrollado para el Fondo Argentino del Carbono. Contrato UNCPBA-Banco Mundial N° 71454

6

CAMBIO CLIMÁTICO Y ESTRATEGIAS PARA MITIGARLO



TRANSFORMACIONES RECIENTES EN EL PAISAJE HÍDRICO DEL CINTURÓN FRUTIHORTÍCOLA MARPLATENSE

 Analía Di Bona ¹, María Cintia Piccolo ², Silvia De Marco ³
y Jorge Marcovecchio ⁴

¹ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO)- CONICET/UNS.
Universidad Nacional de Mar del Plata.
Depto. de Geografía Facultad de Humanidades. UNMDP
e-mail: dibonaanalía@gmail.com

² Instituto Argentino de Oceanografía (IADO)- CONICET/UNS
Depto. de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur.
e-mail: mcpiccol@gmail.com

³ Depto. de Biología FCEyN, UNMDP. IIMyC-CONICET/UNMDP.
e-mail: sgdemarco@gmail.com

⁴ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO)- CONICET/UNS.
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Bahía Blanca (UTN BHI).
e-mail: jmjorgemar@gmail.com

RESUMEN

El cinturón frutihortícola de Mar del Plata ocupa el segundo lugar a nivel nacional (después de La Plata) como productor de hortalizas y frutas para el consumo en fresco y abastece mercados de alcance nacional. Desde sus comienzos la actividad hortícola sostiene una tendencia expansiva, ligada a condiciones agroecológicas, aumento de la superficie sembrada y procesos de innovación e intensificación tecnológica -adopción de invernáculos y cultivos bajo cubierta- que permitieron aumentar el volumen y valor de la producción. La génesis del sector frutícola es más reciente y en los últimos diez años ha mostrado una clara vocación exportadora. Se orienta a la producción diferenciada, incorporando protocolos de calidad y procesamiento agroindustrial de cultivos novedosos en el espacio local (arándanos, frutillas y kiwis) escalando en cadenas globales de valor. El ingreso de nuevos sujetos agrarios, la componente especulativa de las inversiones en el sector y el carácter intensivo de las modalidades productivas aumentan la tasa de extracción y el deterioro del recurso hídrico, configurando un patrón espacial de acaparamiento concentrado del agua que contribuye a la fragmentación socio-territorial. El objetivo de este trabajo es abordar, desde la perspectiva de los Territorios Hidrosociales y Paisajes Hídricos, la integración del concepto físico de cuenca con la dinámica social que modela y materializa el uso de los recursos. Este enfoque aporta visibilidad a la trama compleja de flujos de agua y poder en los espacios donde estos fenómenos se concretan. En este trabajo, se evalúa la huella hídrica del cultivo de

kiwi en el ciclo hidrosocial actual, a la luz de las transformaciones recientes en el paisaje hídrico local. La cartografía del fenómeno señala nuevos ejes de expansión que prolongan la frontera productiva sobre ambientes frágiles como los humedales. Estos territorios -históricamente marginales desde el punto de vista productivo-, son privilegiados por el capital financiero -en la actual fase agroexportadora- para el avance de la frontera extractivista y el despliegue de procesos de flexibilización agraria. Observamos que el agua circula configurando paisajes hídricos en conflicto hacia las zonas altas (apropiación-cabeceras de cuencas), bordes serranos vacantes e intersticios de horticultura tradicional. En el ciclo hidrosocial actual la “fruticultura de valor” aumenta la presión sobre los recursos hídricos subterráneos y exporta agua que no retorna al sistema. La huella hídrica del kiwi (378 l/kg) supera la de Chile y Nueva Zelanda (líderes del mercado mundial). En términos de intercambio de agua virtual el balance para Argentina es negativo.

PALABRAS CLAVE: Cinturón Frutihortícola Marplatense, Cultivo de Kiwi, Huella Hídrica, Ciclo Hidrosocial, Paisaje Hídrico.

1 INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria mundial consume el 70% del agua involucrada en las actividades humanas y produce los mayores impactos sobre el recurso (FAO-AQUASTAT, 2012). Esta actividad modifica la cobertura y las capas del suelo, la infiltración, la evaporación, la transpiración y el escurrimiento del agua, modificando así el ciclo hidrológico. Además, contamina las aguas por aplicación inadecuada de fertilizantes y otros agroquímicos (FAO, 1993). Producir alimentos implica consumir agua (Pengue, 2019). Argentina es un país con grandes reservas de agua, superando los 20.000 m³/hab (Hoekstra et al., 2012). Sin embargo, la distribución del recurso no es uniforme: sólo un 33% de su territorio es rico en agua superficial (producida por la escorrentía de precipitación o por afloramiento de agua subterránea) que representa el 84% de la disponibilidad del país (ANCE, 2011). La extracción hídrica total nacional del año 2011 (últimos datos disponibles) alcanzó los 37.78. 10⁹ m³ y la del sector agrícola constituyó el 74 % del total extraído (FAO-AQUASTAT, 2012). La escasez y la variabilidad estacional del recurso generan (en regiones áridas y semiáridas) estrés hídrico y así las posibilidades productivas del suelo se ven acotadas. En cambio, en las regiones húmedas el clima y la disponibilidad de agua permiten esquemas de producción agrícola bajo seco y/o riego complementario (acotado a la calidad del agua) generando mayor presión en el recurso. Por su parte, grandes regiones caracterizadas por su abundancia

hídrica presentan problemas de escasez vinculada a la calidad del agua disponible. Los principales problemas del agua que afectan al sector agrícola incluyen: salinización, inundación/anegamiento, obsolescencia tecnológica del sistema de riegos (métodos de riego deficientes y obsoletos de aplicación y distribución por gravedad) y baja eficiencia de uso (inferior al 40%) (ANCE, 2011). En el pensamiento productivista, la escasez de agua es una condición objetiva determinante del desarrollo de actividades productivas. Desde la perspectiva de la Ecología Política, la escasez no es sólo un fenómeno físico-natural sino que es definida de distintas maneras por los agentes interesados en el recurso. Los modelos de desarrollo productivo tienden a definir espacios de escasez y abundancia del recurso hídrico. Desde la óptica territorial, la escasez conlleva la constitución de geografías desiguales de desarrollo.

En Argentina, el agro aporta el 6,9 % del valor agregado al PBI y representa el 75% de las exportaciones argentinas. Los cereales y las oleaginosas ocupan el 70 % de la superficie dedicada a la agricultura, participan del 54% de las exportaciones y aportan el 72 % de los ingresos por ventas al exterior (Banco Mundial, 2021; CNA, 2018, INDEC, 2010). Gracias a su diversidad de climas, también se producen una gran variedad de especies frutales que involucran el 1,5 % de la superficie agrícola nacional. Algunas de ellas (p. ej., pera y limón) se ubican liderando

¹. En Argentina, para la producción y exportación de maíz, soja y trigo durante el periodo 2000_2004 se utilizaron 23KM3 agua/año (Aldaya et al., 2010).

las exportaciones mundiales. En los últimos años, sin embargo, la actividad se ha debilitado en la mayoría de las cadenas frutícolas. En líneas generales, si se compara la superficie actual con la ocupada a fines de la década de los 90 o inicios del 2000, se registran cambios regresivos en zonas emblemáticas como los valles irrigados de Río Negro y Neuquén, el noreste de la Provincia de Buenos Aires y Mendoza y el aumento en las plantaciones de frutillas y frutas finas (arándanos y otros “berries”) por parte de productores que disponen de recursos financieros y que disponen de canales de comercialización en el mercado interno y/o de exportación (Sánchez, 2020). Si bien la región pampeana se caracteriza por la producción agrícola extensiva (Craviotti 2012), en la que la soja es un claro ejemplo, otros productos se han desarrollado con marcado dinamismo en los últimos años (nueva ganadería intensiva, cítricos, arándanos). Entre los cultivos no tradicionales, novedosos y de alto valor, el kiwi ha ganado un espacio importante en la provincia de Buenos Aires, ocupando aproximadamente el 90% del total cultivado en el país.

En el cinturón frutihortícola que rodea a la ciudad de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina) desde la década de los 90 se han producido cambios relevantes en el paradigma tecnoproductivo resultado de la adopción extendida de invernáculos y la incorporación de cultivos frutícolas no tradicionales. En este espacio productivo, el uso intensivo de las coberturas plásticas, la aplicación de agroquímicos, el monocultivo, son entre otras, algunas de las causas que originan perturbaciones en los agroecosistemas como pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos, erosión de suelos, eutroficación y contaminación, entre otros (Zulaica et al., 2020).

La dinámica que adquiere la fruticultura se expresa en la expansión de la superficie destinada a cultivos de alto valor con posibilidades de exportación (tales como frutas finas -frutilla, cereza, arándano- y kiwi) orientados a mercados exigentes y su creciente escalada en cadenas globales de valor, con la consecuente incorporación de buenas prácticas agrícolas, protocolos de calidad y certificación ambiental requeridos. Los últimos datos indican que la superficie destinada a la producción de frutilla es de 110 ha con rendimientos de 85 ton/ha/año. En el caso del kiwi, las características agroecológicas de la zona se traducen en más de 300 ha implantadas y rendimientos cercanos a las 25 ton/ha/año (Di Bona, 2019). Desde el punto de vista económico, la actividad frutihortícola contribuye con el 77% del valor agregado al Producto Bruto Geográfico del Partido (Roveretti, 2016).

La evolución del sector frutícola en los últimos diez años ha mostrado una clara vocación exportadora. Se orienta a la producción de frutas para el mercado en fresco y primeras etapas de procesamiento agroindustrial (subproductos, feteados, congelados, etc.). La actividad cobra impulso con el ingreso de empresas agropecuarias de diversa escala de inversión y sujetos sociales agrarios de escasa o nula trayectoria en la actividad (Di Bona, 2018). Se constata un aumento significativo del volumen de producción y de los rendimientos de los cultivos, debido, fundamentalmente, a innovaciones de orden tecnológico, organizacional y de logística-comercial (Yommi, 2018; Adlercreutz, 2010). La componente especulativa de las inversiones en el sector y el carácter intensivo de las modalidades productivas conducen al aumento de la tasa de extracción y al deterioro del recurso hídrico, configurando un patrón

espacial de acaparamiento concentrado del agua que contribuye a la desigualdad y fragmentación socio-territorial.

Desde la Geografía Crítica y la Ecología Política se abre la discusión acerca de la sustentabilidad y la justicia ambiental que conlleva el modelo de desarrollo vigente y la emergencia de nuevas formas de distribución y acaparamiento hídrico. Se pone en juego la concepción de territorio hidrosocial que integra el concepto físico de cuenca con la dinámica social que se desarrolla en este territorio; es decir, con la manera en que los grupos sociales conciben y materializan los usos del recurso hídrico, así como con la manera en que se conectan con los flujos del agua y la infraestructura hidráulica. Los territorios hidrosociales son constantemente recreados por los actores sociales en relación con el ciclo hídrico, pudiendo sobrepasar o segmentar las fronteras físicas de las cuencas donde se asientan hasta el punto de reconfigurarlas. El concepto de territorio hidrosocial entendido en toda su profundidad conecta con el de 'paisajes del agua' (waterscapes), entidades espaciales configuradas por flujos físicos de agua, normas de acceso, tecnologías, instituciones, prácticas, discursos y significados que producen y están producidos por relaciones de poder. Desde estas perspectivas, se estudia "la naturaleza como un fenómeno híbrido", simultáneamente social, político y ecológico (Yacoub et al., 2015).

La crítica ecológica aporta una sólida arquitectura conceptual y metodológica a partir del análisis del metabolismo social, es decir, en el análisis de los flujos de energía y de materiales, y avanza en la elaboración crítica de indicadores biofísicos y sociales de sustentabilidad. Entre los que han tenido mayor desarrollo figuran la evaluación de

servicios ecosistémicos y los que refieren a Huellas Ambientales (huella hídrica y huella de carbono).

La Huella Hídrica (HH) es una herramienta que permite conocer el consumo y la contaminación del agua aplicable a una persona, producto, consumidor, país, empresa, negocio o área geográfica (en el uso directo e indirecto) (Hoekstra et al., 2012). La HH es un indicador global, multidimensional, espacio-temporal de apropiación del recurso hídrico, una noción distinta a la medida tradicional y restringida de la extracción de agua. En este sentido, es un indicador de sustentabilidad ambiental (Chapagain y Hoekstra, 2011). Numerosos autores (Trienekens, 2011; Herath et al., 2013; Lovarelli, 2016; Wackernagel y Yount, 2000, entre otros), afirman su validez teórica metodológica para el análisis de la distribución global de los recursos hídricos, los flujos de intercambio comercial de agua virtual entre países y regiones y la sustentabilidad (ambiental, social y económica) al interior de las tramas productivas y cadenas de valor.

Los estudios sobre HH en Argentina son relativamente escasos y recientes. En sentido amplio, se agrupan en torno a la preocupación por la gestión hídrica en el contexto de cambio climático, en la emergencia de propuestas ligadas a la Bioeconomía y en la identificación de productos con posibilidades tecnológicas para ingresar en mercados exigentes. En este marco, la HH se incorpora al grupo de las huellas ambientales de la generación de valor junto al Ciclo de Vida y la Huella de Carbono. Los estudios realizados en distintas regiones del país refieren principalmente a la etapa primaria y los primeros eslabones agroindustriales de la canasta de productos exportables. Anschau y Bongiovanni (2018),

Domínguez Lovaglio y Chauvet (2016), Civit et al. (2018) y Rodríguez et al. (2015) acuerdan en la utilidad del indicador como herramienta para la asignación eficiente del recurso hídrico, así como para el análisis de los intercambios que se dan entre diferentes territorios. La evolución del cinturón frutihortícola en clave hidrosocial da cuenta de avances y retrocesos y su análisis en profundidad es aún materia pendiente.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Para la cuantificación de la HH se utilizaron las etapas indicadas en Hoekstra et al. (2012). La metodología de la HH permite identificar y cuantificar el uso y consumo de agua según el origen de ésta. La HH está conformada por tres tipos de agua:

- Agua Azul proveniente de fuentes de agua superficial y subterránea.
- Agua Verde proveniente de la lluvia que es evapotranspirada por el cultivo.
- Agua Gris que corresponde al agua contaminada luego de cualquier proceso productivo.

La HH es un indicador directo e indirecto de la apropiación del agua, que incluye tanto el uso consuntivo (verde y azul) como el agua requerida para asimilar la contaminación (gris) (Erchin y Hoekstra, 2014). En este estudio se avanzó en el

cálculo de la huella hídrica verde y azul, dejando para trabajos posteriores el cálculo de la componente gris. Para el cálculo de cada una de las huellas (azul, verde) se siguieron los procedimientos y utilizó el software de FOOTPRINT NETWORK y FAO-CROPWAT (Allen et al., 1998). Para resolver las ecuaciones correspondientes a cada una de ellas se utilizaron parámetros de:

- Clima (temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento, incidencia solar y volumen de precipitación mensual). Los mismos se obtuvieron de CLIMWAT-FAO que recopila información suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional (estación meteorológica local AEROMDP)

- Suelo (humedad disponible total del suelo, tasa máxima de infiltración de precipitación, profundidad radicular máxima). La información se obtuvo

de informes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), base de datos CROWPAT y registros de campo (propio y provisto por técnicos agrónomos) de las explotaciones frutícolas analizadas.

• Cultivo (fecha de siembra y cosecha, etapas de crecimiento, coeficiente de cultivo, rendimiento). Estos datos fueron obtenidos mediante relevamientos y registros de campo (propios y provistos por técnicos

agrónomos) y de fuentes bibliográficas (Allen et al., 1998).

La información es usada por el CROWPAT para calcular los requerimientos de riego del cultivo, la precipitación efectiva, la evapotranspiración y el coeficiente de cultivo.

Huella Hídrica Verde:

$$HH_{verde} = P_{ef} / Y \text{ (Ton/ha)} \quad (1)$$

Donde P_{ef} es la precipitación efectiva calculada por el programa
 Y es el rendimiento (Ton/ha) del cultivo analizado

Huella Hídrica Azul:

$$HH_{azul} = CWU_{riego} / Y \text{ (ton/ha)} \quad (2)$$

Donde CWU es la cantidad de agua que debe ser suministrada a la planta para compensar las pérdidas provocadas por la evapotranspiración. Con la sumatoria de los valores obtenidos para cada componente de

las huellas hídricas azul y verde (ecuaciones 1 y 2) se obtiene, en este caso, la huella hídrica total.

2.2 ESTUDIO DE CASO

El estudio se llevó a cabo en una explotación frutícola de 8 ha que produce kiwi de la variedad Hayward desde 2008. Dada la edad de los cultivares -próximos a alcanzar su pico productivo- se obtienen rendimientos que rondan las 25 ton/ha. El sistema de riego es combinado (fertirriego por aspersión y

goteo). Los marcos de plantación (distancia entre hileras x distancia entre plantas en la fila) son de 5 x 3 m². Estos corresponden a una densidad de 666 plantas/ha, respectivamente. El sistema de conducción adoptado es el T-Bar. Este cultivo es exigente en condiciones de humedad

del suelo, control de heladas y protección ante vientos (Yommi, 2018). Para ello, los cultivos se protegen con cortinas y se aplica riego para evitar daños y pérdidas por congelamiento, especialmente en la fase cercana a la maduración del fruto. El ciclo anual del cultivo comienza en septiembre (aparición de brotes) y finaliza en abril con la cosecha del fruto.

La finca está ubicada en la zona frutihortícola que se extiende en los valles interserranos de la formación Sierra de los Padres y Sierra La Peregrina pertenecientes al Sistema de Tandilia (Figura 1). El mismo emerge en dirección NO-SE con afloraciones serranas de cumbres planas y lomadas discontinuas de escasa altura sobre el nivel del mar (50m - 200 m). Los valles y faldeos de las sierras están formados por suelos minerales oscuros y ricos en bases de profundidad y fertilidad variable.

De acuerdo con la Carta de suelos de la Serie Sierra de los Padres² la parcela de análisis corresponde a un Hapludol Lítico, suelo franco arcilloso que presenta características de excesivo drenaje, escurrimiento rápido a muy rápido y permeabilidad moderadamente lenta. Las limitantes de uso se deben a la presencia

de roca a escasa profundidad. Las características climáticas corresponden a los climas templados oceánicos de latitudes medias (temperaturas máximas y mínimas 18° y 8°, respectivamente). La presencia de cordones serranos, con zonas de variable altura y exposición a los vientos determinan, entre otros parámetros, un patrón de precipitaciones. Las precipitaciones anuales alcanzan los 900 mm y se distribuyen principalmente de primavera a verano, disminuyendo hacia el otoño, con inviernos relativamente más secos. La hidrografía de la zona se presenta como una red compuesta por cursos de agua, tanto permanentes como intermitentes, con nacientes en el área serrana y posterior curso en dirección SO-NE. La finca analizada se encuentra en la intersección de las cuencas Laguna de los Padres y Los Cueros, formada por arroyos de escasa expresión topográfica, de pequeño cauce y de escaso caudal (Figura 1). En cuanto a los recursos hídricos subterráneos, el Corredor Mar del Plata-Tandil, al cual pertenecen estas cuencas, es un área de recarga regional, vital para el sistema acuífero. Además, recibe aportes directos autóctonos a través de la precipitación y por escorrentía superficial desde las lomadas circundantes (Cionchi et.al., 1982).

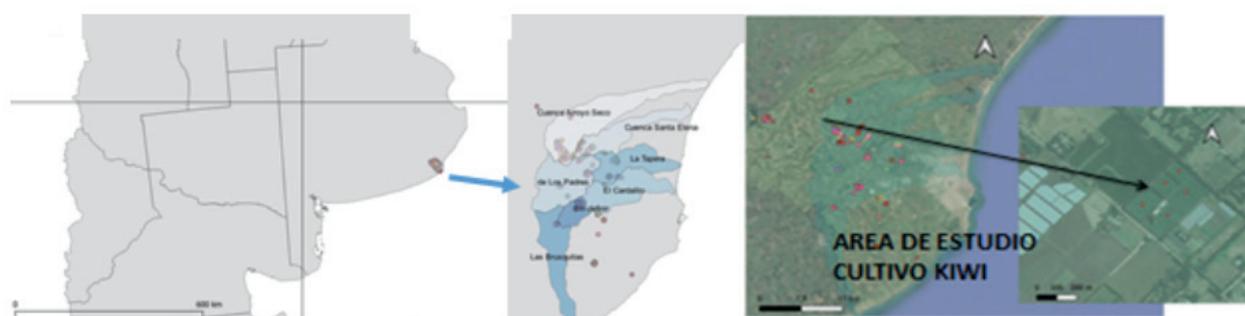


Figura 1. Cuencas hidrográficas del cinturón frutihortícola del sudeste bonaerense y área de estudio.

². Disponible en: <http://sisinta.inta.gob.ar/es/perfiles/2705>

3

RESULTADOS

De acuerdo a los valores de precipitación efectiva que arroja CROPWAT y los rendimientos del cultivo declarados por el pro-

ductor para la campaña 2020-2021. La HH verde obtenida fue de 223,8 m³/ton.

$$HHV = P_{ef} (559.7mm) / Y (25 t/ha) = 223,8 m^3/ton$$

La demanda de agua del cultivo en función de la evapotranspiración es de 8764 mm anuales. Dado que la precipitación efectiva es de 5597 mm anuales, el requerimiento de riego es 3842 mm anuales. De acuerdo a los valores de requerimiento de agua

del cultivo (RAC) que arroja CROPWAT y los rendimientos del cultivo declarados por el productor para la campaña 2020-2021, la HH azul obtenida fue 153,68 m³/ton.

$$HHA = CWU_{riego} (384,2mm) / Y (25 t/ha) = 153,68 m^3/ton$$

En consecuencia, la HH total del cultivo de kiwi es de 378 l/kg.

can los valores obtenidos para el caso de la papa (78 l/kg y 104 l/kg, respectivamente).

En este sentido, se observa que la disponibilidad y distribución de las precipitaciones (agua verde) cubren el 59 % de la demanda de agua del cultivo. El agua adicional (riego provisto por fuentes subterráneas) que requiere el cultivo (agua azul) representa 41 % del total. Los componentes de HH del kiwi fueron comparados con los de otros cultivos seleccionados por su variada distribución espacial, inserción en cadenas globales de valor y diversidad productiva. En términos relativos, la HH verde del kiwi (224 l/kg) es similar a la del limón en Tucumán (244 l/kg) y a la de naranja en Entre Ríos (193 l/kg). Sin embargo, la HH azul del cultivo estudiado es significativamente mayor (154 l/kg) que las correspondientes a los cultivos mencionados (limón 30 l/kg y naranja 18 l/kg). Las HH azul y verde del kiwi en esta zona dupli-

Si se comparan las HH azul y verde del kiwi con la frutilla de Tucumán, es posible reconocer que este cultivo es el único que muestra valores de HH azul mayores que los de huella verde. Por otro lado, la HH azul del kiwi es algo mayor que la de la frutilla (154 l/kg y 120 l/kg respectivamente). Sin embargo, la HH verde del kiwi es 6 veces superior a la de la frutilla.

En el caso analizado, los valores de HH resultan superiores a los de países del hemisferio sur (que lideran el mercado mundial de esta fruta). En el caso de Chile la HH es de 329 l/kg y en el de Nueva Zelanda de 320 l/kg. La situación desfavorable para el kiwi argentino se repite frente a países productores del hemisferio norte: Italia con una HH Total de 355 l/kg y Francia con una

HH Total de 300 l/kg. (Mekonnen y Hoekstra, 2011) (Figura 2).

Si se comparan las HH verdes, azules y totales, los rendimientos del cultivo de kiwi y las superficies destinadas a este cultivo en los países analizados, Argentina se sitúa en rendimientos más cercanos a los máximos como los de Chile y Nueva Zelanda, aunque la superficie total destinada al kiwi en Argentina es casi 28 veces menor que el área mayor destinada al cultivo en Italia. A pesar de ello, la HH total para el cultivo de kiwi en el cinturón frutihortícola estudiado es la mayor de todas las informadas y de éste valor (378 l/kg), el componente azul también lo es, alcanzando los 154 l/kg, que duplica el de las restantes regiones del

mundo (Tabla 1).
Un análisis comparativo entre los países situados en similares latitudes del hemisferio sur, muestra que a pesar de las condiciones climáticas diferentes (especialmente la distribución anual de precipitación, la precipitación efectiva y las temperaturas), técnicos y productores locales, aplican esquemas de riego siguiendo manuales e informes técnicos recomendados para la zona de Talca (Región del Maule, Chile). Los resultados de la comparación de superficies implantadas, rendimientos y distribución anual de precipitaciones de los tres países del hemisferio sur seleccionados son significativamente diferentes (Figura 3).

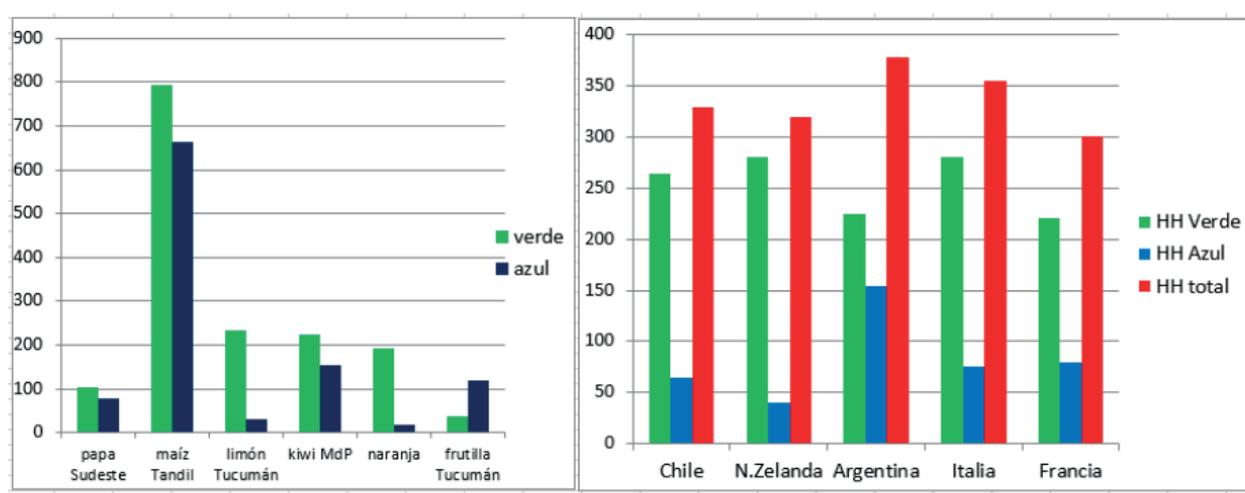


Figura 2. Huella Hídrica de cultivos en Argentina y kiwi en el contexto mundial.

Tabla 1. Rendimientos, superficie destinada al cultivo y HH (verde, azul, total) del cultivo de kiwi en los principales países productores del mundo.

	Rend (ton/ha)	Sup.tot(ha)	HH Verde	HH Azul	HH total
Chile	350	8.679	264	65	329
N.Zelanda	400	11.576	280	40	320
Argentina	250	900	224	154	378
Italia	25	24.861	280	75	355
Francia	14	3.809	220	80	300

Fuente: elaboración propia en base a Osorio U., Alfonso (ed). 2013.

4 DISCUSIÓN

En este estudio se realiza por primera vez el cálculo de la HH para el cultivo de kiwi en la zona del sudeste bonaerense. Los resultados obtenidos (378 l/kg) superan los hallados para otras frutas de exportación relevantes como el limón y la frutilla.

Los argumentos que sostienen los productores respecto de las ventajas agroecológicas que favorecen la expansión de la fruticultura local y su enorme potencial para escalar en los mercados externos, se refieren especialmente a la disponibilidad y cali-

dad de recursos (tierra y agua) y a su ubicación geográfica estratégica (proximidad de mercados, oferta contra estación).

Un aspecto que destacan es la variable latitudinal que comparten con los países productores del hemisferio sur (cercanía al mar y su efecto regulador de las temperaturas). Entre otras, éstas han sido las razones para impulsar la producción de un cultivo no tradicional en el espacio local y la adopción del paradigma tecno-productivo

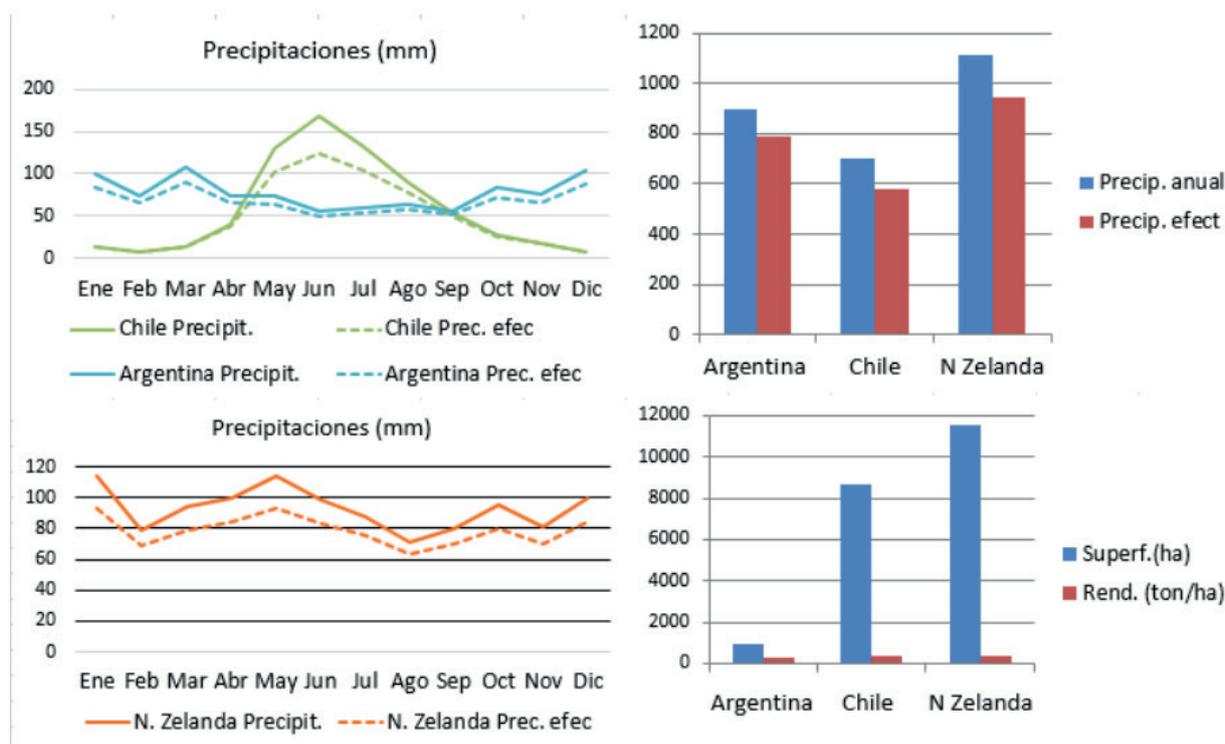


Figura 3. Precipitaciones, superficies destinadas al cultivo y rendimientos del kiwi en Chile, Nueva Zelanda y Argentina.

desarrollado en Chile y Nueva Zelanda. Sin embargo, las características climáticas difieren notablemente en los tres países. Dada la trayectoria reciente del cultivo en Argentina, la brecha entre países es aún mayor al observar la escala productiva, los rendimientos y la rentabilidad.

La evolución del cinturón frutihortícola en clave hidrosocial muestra cambios y continuidades en la gestión de los recursos hídricos. En esta primera aproximación a los procesos de expansión, retracción y recuperación de la agricultura intensiva en términos de circulación del agua y procesos de apropiación se identifican tres periodos o fases del ciclo hidrosocial. Una etapa inicial expansiva en la década del 50 que dio origen al cinturón verde, marcada por el aumento de la vida rural, producto de la subdivisión de grandes estancias ganaderas en parcelas hortícolas -distantes de la gran ciudad turística- y en el marco del proyecto de colonización agraria -en la cuenca Laguna de los Padres- que otorgó tierra (y con ello, agua) a 150 familias de productores en la franja que bordea la Laguna de los Padres. Una gama variada de hortalizas se producían y comercializaban mediante entrega directa, en lo que actualmente se denomina mercados de proximidad. En este escenario, se identifica la función social del recurso hídrico, su carácter de bien público, el flujo circular del agua y el retorno/recarga del sistema, dada la relativamente baja tasa de extracción y escala productiva.

Una segunda etapa de consolidación del cinturón hortícola (durante los años 70 y hasta los 90) que lo sitúa como segundo proveedor del mercado de hortalizas a escala nacional, se apoya en la incorporación de tierras (hacia otras zonas del partido sobre los ejes de las rutas que lo conectan con centros urbanos regionales), procesos

migratorios que aportaron mano de obra flexible y especializada (fundamentalmente de países limítrofes, bajo la modalidad de mediería) y la adopción de paquetes tecnológicos. Entre 1993 y 1998 la superficie destinada al cultivo aumentó de 8 a 11×10^3 ha.

Durante la tercera fase del ciclo hidrosocial, desde los años 90 y hasta la salida de la crisis de 2001, suceden dos periodos caracterizados por la retracción de la actividad (caída de los rendimientos, la rentabilidad y la reducción de la superficie a menos de 6000 ha) y posterior recuperación producto de la cristalización de una fase de intensificación hortícola, marcada por la adopción de invernáculos, tecnificación de los sistemas de riego, incorporación de semillas híbridas, uso extendido de agroquímicos y especialización productiva. En 2008, la superficie implantada alcanza las 10000 ha y en 2017 se contabilizan 9590 a campo y 650 bajo cubierta con 600 explotaciones de pequeña escala, de tipo hortícola, frutícola o mixto (el 80% de los productores con menos de 15 hectáreas). De un total de 40 especies cultivadas, 5 cultivos tradicionales de la zona (lechuga, tomate, zanahoria, maíz dulce y zapallo) representan en promedio el 65% del volumen total producido y de los ingresos por ventas en dicho período (Roveretti, 2016). El mercado local consume solo un 8% del volumen producido. Este periodo da señales de degradación y deterioro de los recursos. El uso y manejo de recursos hídricos revela su perfil estrictamente productivista y mercantil y procesos de apropiación concentrada del agua. Finalmente, durante la última década se produce la expansión de la frontera hídrica ligada a la dinámica de la fruticultura de valor. La cartografía del fenómeno señala nuevos ejes de expansión que prolongan la frontera productiva sobre ambientes frágiles como los humedales.

Estos territorios -históricamente marginales desde el punto de vista productivo-, son privilegiados por el capital financiero -en la actual fase agroexportadora- para el avance de la frontera extractivista y el despliegue de procesos de flexibilización agraria. El agua circula configurando paisajes hídricos en conflicto-disputando tierra- hacia las zonas altas de captación/apropiación (cabeceras de cuencas), bordes serranos vacantes e intersticios de la horticultura tradicional. En el ciclo hidrosocial actual la fruticultura de valor aumenta la presión sobre los

recursos hídricos subterráneos y exporta agua que no retorna al sistema. En este escenario la cuantificación de la HH resulta una herramienta estratégica para evaluar ajustadamente su efecto sobre el recurso disponible así como para la planificación y el diseño de políticas de uso y distribución más apropiadas.

5 CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en este estudio indican que: Se requieren estudios en profundidad para ajustar prácticas más eficientes en el uso del agua de riego-HH azul- revisando volúmenes y momentos de aplicación.
- La producción de kiwi se encuentra en una etapa expansiva que supone en la actualidad un esfuerzo sobre los recursos hídricos subterráneos tres veces superior a sus competidores (en promedio)
- En términos de intercambio de agua virtual, el balance para Argentina es negativo. Es posible mejorar la gestión de los recursos hídricos ajustando la producción a la variable biofísica local.
- La cuantificación de la huella hídrica en clave hidrosocial permite identificar hacia dónde y en qué medida “drenan” recursos hídricos subterráneos. Se ha podido constatar que en la fase actual del ciclo hidrosocial -ligada a la “fruticultura de valor”- el agua que se exporta no retorna al sistema.
- La frontera hídrica se prolonga hacia humedales y zonas de cabeceras de cuencas. Se configuran nuevos paisajes hídricos -en conflicto- con patrones tradicionales de uso y manejo de los recursos hídricos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Adlercreutz, E. (2010). Manual del cultivo de frutilla en el sudeste Bonaerense. Hoja Técnica INTA.
- Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith. M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Web: <https://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>
- Academias Nacionales de Ciencias Económicas Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Ingeniería (2011). La cuestión del agua. Algunas consideraciones sobre el estado de situación de los recursos hídricos de Argentina. La Plata: Universitaria de La Plata.
- Anschau, A., Bongiovanni, R. (2018). Evaluación de huella hídrica de la alfalfa para una mejor adaptación al cambio climático. En: Las huellas ambientales de la generación de valor. Hurlingham: Ediciones INTA.
- Banco Mundial, 2021, Agricultura, valor agregado (% del PIB) Web: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS>
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. (2011). The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecological Economics*, 70, 749-758.
- Cionchi, J.L., Schnack, E.J., Álvarez, J.R., Bocanegra, E., Bogliano, J., del Río, J.L. (1982). Caracterización hidrogeológica y física ambiental preliminar de la Laguna de Los Padres, Partido de General Pueyrredon, Prov. de Buenos Aires. Convenio MGP-UNMDP. Informe Inédito. 44 pp.
- Civit, B., Piastrellini, R., Curadelli, S., Arena, A. (2018). The water consumed in the production of grapes for vinification (*Vitis vinifera*). Mapping the blue and green water footprint, *Ecological Indicators*, 85, 236-243.
- Censo Nacional Agropecuario (CNA) (2018). INDEC
- Craviotti, C. 2012. Los cambiantes territorios del sistema global de frutas frescas y sus implicancias a nivel agrario. La producción del arándano en Entre Ríos. En *Tramas productivas y agentes sociales en la fruticultura globalizada*, Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Di Bona, A. (2018). El trabajo asalariado femenino en el espacio frutihortícola del partido de General Pueyrredon. (Tesis de Maestría. PLIDER). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. 186 pp.
- Di Bona, A. (2019). Mujeres y trabajo temporario en la fruticultura marplatense. *Estudios del Trabajo. Revista de la ASET*, 57, 19-28. Web: <http://ojs.aset.org.ar/revista/article/view/50>

Domínguez Lovaglio, V., Chauvet, S. (2016). Huella de agua: un punto de partida para plantear la reducción de agua en un empaque de frutillas. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.

Ercin, A., Hoekstra, A. (2014). Water footprint scenarios for 2050: A global analysis, *Environment International*, 64, 71-82.

FAO. 1993. El Estado mundial de la agricultura y la alimentación. Las políticas de recursos hídricos y la agricultura, Roma: 328 pp.

FAO AQUASTAT. 2012. World agriculture: towards 2015/2030. Summary Report. 154 pp.

Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, M. M. Aldaya, M.M. Mekonnen (2012). The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. Earthscan, London. 192 pp.

Lovarelli, D. (2016). Beyond the Water Footprint: A new framework proposal to assess freshwater environmental impact and consumption. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4189-4199.

Osorio U., Alfonso (2013). Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos. Serie Actas N° 50. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena.

Pengue, W. (2019). Agua virtual, agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras. *Fronteras*, 5, 14-25.

Roveretti, M. (2016). Estrategias productivas y resultados económicos en la horticultura marplatense entre 1993-2012: Un análisis de insumo-producto. *Faces UNMdP* 22 (46), 9-27.

Sánchez, E. E. (2020). Programa Nacional Frutales: superficie ocupada por plantaciones frutales en el país y cambios en su estructura productiva. Buenos Aires, Ediciones INTA.

Trienekens, J. (2011). Agricultural Value Chains in Developing Countries A Framework for Analysis *International Food and Agribusiness Management Review* 14 (2), 51-82.

Wackernagel, M, Yount, D. (2000). Footprints for Sustainability: the next steps. *Environment, Development and Sustainability*, 2, 21-42.

Yacoub, C., Duarte, B., Boelens, R. (2015). Agua y Ecología Política: El extractivismo en la agroexportación, la minería y las hidroeléctricas en Latinoamérica. Quito: Abya Yala.

Yommi, A. (2018). Kiwi: manejo del suelo, riego y fertilización. Buenos Aires: Ediciones INTA.

Zulaica, L., Vazquez, P., Daga, D. (2020). Transformaciones territoriales en el periurbano hortícola de Mar del Plata (Argentina) y su incidencia en los procesos de erosión hídrica. *Revista de Geografía Norte Grande* 75, 179-200.

POLO ECOLÓGICO CHASICÓ, PRODUCCIÓN SUSTENTABLE EN PEQUEÑAS COMUNIDADES BASADA EN BIOMASA Y ENERGÍAS RENOVABLES

 Maximiliano Bidegain ¹, Daniel Bastán ², Mariela Virgili ^{2 3 4}
Pablo Postemsky ⁵ y Horacio Campaña ¹

¹ Grupo de Estudio Ambiente Química y Biología
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: mbidegain@criba.edu.ar

² Polo Ecológico Chasicó Chasicó, Argentina

³ Universidad Provincial del Sudoeste Bahía Blanca, Argentina

⁴ Departamento de Ciencias de la Administración Universidad Nacional del Sur
(8000) Bahía Blanca, Argentina.

⁵ Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles y Medicinales CERZOS
CONICET - UNS
Camino La Carrindanga Km. 7 - Edificio E1 – (8000) Bahía Blanca, Argentina.

RESUMEN

Chasicó es una localidad del Partido de Tornquist con 209 habitantes donde nació el emprendimiento “Polo Ecológico Chasicó” (PECH), de la mano de los emprendedores locales Silvana Ardito, Daniel Bastán y Mariela Virgili y con apoyo formativo y académico de la UNS, UTN, UPSO y CONICET. Este emprendimiento, basado en el empleo de energías renovables y la producción sustentable aplicando conceptos de economía circular y objetivos de desarrollo sostenible (ODS), tiene como objetivo crear una empresa público-privada de triple impacto, apoyada en tres conceptos: valor económico, mirada social e impacto ambiental. Para alcanzar estos objetivos la propuesta incluye la producción de biogás a partir de residuos domiciliarios, el cultivo de hongos a partir de sustratos regionales y el compostado del sustrato residual de la producción de hongos con residuos domiciliarios. Para la producción de biogás se llevará a cabo la optimización del proceso en base a un biodigestor dimensionado para una pequeña localidad, se evaluarán los pretratamientos de biomasa previo al ingreso al digestor, y se analizarán materiales inoculantes de microorganismos. La producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) y medicinales (*Ganoderma sessile*) se realizará utilizando pasturas y cola de cosecha del sudoeste bonaerense como sustrato, en invernaderos bioclimáticos especialmente diseñados, aprovechando el biogás obtenido para la calefacción del invernadero y para el proceso de pasteurización del sustrato. Finalmente se combinarán los efluentes de ambas producciones, sustrato de hongo residual y bioles de los biodigestores, para

obtener un biofertilizante caracterizado. Desde sus inicios y en asociación con distintas instituciones de ciencia y tecnología, el proyecto ha buscado y aplicado a distintos instrumentos de financiamiento y promoción tanto locales, nacionales e internacionales, como, por ejemplo, el programa “Ciencia y Tecnología contra el Hambre” del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Proyectos Grupos de Investigación de la Universidad Nacional del Sur y EuropeAid de la Unión Europea. Asimismo, el proyecto busca vincularse activamente con el Estado en sus tres niveles, así como también con el medio socio-productivo. Actualmente el PECH ha logrado el apoyo del Municipio de Tornquist y se encuentra declarado de interés municipal, legislativo y provincial. El emprendimiento cuenta con un biodigestor adquirido en China próximo a ser instalado y en el periodo 2022-2023 se construirá el invernadero especialmente diseñado para la producción de hongos. Además, el proyecto ha sido seleccionado en distintas convocatorias para obtener financiamiento (Concurso de Energías Renovables del SO Bonaerense 2017; Proyectos de Grupos de Investigación en Temas de Interés Regional (PGI-TIR), Convocatoria 2019 – 2020), lo que fortalece su continuo desarrollo.

PALABRAS CLAVE: hongos comestibles y medicinales; biogás; compostaje; economía circular; vinculación tecnológica.

1

INTRODUCCIÓN

La rápida expansión industrial y el crecimiento sostenido de los grandes centros urbanos en las últimas décadas generan problemas ambientales, como la contaminación de los recursos hídricos y el calentamiento global, y un incremento de las desigualdades sociales. Con el fin de enfrentarse a estos desafíos sin precedentes para la comunidad internacional, la Organización de las Naciones Unidas declaró, a través de su Agenda 2030, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los ODS son un grupo de 17 metas interconectadas que apuntan a un futuro mejor y más sostenible para todos los habitantes.

En este contexto cobra relevancia el concepto de “Parque Eco-Industrial” como un modelo de desarrollo sostenible que permite mitigar el impacto de la degradación ambiental y el desarraigo en pequeñas comunidades rurales (Lowe, 2001). En este tipo de propuestas las empresas establecidas en un parque eco-industrial cooperan entre sí y con la comunidad local para aprovechar eficientemente los recursos, mejorar la calidad ambiental y generar empleo.

Chasicó es una localidad del Partido de Tornquist donde solo el 3% de los egresados del secundario provenientes de la localidad y zona de influencia (en un radio de 20 km) permanecen en el pueblo. Los cambios en la matriz productiva de los pueblos agrícola-ganaderos es en parte causa de la migración, demostrando la necesidad de generar nuevas oportunidades de empleo para sostener el tejido social sin limitar el desarrollo de las personas. El Polo Ecológico

Chasicó (PECH) es un proyecto ideado en 2017 por la residente Silvana Ardito, un docente y ex-residente de Chasicó, Daniel Bastán, y su esposa, también ex-residente, Mariela Virgili. La idea original fue recibiendo mejoras y modificaciones para convertirse en una propuesta público-privada de triple impacto para establecer un Parque Eco-Industrial basado en el empleo de energías renovables y la producción sustentable aplicando conceptos de economía circular y objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Para alcanzar estos objetivos la propuesta incluye el cultivo de hongos a partir de sustratos regionales, la producción de biogás, y el compostado del sustrato residual de la producción de hongos con residuos domiciliarios.

Entre los hongos cultivados, la producción de los llamados hongos de especialidad (los que no son champiñón), como gírgolas, shiitake y reshi (*Pleurotus spp*, *Lentinula edodes* y *Ganoderma spp*, respectivamente), se encuentra en auge desde hace varias décadas y se espera que continúe con tasas anuales de crecimiento de entre el 6.3% y el 9.3%, al menos hasta 2028 (Fortune Business Insights, 2022; SkyQuest Technology Consulting Pvt Ltd., 2022). Esta actividad tiene una importante dimensión económica, ambiental y social. En primer lugar, el cultivo de hongos permite obtener una cantidad significativa de un alimento funcional con alto valor nutritivo, en pequeñas áreas y en cortos periodos de tiempo. Otra característica favorable es que emplea como sustrato residuos de la actividad agropecuaria y

de la agroindustria. La biodegradación de residuos lignocelulósicos permite reducir el impacto ambiental que genera la eliminación inadecuada de tales residuos (Bidegain et al., 2015). Por lo tanto, el cultivo de hongos es un proceso de gran importancia en el sector productivo, ya que se logran dos objetivos al mismo tiempo, la producción de alimentos de alta calidad y la reducción del impacto ambiental por residuos agroindustriales.

Los sustratos residuales de la producción de hongos están compuestos principalmente por el micelio del hongo y la biomasa lignocelulósica desintegrada. Por sus características pueden tener aplicaciones en otras actividades, como biofertilizantes, fuentes de enzimas para la biorremediación y producción de biogás por digestión anaeróbica (Gao et al., 2021; Leong et al., 2022; Postemsky et al., 2016).

La biodigestión anaeróbica y la fermentación en estado sólido con hongos comestibles son dos procesos biotecnológicos de valorización de biomasa que pueden integrarse, en diferentes formas y distintos niveles, para cumplir con los conceptos propuestos para una “economía circular”. En este paradigma, los residuos de cada paso tecnológico son utilizados como insumos del siguiente, finalizando con una regeneración de recursos para la naturaleza (Geissdoerfer et al., 2017). Siguiendo este modelo, en este proyecto se plantea implementar una cadena de procesos biotecnológicos destinada al aprovechamiento total de residuos agroindustriales del sudoeste bonaerense, para obtener productos de alto valor, de manera sustentable, utilizando recursos energéticos renovables y generando empleo sostenible en una pequeña localidad.

En este artículo describiremos brevemente la historia y evolución del PECH, los desafíos a los que se enfrenta y las perspectivas futuras de este proyecto.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIDAD DE CHASICÓ

Chasicó es una comunidad rural de 209 personas, de las cuales 82 son niños escolarizados, ubicada en el partido de Tornquist (38°20'00"S 62°39'00"O, Pcia Bs As). La localidad representa uno de los tantos pueblos rurales que enfrentan desafíos para lograr arraigo (sólo en la provincia de Buenos Aires hay aproximadamente 200 pueblos con una población de entre 100 y 1000 habitantes). Esto se debe principalmente a la escasa oferta de trabajo, así como al elevado costo de vida.

El pueblo se encuentra a 49,6 km por camino de tierra de la cabecera del partido y a 72 km por asfalto de la ciudad más grande, Bahía Blanca. Resulta positivo para el emprendimiento eco-industrial la cercanía al Puerto de Bahía Blanca, por asfalto a través de la RN 35, y la existencia de la red ferroviaria que atraviesa la localidad.

2.2 GRUPO EMPRENDEDOR Y COLABORADORES

El grupo emprendedor se conformó a principios del año 2017 cuando llegó a la Delegación Chasicó de la Municipalidad de Tornquist una convocatoria del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires para participar en el concurso Plataforma de Innovación, para proyectos basados en energías renovables. Silvana Ardito, empleada de la Delegación Chasicó, Daniel Bastán,

ex-docente de la Escuela Secundaria N° 6 de Chasicó, y su esposa, la Ingeniera Agrónoma Mariela Virgili, conformaron el equipo "Polo Ecológico Chasicó". Su participación se basó en la posibilidad de utilizar los residuos orgánicos obtenidos de la separación domiciliar para generar biogás para calefaccionar invernaderos y erradicar el basural a cielo abierto de la localidad. El proyecto fue seleccionado

junto a otros cinco proyectos, de entre 24 presentados, para la fase de mentoría. En esta etapa, con el asesoramiento de profesionales de la Universidad Provincial del Sudoeste se armó un plan de negocios en base al análisis de mercado y el potencial productivo. Finalmente, el proyecto se alzó con el primer premio del concurso, lo que sirvió para afianzar las bases del naciente grupo.

Con el tiempo al grupo emprendedor se sumaron integrantes y colaboradores: el

Lic. Fabricio de Arriba Arévalo, abogado especialista en parques industriales, que propuso ampliar el proyecto para conformar una Unidad Modular Productiva (UMPRO), el Lic. Pablo Obrequé, economista especialista en emprendimientos de innovación tecnológica, y los Dres. Pablo Postemsky y Maximiliano Bidegain que aportaron sus conocimientos en el cultivo de hongos comestibles y medicinales.

2.3 VINCULACIÓN CON EL MEDIO

2.3.1 VINCULACIÓN CON EL ESTADO

Existen en nuestro país cada vez más parques industriales vinculados a la estrategia de desarrollo económico de una localidad, buscando la industrialización de la producción con el objetivo de generar nuevos puestos de trabajo y arraigo local. En estos proyectos, y más aún en aquellos donde se busca la sustentabilidad ambiental como pilar del desarrollo, es fundamental la gestión pública para lograr estos objetivos. Es por ello que el Polo Ecológico Chasicó se constituye como una propuesta público - privada, donde es necesaria la participación del Estado en sus tres niveles. Desde sus inicios el proyecto ha buscado un contacto permanente y fluido con el Municipio de Tornquist, la Provincia

de Buenos Aires y el Estado Nacional. Esta interacción se ha realizado directamente entre el grupo emprendedor y funcionarios de diversas delegaciones, secretarías y ministerios, de los tres niveles del estado, así como también por intermedio de organismos públicos, como universidades y CONICET.

2.3.2 VINCULACIÓN CON EL MEDIO ACADÉMICO

El desafío que propone el proyecto del PECH es de naturaleza transdisciplinaria, por lo que es de vital importancia la interacción y el aporte de científicos y técnicos de los distintos campos de estudio intervinientes. La propuesta involucra aspectos biológicos, agronómicos, económicos, sociales, de salud, legales, de logística, ingeniería y turísticos. Es por lo tanto necesario contar con la

colaboración de especialistas para el diseño y la construcción de infraestructuras como invernaderos bioclimáticos, que requieren adaptación a las condiciones climáticas del sudoeste bonaerense, asesoramiento para el cultivo de hongos y la operación del biodigestor, así como también la resolución de asuntos legales y económicos.

2.3.3 VINCULACIÓN CON EL MEDIO PRODUCTIVO Y SOCIAL

La propuesta del PECH contempla la formación y transferencia del conocimiento a distintos niveles educativos (jardín de infantes, escuelas primarias y secundarias), así como a todos los adultos interesados en capacitarse en la clasificación y utilización de residuos para la producción de biogás, cultivo de hongos comestibles y medicinales y otros emprendimientos que formen parte del ecosistema eco-industrial que plantea PECH (se contempla un espacio para, al menos, seis emprendimientos).

Por otro lado, el proyecto es escalable y replicable, por lo cual, pretende servir de modelo para otras localidades que enfrentan problemas similares. Para lograrlo es necesario difundir las actividades que realiza el emprendimiento, ya sea a través de medios audiovisuales o en exposiciones de temáticas afines.

2.4 CULTIVO DE HONGOS

El cultivo de hongos se realiza en dos etapas bien definidas que se corresponden con los estados vegetativo y reproductivo del hongo. En la jerga de los cultivadores al estado vegetativo se lo conoce como fase de corrida del “spawn” o micelio, y al estado reproductivo como fase de fructificación. Durante la fase de crecimiento vegetativo el micelio produce enzimas extracelulares que degradan a los componentes lignocelulósicos del sustrato en compuestos más simples. Estos compuestos más simples son solubles y pueden ser absorbidos por las hifas para ser utilizados en el metabolismo del hongo. Cuando la colonización del sustrato es completa se puede pasar del estado vegetativo al reproductivo. Este cambio en la fase de crecimiento se logra mediante ciertos estímulos ambientales que pueden ser aprovechados por el cultivador. Algunos de estos factores ambientales pueden ser: temperatura, luz y cambio de la concentración de gases atmosféricos. Estos factores, junto con la humedad ambiental y del sustrato, deben ser regulados y controlados, ya que son críticos en el crecimiento y desarrollo del hongo (Miles y Chang, 2004).

Por otro lado, el sustrato donde crece el hongo debe cumplir ciertas condiciones. Debe tener una adecuada capacidad de retención de agua y su estructura debe permitir una buena aireación en toda su masa. La composición química del sustrato debe satisfacer las necesidades nutricionales del hongo y no poseer sustancias que inhiben su desarrollo. Por lo general, los hongos solo requieren una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno, algunos minerales y vitaminas, y agua. La relación C/N es impor-

tante para el crecimiento del hongo y depende de cada especie. El microbiota presente en el sustrato no debe competir con el crecimiento del hongo, y por lo general se requieren procesos de pasteurización. La pasteurización reduce la carga microbiana original que pueda interferir con el desarrollo normal del hongo y por lo tanto tiene un efecto directo sobre el rendimiento final del cultivo.

En este proyecto se buscaron opciones para mejorar la eficiencia de procesos energéticamente intensivos como la pasteurización del sustrato y el mantenimiento de las condiciones ambientales dentro de la sala de cultivo. Además, el uso de sustratos locales fácilmente disponibles es esencial para lograr un emprendimiento sostenible y rentable.

2.5 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Un biodigestor es un recinto cerrado donde crecen microorganismos en condiciones anaeróbicas, degradando materia orgánica para producir biogás, formado principalmente por metano y CO₂, y un digestato semisólido que tiene buenas propiedades agronómicas para ser utilizado como fertilizante (Deng et al., 2020). Por lo tanto, un biodigestor cumple tres objetivos: control de contaminación, producción de energía y producción de bioabono.

Son muchas las condiciones que afectan la producción de biogás. Hay que tener en cuenta que es un proceso biológico y cualquier factor que favorezca o inhiba la actividad de las bacterias metanogénicas va a tener un impacto directo en la eficiencia del biodigestor y la calidad del biogás producido (Deng et al., 2020).

El análisis económico de la obtención de la producción de biogás es muy complejo y debe realizarse desde un punto de vista local, a nivel microeconómico. La mayoría de los factores a tener en cuenta son costos de oportunidad que van a variar de una locación geográfica a otra. Entre ellos, la disponibilidad de materia orgánica para la operación del biodigestor es uno de los más influyentes.

2.6 PRESENTACIÓN A CONVOCATORIAS Y CONCURSOS

La presentación a distintas convocatorias y concursos con el fin de obtener fondos para el desarrollo del proyecto ha sido uno de los motores impulsores que dieron origen al nacimiento y evolución del grupo emprendedor. El proyecto se ha presentado a distintas convocatorias públicas, nacionales e internacionales, en asociación

con instituciones públicas y académicas, con el fin de obtener financiamiento para concretar sus objetivos. Asimismo, se ha presentado a concursos destinados a emprendedores.

3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 VINCULACIÓN CON EL MEDIO ACADÉMICO

3.1.1 CONICET – UNS

La vinculación con CONICET y la Universidad Nacional del Sur (UNS) comenzó en el año 2018 a partir del asesoramiento realizado por el Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles y Medicinales del CERZOS (CONICET - UNS), actualmente bajo la dirección del Dr. Pablo Postemsky, para el diseño de invernaderos geodésicos para el cultivo de hongos comestibles y medicinales. Este aporte se extendió para incluir la planificación de una empresa de base tecnológica (EBT) destinada al cultivo del hongo medicinal Ganoderma

sessile empleando los datos obtenidos por el Dr. Bidegain durante su trabajo de tesis doctoral. Por otra parte, la Ing. Virgili, una de las fundadoras del proyecto, inició una tesis de Magíster en Administración en el Departamento de Ciencias de la Administración (DCA - UNS), bajo la co-dirección del Dr. Postemsky, cuyo tema de investigación es el impacto socioeconómico de proyectos productivos de hongos en localidades rurales pequeñas, siendo el modelo del PECH el caso de estudio para el desarrollo del magíster.

3.1.2 UNIVERSIDAD PROVINCIAL DEL SUDOESTE (UPSO)

La vinculación con CONICET y la Universidad Nacional del Sur (UNS) comenzó en el año 2018 a partir del asesoramiento realizado por el Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles y Medicinales del CER-

ZOS (CONICET - UNS), actualmente bajo la dirección del Dr. Pablo Postemsky, para el diseño de invernaderos geodésicos para el cultivo de hongos comestibles y medicinales. Este aporte se extendió para incluirla.

En 2018 se sumó como asesor del equipo emprendedor el Abogado Fabricio De Arriba Arévalo, actual Director de Relaciones Institucionales de la UPSO y director de RED PARQUES industriales argentinos, con especial virtud de participar en la gestión de trámites de cesión de terrenos y de habilitación de parques industriales. Su aporte permitió replantear al proyecto del Polo Ecológico Chasicó como una Unidad Modular Productiva (UMPRO) de acuerdo a la ley 14.792 de la Provincia de Buenos Aires. El artículo 24 de esta ley define como Unidades Modulares Productivas a aquellos “espacios para instalaciones vinculadas a procesos tecnificados, que podrán ubicarse en áreas rurales y/o complementarias”.

El Lic. Pablo Obreque es profesor adjunto en la UPSO y participa en programas de acompañamiento y capacitación de emprendedores. El Lic. Obreque ha capacitado al grupo emprendedor durante su participación del concurso Plataforma de Innovación en 2017. Además, junto al Lic. Claudio Tesán, Vicerrector del Área de Relaciones Institucionales y Comunicación de la UPSO, dictaron una capacitación sobre formulación de proyectos en la Escuela Secundaria N° 6 de Chasicó.

3.1.3 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA (UTN - FRBB)

El Grupo de Estudios sobre Energía (GESE) ha realizado la evaluación teórica para la generación de energía sustentable para abastecer al PECH a través de molinos eólicos y paneles solares. Junto con la Unidad de Desarrollo Industrial y Tecnológico (UDITEC) han participado en el diseño de un prototipo para la pasteurización del sustrato, previendo su futura instalación en el predio del PECH.

Recientemente el Dr. Bidegain se ha incorporado al Grupo de Estudio Ambiente Química y Biología (GEAQB) donde se prevé evaluar la codigestión anaeróbica del sustrato residual del cultivo de hongos con estiércol vacuno para la producción de biogás y biometano. Esta investigación servirá de base para la operación del biodigestor próximo a instalarse en el predio.

3.2 VINCULACIÓN CON EL ESTADO

3.2.1 MUNICIPIO DE TORNQUIST

Gestiones con el Municipio de Tornquist permitieron definir la ubicación de la Unidad Modular Productiva en un terreno de dos hectáreas perteneciente al Ferrocarril, ubicado en el ingreso al pueblo. Se han iniciado los trámites con Trenes Argentinos, la Agencia de Administración de Bienes del Estado (ABBE) y el estado provincial para lograr la cesión de estas tierras a la concreción del proyecto. A través de la Delegación Municipal de Chasicó se ha realizado el acondicionamiento de estas tierras, desmalezando y emparejando la superficie.

En 2018 el proyecto fue declarado de “Interés Municipal” por el Honorable Concejo Deliberante de Tornquist. Por otro lado, el Municipio de Tornquist ha apoyado la participación del proyecto en distintos concursos y convocatorias.

3.2.2 PROVINCIA DE BUENOS AIRES

En 2018 el Polo Ecológico Chasicó fue declarado de “Interés Legislativo” por la Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. En 2019 el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia lo declaró de “Interés Provincial”.

Además, funcionarios de la Dirección de Industria bonaerense perteneciente al Ministerio de la Producción de la Provincia de Buenos Aires realizaron una visita técnica con el fin de observar el predio destinado a contener las instalaciones del Polo Ecológi-

co Chasicó, así como interiorizarse de algunos detalles del proyecto.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires realizó un anteproyecto de la Unidad Modular Productiva (UMPRO) Polo Ecológico Chasicó.

3.2.3 ESTADO NACIONAL

El Ministerio de Desarrollo Social a través de su personal técnico colaboró con la redacción del proyecto presentado en la con-

vocatoria del año 2020 “Argentina contra el Hambre”.

3.3 VINCULACIÓN CON EL MEDIO PRODUCTIVO Y SOCIAL

Polo Ecológico Chasicó participó en la Exposición de Parques Industriales de Buenos Aires (EPIBA) en sus ediciones de los años 2019 y 2020. La muestra es organizada por UIPBA (Unión Industrial de la Provincia de Buenos Aires) y Red PARQUES y es la más destacada en Argentina en el sector de Parques Industriales. En la 5° edición, del año 2019, el PECH se convirtió en el primer agrupamiento o proyecto industrial del distrito de Tornquist en presentarse en EPIBA. Estas presentaciones permitieron visibilizar el novedoso proyecto de Parque Eco-Industrial, en el ámbito que le es propio, a la vez que tener contacto con otros parques de la provincia y del país, proveedores, emprendedores y personalidades del sector.

Se realizaron jornadas de extensión con el Jardín de Infantes N° 904 “Celeste y Blanco” y la Escuela Primaria N° 24 “Manuel Leo” de Chasicó. Durante estas jornadas se construyó junto a los niños un pequeño biodigestor anaeróbico que fue presentado en la Feria de Ciencias de Tornquist, logrando alcanzar la etapa regional con muy buenas repercusiones. Actualmente se está trabajando con

el Jardín de Infantes N° 904 para montar un par de pequeños invernaderos para el cultivo de hongos y plantas. También se realizaron jornadas de extensión en la Escuela de Educación Secundaria N° 6, donde se presentó a los alumnos los principales conceptos y objetivos del proyecto.

A lo anterior se suma la tarea de divulgación realizada a través de numerosas notas periodísticas a medios tales como Opiniones (Tornquist Videocable), LaNueva, y a producciones audiovisuales y radiales como SustentarTV, LU2, Hola Pehuen y Conexión Parques. El emprendimiento además difunde sus actividades a través de su página web (www.poloecologicochastico.com).

3.4 OPTIMIZACIÓN DEL CULTIVO DE HONGOS

El proyecto contempla la producción de hongos comestibles y medicinales, residuos agroindustriales del sudoeste bonaerense como sustrato. Algunos de estos sustratos, como la cáscara de semilla de girasol han sido evaluados con excelentes resultados (Bidegain et al., 2015

El diseño de las salas de cultivo de hongos y el método de pasteurización del sustrato son de vital importancia para conseguir la eficiencia energética necesaria para la sustentabilidad de este proyecto. Dentro de los modelos de invernaderos evaluados, el tipo “walipini” demostró ciertas ventajas que lo hacen adecuado para la región del sudoeste de la Provincia de Buenos

Aires, por lo que en el predio del PECH se inició la construcción de un walipini de 25 metros de largo, 5 metros de ancho y 3 metros de profundidad. El walipini permite mantener un ambiente cálido y estable durante todo el año. En sus términos más simples, consiste en un pozo de dos a tres metros de profundidad cubierto de un techo rectangular de plástico, inclinado en un ángulo que permita que el área más larga del rectángulo mire hacia el sol del invierno. De esta forma el invernadero absorbe más calor durante el invierno que en cualquier otra época del año. Por otro lado, la Tierra es una fuente de calor natural: a 2 metros de profundidad la temperatura del suelo será al menos 10 °C más alta que en la superficie.

En cuanto a la pasteurización del sustrato se están evaluando diferentes opciones que permitan la seguridad del proceso con

el menor consumo de energía posible. Para ello se han evaluado distintas alternativas empleadas en la región y actualmente, en asociación con UDITEC, se está diseñando un prototipo de pasteurizador que permita trabajar con distintos sustratos.

3.5 BIODIGESTOR ANAERÓBICO

Para la producción de biogás se llevará a cabo la optimización del proceso en base a un biodigestor de 10 m³, de tipo batch, adquirido en China, próximo a instalarse en el predio. Se estudiará la posibilidad de emplear el sustrato residual del cultivo de hongos como biomasa para alimentar al biodigestor, lo que permitirá generar un circuito de emisión cero. Este tipo de biomasa presenta algunos desafíos que podrían superarse en codigestión con estiércol vacuno. Por ejemplo, la codigestión anaeróbica del sustrato de hongo residual con estiércoles de distinto origen, ha sido empleada exitosamente, observándose una mejora en la estabilidad y en los tiempos de la fermentación (Gao et al., 2021; Rabii et al., 2019).

Una característica interesante de este sustrato residual, es que el micelio del hongo libera durante su crecimiento una gran cantidad de enzimas extracelulares que degradan la matriz lignocelulósica reduciendo el contenido de lignina y alterando la estructura superficial de la biomasa, lo que redundaría en una mejora en los rendimientos de producción de biogás, al facilitar la primera etapa de la degradación anaeróbica, que puede transcurrir más rápido y con menos energía (Mamimin et al., 2021; Pérez-Chavez et al., 2019).

3.6 RESULTADOS DE LAS PRESENTACIONES A CONCURSOS Y CONVOCATORIAS

La Tabla 1 resume las presentaciones a convocatorias y concursos a los que se han presentado proyectos relacionados directamente con el Polo Ecológico Chasicó, ya sea directamente a través del grupo emprendedor o junto a instituciones colaboradoras.

TABLA 1. Presentación a convocatorias y concursos.

Año	Nombre	Organismo	Título	Resultado
2017	Concurso Plataforma de Innovación	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires	Polo Ecológico Chasicó	1er Premio
2019	Proyectos de Grupos de Investigación en Temáticas de Interés Regional (PGI - TIR)	Universidad Nacional del Sur	Polo Ecológico Chasicó, producción sustentable en pequeñas comunidades agrícolas basada en RSU, biomasa y energías renovables	Otorgado
2019	Proyectos de Vinculación Tecnológica para atender problemas de vulnerabilidad social	CONICET	Polo Ecológico Chasicó, producción sustentable en pequeñas comunidades agrícolas basada en RSU, biomasa y energías renovables	No otorgado
2020	Programa “Ciencia y Tecnología contra el Hambre”	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República Argentina	Polo Ecológico Chasicó, producción de hamburguesas veggie desde una comunidad rural con economía circular	No otorgado
2020	Argentina 2020 – Programa Temático Organizaciones de la Sociedad Civil	Comisión Europea	Implementación participativa de ODS en comunidades rurales argentinas: Chasicó un caso representativo con posibilidades de replicación	No otorgado

4

CONCLUSIONES

- Desde sus inicios, la estrecha vinculación de los emprendedores con instituciones académicas y el medio social ha motivado la constante evolución del proyecto impulsándolo hacia metas cada vez más ambiciosas. A lo largo del camino se han presentado desafíos, algunos predecibles como el trámite burocrático para la cesión de las tierras y la dificultad para acceder a financiamiento, y otros imponderables como la pandemia de COVID-19 o la dificultad de excavar el terreno para la construcción del invernadero. Sin embargo, y pese a las dificultades, el emprendimiento se ha mantenido firme y dando pasos concretos para la materialización de sus objetivos.
- La biomasa y energías renovables, resulta de especial interés para la región. Es un modelo a seguir para la solución tanto de problemas ambientales, sociales como económicos, y en definitiva evitar la desaparición de localidades cuyos habitantes emigran por falta de oportunidades.

5 BIBLIOGRAFÍA

Bidegain, M. A., Cubitto, M. A., & Curvetto, N. R. (2015). Optimization of the Yield of Lingzhi or Reishi Medicinal Mushroom, *Ganoderma lucidum* (Higher Basidiomycetes), Cultivated on a Sunflower Seed Hull Substrate Produced in Argentina: Effect of Olive Oil and Copper. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 17(11), 1095-1105.

<https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v17.i11.100>

Deng, L., Liu, Y., & Wang, W. (2020). Anaerobic digestion microorganisms. En L. Deng, Y. Liu, & W. Wang, *Biogás Technology* (pp. 1-29). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4940-3_1

Fortune Business Insights. (2022). Mushroom Market Size, Growth, Share | Global Analysis [2028] (N.º FBI100197; Market Research Report). <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/mushroom-market-100197>

Gao, X., Tang, X., Zhao, K., Balan, V., & Zhu, Q. (2021). Biogás production from anaerobic co-digestion of spent mushroom substrate with different livestock manure. *Energies*, 14(3), 570. <https://doi.org/10.3390/en14030570>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Leong, Y. K., Ma, T.-W., Chang, J.-S., & Yang, F.-C. (2022). Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. *Bioresource Technology*, 344, 126157. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126157>

Lowe, E. A. (2001). *Eco-industrial park handbook for Asian developing countries*. Report to Asian Development Bank.

Mamimin, C., Chanthong, S., Leamdum, C., O-Thong, S., & Prasertsan, P. (2021). Improvement of empty palm fruit bunches biodegradability and biogás production by integrating the straw mushroom cultivation as a pretreatment in the solid-state anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 319, 124227. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124227>

Pérez-Chávez, A. M., Mayer, L., & Albertó, E. (2019). Mushroom cultivation and biogás production: A sustainable reuse of organic resources. *Energy for Sustainable Development*, 50, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.03.002>

Postemsky, P. D., Marinangeli, P. A., & Curvetto, N. R. (2016). Recycling of residual substrate from *Ganoderma lucidum* mushroom cultivation as biodegradable containers for horticultural seedlings. *Scientia*



Horticulturae, 201, 329-337. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.021>

SkyQuest Technology Consulting Pvt Ltd. (2022). The Global Mushroom Market size is projected to reach USD 91,989.39 Million by 2027 from USD 51,528.28 Million in 2021, at a CAGR of 9.3% during the forecast period (2021—2027)—SkyQuest Technology (GlobeNewswire News Room). [https://www.globenewswire.com/news-release/2022/05/23/2448576/0/en/The-Global-Mushroom-](https://www.globenewswire.com/news-release/2022/05/23/2448576/0/en/The-Global-Mushroom-Market-size-is-projected-to-reach-USD-91-989-39-Million-by-2027-from-USD-51-528-28-Million-in-2021-at-a-CAGR-of-9-3-during-the-forecast-period-2021-2027-SkyQues.html)

[Market-size-is-projected-to-reach-USD-91-989-39-Million-by-2027-from-USD-51-528-28-Million-in-2021-at-a-CAGR-of-9-3-during-the-forecast-period-2021-2027-SkyQues.html](https://www.globenewswire.com/news-release/2022/05/23/2448576/0/en/The-Global-Mushroom-Market-size-is-projected-to-reach-USD-91-989-39-Million-by-2027-from-USD-51-528-28-Million-in-2021-at-a-CAGR-of-9-3-during-the-forecast-period-2021-2027-SkyQues.html)

Rabii, A., Aldin, S., Dahman, Y., & Elbeshbishy, E. (2019). A review on anaerobic co-digestion with a focus on the microbial populations and the effect of multi-stage digester configuration. *Energies*, 12(6), 1106. <https://doi.org/10.3390/en12061106>

AHORRO DE GAS NATURAL Y UN CAMINO HACIA LA UTILIZACIÓN DE HIDRÓGENO PARA MEJORAR EL ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO A LAS VIVIENDAS



Adrián Gonnet ¹
Carlos Mainetti ²

¹ Grupo de Estudio Sobre Energía
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
Montevideo 340, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: gonnet@frbb.utn.edu.ar

² Grupo de Estudio Sobre Energía
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
Montevideo 340, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: mainetti@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

La problemática energética en la Argentina puede ser abordada desde varios puntos de vista, uno de ellos es indudablemente el desbalance entre la importación y la exportación de gas natural. El gas natural es el combustible más empleado para generar electricidad en las centrales eléctricas y calor en el sector residencial. Cuando se lo utiliza en las centrales eléctricas una parte importante de su energía se pierde en la generación y en las redes del transporte eléctrico. Paradójicamente en época invernal, mientras que en las centrales eléctricas una proporción de la energía se desaprovecha en forma de calor, en las viviendas se emplea más gas natural para calentarlas. Instalar equipos en las viviendas que generen electricidad a partir del gas natural y que, el calor emitido en dicha generación sirva para calefaccionar y calentar el agua a muy alta eficiencia, produciría un ahorro significativo de dicho combustible. Esta disminución del consumo, además de mejorar el desbalance entre la importación y exportación, significaría una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero en la misma proporción.

Los sistemas basados en celdas de combustible que se alimentan con gas natural resultan ser una tecnología muy eficiente para generar electricidad y calor, y su aceptación por parte de los usuarios significaría un gran avance hacia la posible utilización masiva de hidrógeno en reemplazo de los combustibles fósiles.

En este trabajo se evalúa mediante simulación, el funcionamiento de un equipo basado en una celda de combustible, que se alimenta con gas natural y abastece de electricidad y calor a una vivienda

unifamiliar. Los resultados se comparan con la forma tradicional de abastecer de electricidad y calor a una vivienda a través de la red eléctrica y una caldera. Se concluye que con la implementación de la tecnología propuesta se produce un ahorro del 25% en la utilización de gas natural con relación a la forma tradicional.

PALABRAS CLAVE: celdas de combustible, gas natural, hidrógeno, eficiencia energética.

1 INTRODUCCIÓN

Muchos gobiernos en el mundo están abocados a generar estrategias que les permitan utilizar más eficientemente los recursos energéticos. De esta manera pretenden lograr el autoabastecimiento de combustibles y cumplir con los compromisos asumidos para mitigar las consecuencias del cambio climático. Habitualmente las estrategias se asocian a la generación de electricidad, sin contemplar a las fuentes que producen calor. Que en el futuro las fuentes de electricidad sean más eficientes y estén libres de emisiones contaminantes representaría solo una parte de la “batalla ganada” si el objetivo es el autoabastecimiento y llegar al 100% de utilización de energía “limpia” en el planeta. Esto se debe a que, mundialmente, la necesidad de producir calor es varias veces mayor que la necesidad de producir electricidad.

Suele ser común que se analice la problemática energética teniendo solamente en cuenta a la generación eléctrica y por lo tanto los mayores esfuerzos por mejorar las fuentes de energía quedan

muchas veces limitados a la electricidad. Seguramente esto sucede debido a las complicaciones que se presentan al querer satisfacer mediante fuentes renovables y eficientes la demanda de energía en forma de calor. En primer lugar, los volúmenes de combustible necesarios para atender esas demandas son enormes, por otro lado, hay que tener en cuenta la condición estacional en la provisión de combustible para producir calor, ya que se requiere tener disponible o almacenado una enorme cantidad de energía en época de invierno y no así el resto del año.

Si se analiza el sector residencial de la Argentina durante el año 2020, el consumo de electricidad representó un 33% del total de todos los sectores y el consumo de gas natural significó un 47 % del total, Figura 1 (Balance Energético Nacional, 2020). Además, en dicho sector el consumo de combustible para generar calor resultó 2,4 veces mayor que el consumo de electricidad, Figura 2 (Balance Energético Nacional, 2020).

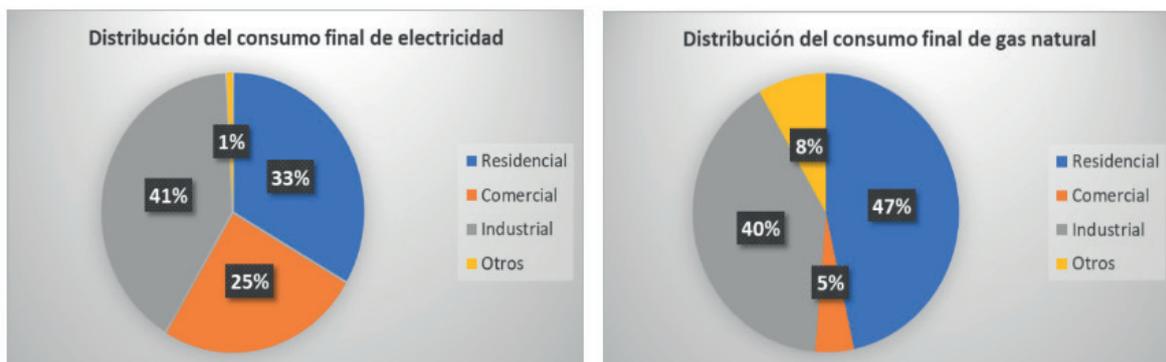


Figura 1. Distribución del consumo de electricidad y gas natural por sectores durante el año 2020

Además, un informe del Mercado Eléctrico Mayorista muestra que la electricidad abastecida al sector residencial en el año 2020 provino mayoritariamente de centrales eléctricas que utilizan gas natural, como se puede observar en la Figura 3, (Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista

de la República Argentina, 2020). Estos valores demuestran el protagonismo del gas natural en el sector residencial y el alto impacto sobre la cantidad consumida que produciría un cambio tecnológico que mejore la eficiencia en su utilización.

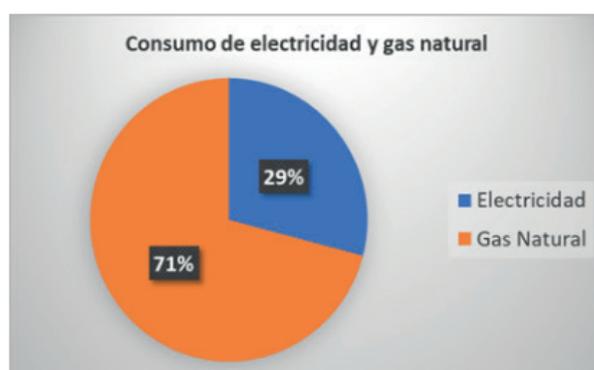


Figura 2. Consumo de electricidad y gas natural en el sector residencial

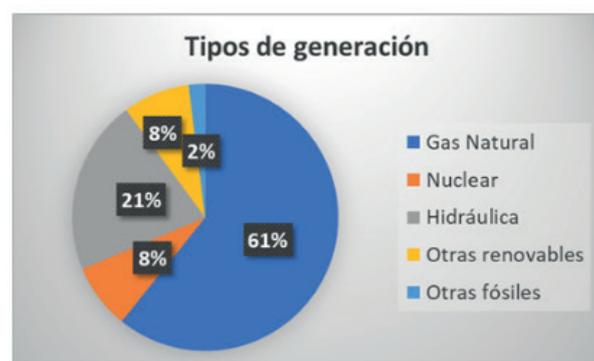


Figura 3. Generación neta según datos del MEM para el año 2020

Sabiendo que, la Argentina necesita trabajar para mejorar la eficiencia energética que le permita alcanzar el autoabastecimiento de energía primaria y a la vez, mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, este trabajo analiza una tecnología que podría ayudar a lograr esas metas. El trabajo contiene las siguientes secciones: en 2, se describen los materiales y métodos, en la sección 3, se

analizan los resultados y en 4 se expresan las conclusiones.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sistemas de cogeneración basados en celdas de combustible constituyen una tecnología promisoría para mejorar la eficiencia en el abastecimiento energético a las viviendas. Estos sistemas reciben el nombre de CHP (del acrónimo en inglés Combined Heat and Power) y componen uno de los campos de aplicación de celdas de combustible más desarrollados tecnológicamente. Cuando poseen una capacidad de potencia eléctrica entre 0,3kW y 1,5 kW reciben el nombre de micro CHP o simplemente mCHP.

Los mCHP que funcionan alimentados con gas natural, pueden abastecer de electricidad y calor a todo edificio que posea una conexión a la red de distribución de dicho combustible. Considerando las edificaciones nuevas y aquellas que renuevan su sistema de calefacción o calentamiento de agua sanitaria, el mercado potencial de los sistemas mCHP es enorme. Una celda de combustible constituye la parte fundamental de un mCHP, convirtiendo hidrógeno puro, biogás, gas natural u otros hidrocarburos en electricidad y calor mediante cogeneración. La conversión es directamente desde energía química del combustible a energía eléctrica y calor, por lo tanto, logran una eficiencia más alta que las tecnologías basadas en máquinas que convierten primero la energía química en mecánica y luego en eléctrica y calor. Algunos tipos de celdas requieren de hidrógeno puro para funcionar, otras, en cambio pueden utilizar directamente hidrocarburos como gas natural o biogás. En su esencia, una celda de combustible está formada por un

conjunto compuesto por ánodo, cátodo y un electrolito. El hidrógeno y el aire abastecidos al conjunto reaccionan químicamente para producir un flujo de electrones que circulan externamente desde el ánodo al cátodo.

En este proceso se emite calor y agua o vapor de agua en estado puro. Existen varios tipos de celdas de combustible, sin embargo, para los mCHP, se utilizan casi exclusivamente dos de ellos: las de electrolito de óxido sólido, denominadas SOFC, que funcionan a alta temperatura (500°C a 1.000°C) y las de electrolito de membrana polimérica, denominadas PEMFC, cuyo funcionamiento es a bajas temperaturas (30°C-100°C), (Elalma et al., 2015). Las celdas de combustible constituyen una tecnología de generación distribuida, ya que el calor emitido por cogeneración se utiliza en el mismo punto de producción, aumentando así la eficiencia total del sistema. La eficiencia alcanza un valor de 0,85 a 0,90 en la relación entre la suma de las energías térmica y eléctrica obtenidas y la energía química del combustible utilizado (Elmer et al., 2015). Las celdas unitarias producen una tensión menor a 1 V de corriente continua, luego se combinan, formando una batería para alcanzar la capacidad requerida. Para adaptar la tensión de salida a las necesidades de una vivienda se implementan convertidores electrónicos (Gonnet et al., 2019).

Si bien un mCHP opera en base a una celda de combustible, es imposible que el sistema contenga solamente una batería de celdas, por el contrario, varios equipos auxiliares se necesitan para sostener su operación y utilizar la electricidad y el

calor que se extrae de ella. La batería de celdas constituye alrededor de un 25% del volumen y costo del sistema (Staffell, 2010). La Figura 4, muestra un diagrama con los

principales componentes de un mCHP (Commercialization of a residential PEM Fuel Cell CHP “ENE FARM”, 2011).

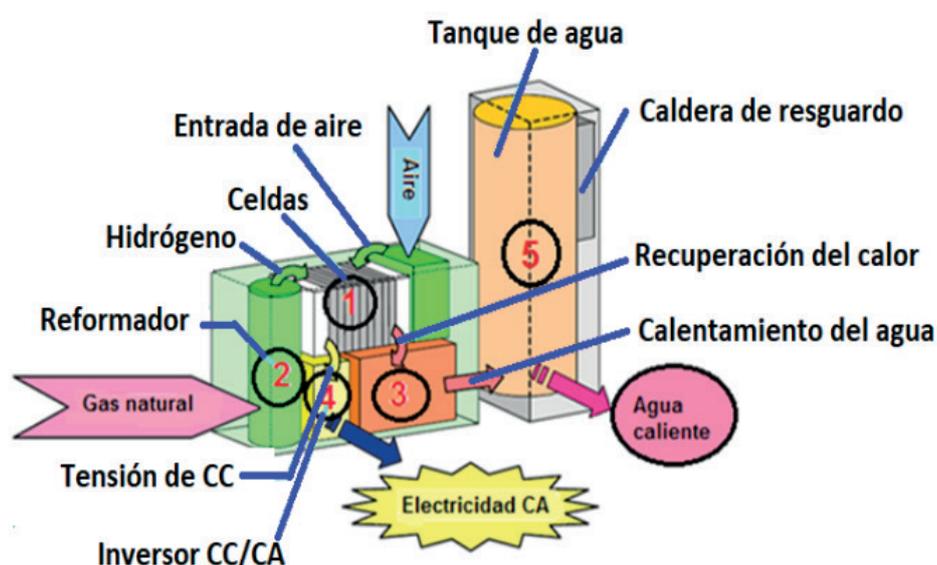


Figura 4. Componentes de un micro CHPFC. 1 Batería de celdas de combustible, 2 Procesador de combustible, 3 Recuperación del calor, 4 Acondicionamiento de la tensión de salida, 5 Caldera y tanque de almacenamiento de agua.

Cuando se utiliza gas natural como combustible, debe implementarse un proceso denominado “reformado” para obtener el hidrógeno, que se utiliza luego en las celdas instaladas en los mCHP (Osaka Gas, 2022). Este proceso, se realiza en un equipo externo a la batería de celdas cuando se trata de celdas de baja temperatura de funcionamiento, o internamente en celdas de alta temperatura de funcionamiento, en ambos casos se produce una cierta cantidad de CO². El hidrógeno se produce según la demanda del sistema, con baja producción de CO². Si en el futuro, se contara con una

infraestructura de red de distribución de hidrógeno, se conseguiría aumentar aún más la eficiencia y se obtendría una extremadamente baja, o incluso nula, emisión de CO².

El funcionamiento del mCHP para abastecer de electricidad y calor a una vivienda, se simuló mediante el programa de cálculo Homer Pro®. La Figura 5, muestra el equipo elegido y sus especificaciones técnicas principales (Bluegen G-15, 2022). El consumo anual de electricidad se estableció en 3,49 MWh y el consumo térmico anual para

calefacción y agua caliente en 10,1 MWh. Ambos se corresponden con los perfiles de consumo de una vivienda tipo de 130 m² de

superficie, ubicada en la región central de la Argentina (Gastiarena et al., 2017).



Figura 5. Equipo mCHP, marca SolidPower, modelo Bluegen-G15

En la Figura 6 se observa la conexión del mCHP en paralelo con la red eléctrica, lo cual permite importar o exportar electricidad. Además, se instala una caldera de resguardo para cubrir la demanda pico de calor. En la Figura 6 se expresan también la demanda de energía diaria promedio y la potencia máxima diaria promedio de los consumos de la vivienda.

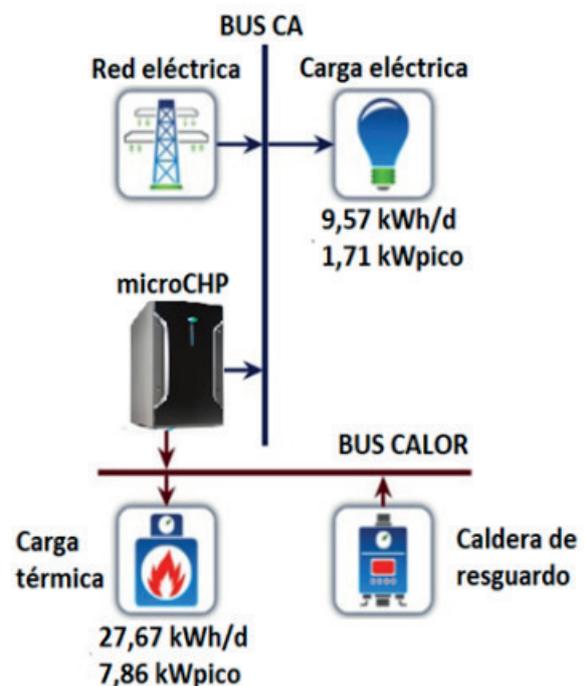


Figura 6. Esquema de conexión del mCHP

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 7 muestra los valores promedio mensuales de la producción de electricidad, discriminando lo aportado por el mCHP y por la red eléctrica. Se observa que el mCHP aporta prácticamente toda la electricidad necesaria, solo necesita el aporte de la red

cuando la potencia pico de los consumos supera la capacidad del equipo instalado. La Figura 8, muestra el aporte promedio mensual de calor del mCHP y de la caldera de resguardo.



Figura 7. Aporte de electricidad del mCHP y de la red

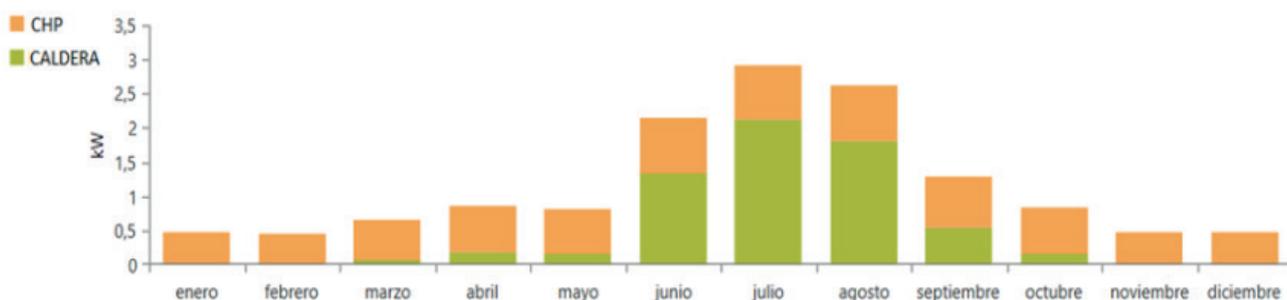


Figura 8. Aporte de calor del mCHP y de la caldera

Se observa que el mCHP aporta una cantidad constante durante todo el año y se necesita de la caldera de respaldo en época invernal para cubrir la demanda pico de calor.

En la Figura 9 se muestran los valores

obtenidos de producción de electricidad y calor, considerando un año de funcionamiento de la tecnología propuesta.

Se observa que el mCHP aporta 3.284 kWh de electricidad y 5.979 kWh térmicos, consumiendo 1.035 m³ de gas natural. La

caldera de resguardo produce 4.122 kWh térmicos y consume 445 m³ de gas natural.

Se importan desde la red eléctrica 209 kWh y se exporta un excedente de 1.645 kWh.

Esto equivale a un consumo de 38 m³ en la central eléctrica para producir los 209 kWh y un ahorro en dicha central de 152 m³ de gas natural, ya que la red eléctrica incorpora 1.645 kWh producidos por el mCHP. El

consumo total de gas natural resulta de 1.364 m³.

La energía proveniente de la red eléctrica se considera generada en una central que funciona con gas natural y con una pérdida del 40% en la generación y un 10 % en el transporte. Para la conversión de kWh a metro cúbico de gas se utilizó el valor del poder calorífico inferior de 1 m³ = 10,83 kWh.

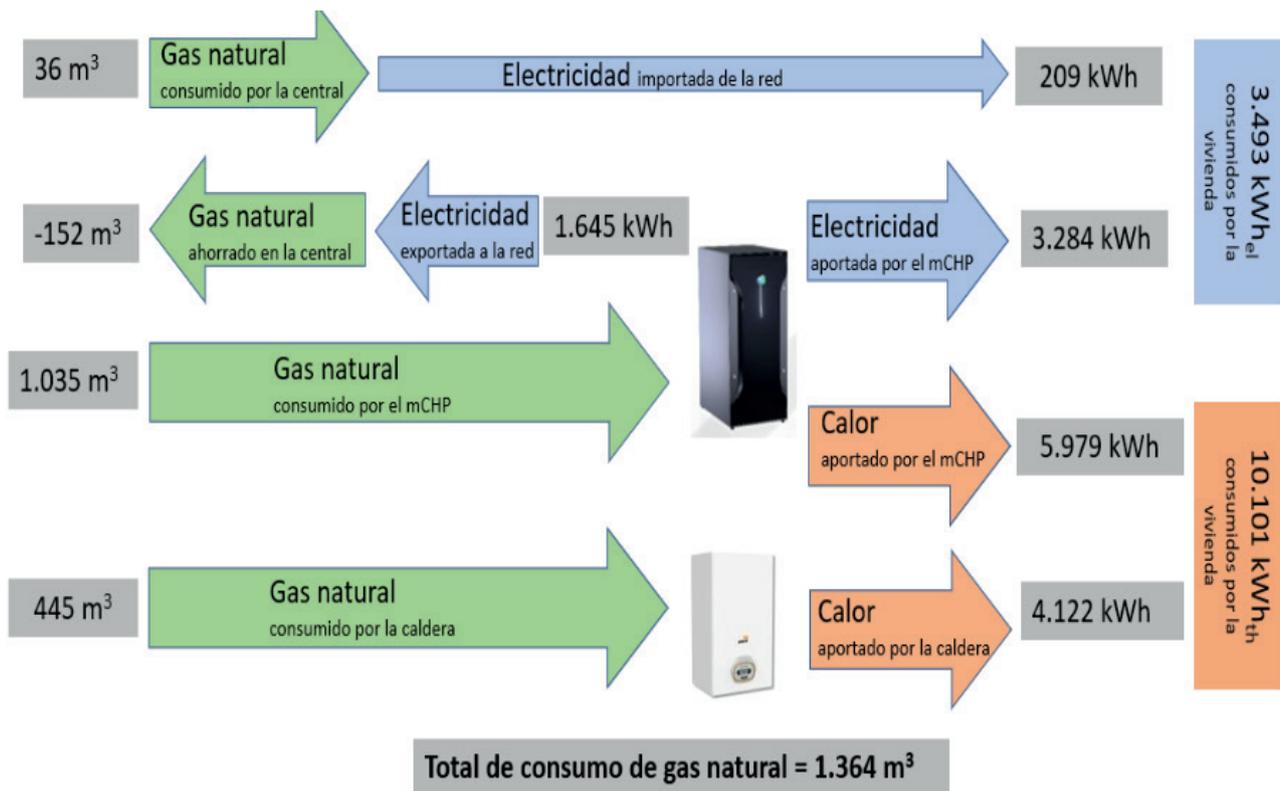


Figura 9. Consumos de gas natural con la tecnología propuesta

En la Figura 10 se exponen los valores de producción de electricidad y consumo de gas natural considerando el abastecimiento de la vivienda con red eléctrica y caldera. Como es de esperar la producción de electricidad y calor coincide con la demanda

de la vivienda. El consumo de la central eléctrica es de 597 m³ para proporcionar esa cantidad de electricidad y el consumo de la caldera es de 1.097 m³. El consumo total de gas natural resulta de 1.694 m³.

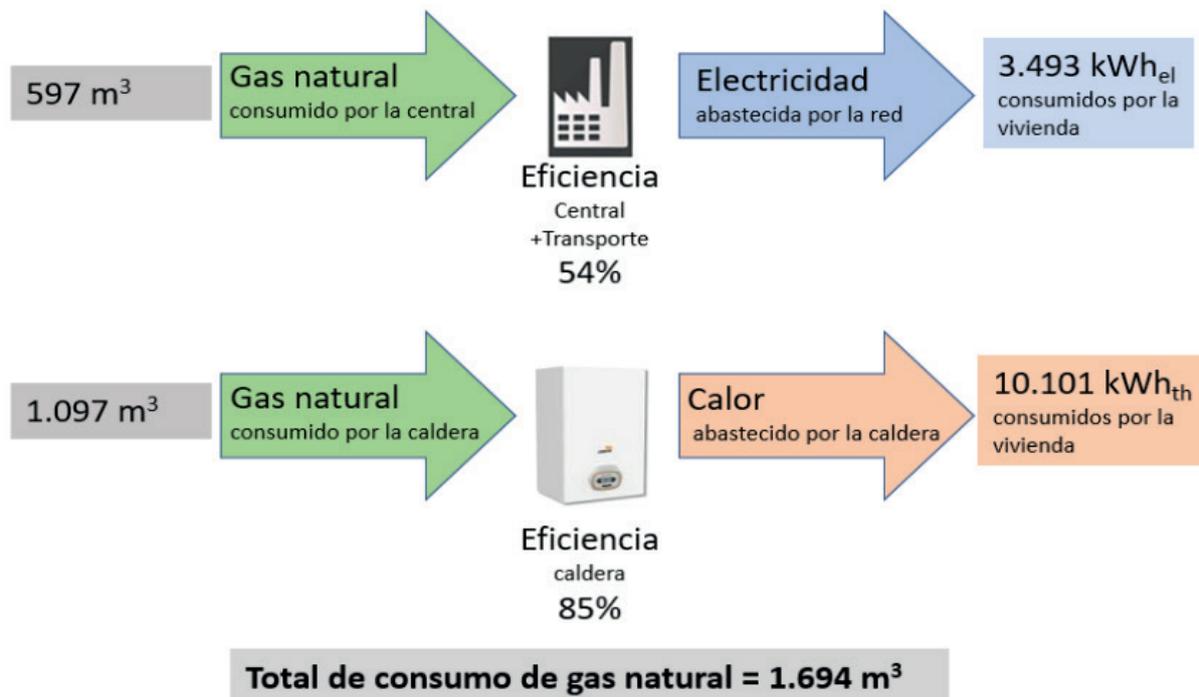
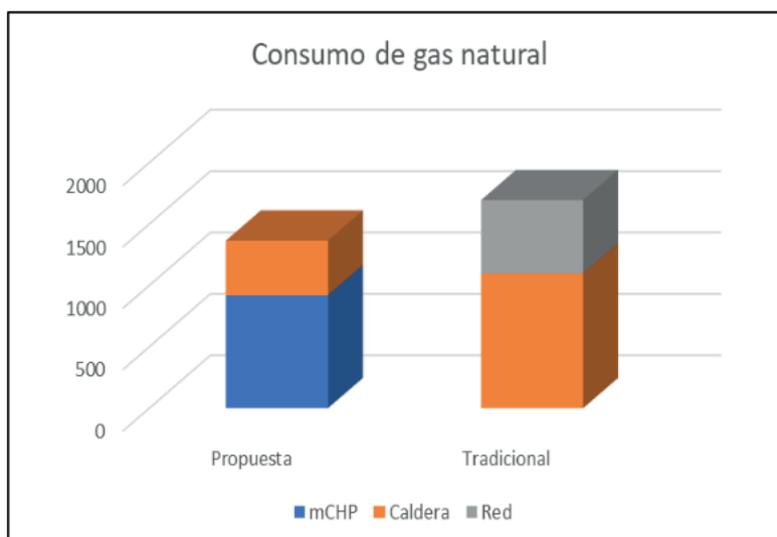


Figura 10. Consumo de gas natural con red eléctrica y caldera

El gráfico de la Figura 11 señala la diferencia en el consumo, con la tecnología propuesta se emplean 1.364 m³ de gas natural con relación a los 1.694 m³, que se utilizan con la forma tradicional de abastecimiento a la vivienda.

clima de la región, el perfil de consumo, entre las variables más preponderantes. De todos modos, estas variables también afectan al abastecimiento tradicional utilizado en la comparación, por lo cual se consideran válidos los resultados aún si cambian estas variables.

Los resultados obtenidos con el equipo mCHP dependen del tipo de vivienda, el



4

CONCLUSIONES

- La tecnología propuesta puede implementarse en toda residencia con red de gas natural y puede considerarse una transición hacia la utilización de redes que transporten hidrógeno o una mezcla de hidrógeno y gas natural.
- Desde el punto de vista de utilización de energía primaria, el ahorro de gas natural en el sector residencial resulta del 24,2% con relación a la forma tradicional de abastecimiento desde una central eléctrica y una caldera que utilizan este combustible.
- Con la capacidad adoptada del equipo mCHP, el usuario residencial consume más gas natural, y produce un superávit de electricidad, el cual puede ser vendido a la red, si la legislación lo permite.
- La utilización masiva de equipos mCHP, podría mejorar significativamente el desbalance comercial entre la importación y exportación de gas natural en la Argentina.
Se reducirían las emisiones de CO₂ al ambiente por dos motivos, uno de ellos es debido al menor consumo de gas natural y el otro es la mayor eficiencia del equipo mCHP.
- La aceptación de esta tecnología por parte de los usuarios residenciales representaría un gran avance, considerando la posible utilización de hidrógeno en reemplazo de los combustibles fósiles.
- La desventaja que afrontan estos sistemas es el costo de adquisición, el cual no los hace competitivos en la actualidad. Un volumen de producción suficiente reduciría los costos y los convertiría en sistemas económicamente competitivos.

5 BIBLIOGRAFÍA

Balance Energético Nacional (2020). Secretaría de Energía. Recuperado de: <http://datos.energia.gob.ar/dataset/802cf1b7-2efb-469d-ba82-5be6b9710dab/archivo/643964db-0c58-4b6d-9a8b-edc2bdb6e51c..>

Bluegen G-15. Solid Power (2022). Recuperado de: <https://www.solidpower.com/en/bluegen-technology2/>.

Commercialization of a residential PEM Fuel Cell CHP “ENE FARM”, (2011). Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://members.igu.org/old/about-igu/igu-gas-awards/igu-awards-2009-2012/Japan%20%20full%20text.pdf>.

Ellamla, H. R., Staffell, I., Bujlo, P., Pollet, B. G., & Pasupathi, S. (2015). Current status of fuel cell based combined heat and power systems for residential sector. *Journal of Power Sources*, 293, 312-328.

Elmer, T., Worall, M., Wu, S., & Riffat, S. B. (2015). Fuel cell technology for domestic built environment applications: State-of-the-art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 913-931.

Gastiarana, M., Fazzini, A., Prieto, R., & Gil, S. (2017). Uso de la energía en el sector residencial. Buenos Aires.

Gonnet, A., Jorge, S., Busada, C., & Solsona, J. (2019). Power converter topology for conditioning a fuel cells battery voltage. In 2019 Argentine Conference on Electronics (CAE) (pp. 9-14). IEEE.

Osaka Gas. (2016). Residential polymer electrolyte fuel cell (PEFC) cogeneration system. Recuperado de: <https://www.osakagas.co.jp/en/rd/fuelcell/pefc/reformed/index.html>.

Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina. Comisión Nacional de Energía Atómica. (2020). Recuperado de: <https://www.cnea.gob.ar/nuclea/handle/10665/80>.

Staffell, I. (2010). Fuel cells for domestic heat and power: are they worth it? (Doctoral dissertation, University of Birmingham).

RENDIMIENTO PROSPECTIVO DE EMBALSES, PASO DE LAS PIEDRAS (ARGENTINA)

Ana Casado ¹, Verónica Gil ², René Albouy ³
y Roberto Bustos Cara ⁴

¹ Centro de Emprendedorismo y Desarrollo Territorial Sostenible
Universidad Provincial del Sudoeste / CONICET
Departamento de Geografía y Turismo
Universidad Nacional del Sur
Ciudad de Cali 320 - (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: ana.casado@uns.edu.ar

² Departamento de Geografía y Turismo
Universidad Nacional del Sur / CONICET
12 de Octubre 1198 4° Piso - (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: verogil@uns.edu.ar

³ CGAMA Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente
Universidad Nacional del Sur / CIC
San Juan 670 - (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: albouy@uns.edu.ar

⁴ Departamento de Geografía y Turismo
Universidad Nacional del Sur
12 de Octubre 1198 4° Piso - (8000) Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: usbustos@uns.edu.ar

RESUMEN

Los embalses constituyen los sistemas de gestión de variabilidad hídrica superficial más comunes y esenciales. Si bien fueron proyectados para garantizar el suministro de agua bajo la gama de demandas y condiciones hidrológicas que puedan ocurrir durante su vida operativa, los embalses existentes promedian ~50 años de edad y enfrentan actualmente numerosos desafíos que afectan su rendimiento. Este trabajo implementa el Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP) para la evaluación del rendimiento futuro del embalse Paso de las Piedras, principal fuente de agua dulce superficial para uso urbano e industrial de la región del suroeste bonaerense (Argentina). El estudio parte del análisis de la relación capacidad-rendimiento-garantía a lo largo de la vida operativa del sistema (43 años) y provee 16 escenarios de rendimiento para el periodo 2021-2040. Los escenarios responden a la pregunta ¿qué pasaría si? y simulan cambios en la demanda de agua (Nivel 1), en el agua disponible para suministro (Nivel 2) y en las políticas de mantenimiento del caudal aguas abajo (Nivel 3). Todos ellos asumen un rendimiento seguro para reservas superiores al 25 %; caso contrario, se asume un racionamiento progresivo de hasta el 50 % de la demanda. Los resultados indican que el agotamiento de reservas es poco probable que suceda en los próximos 20 años. Sin embargo, si se proyecta el contexto operativo actual junto con un incremento de la población abastecida y del consumo per cápita (escenario de máxima demanda), el sistema podría enfrentar dos periodos críticos hacia 2026 y 2036, con un racionamiento del suministro de hasta 20

y 29 % del volumen mensual demandado, respectivamente. La reducción progresiva de pérdidas en el sistema de distribución y la implementación de políticas de reúso de efluentes urbanos contribuirían a incrementar la garantía de rendimiento en un 4 % y solo existiría un periodo crítico en cada escenario, con un racionamiento mensual máximo de 9 % en ambos casos. Si se combinan ambos escenarios, la garantía de rendimiento sería del 100 % a lo largo de la totalidad del periodo de simulación - aun asumiendo el mantenimiento de un caudal regulado de hasta el 20 % del caudal de entrada. Estos resultados reivindican la competencia del embalse para satisfacer la demanda de agua en el mediano plazo y subrayan la necesidad de implementar políticas de gestión hídrica sostenibles, basadas en el uso y reúso responsable y racional del agua.

PALABRAS CLAVE: Variabilidad hídrica, embalses, prospección de rendimiento, WEAP, embalse Paso de las Piedras.

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de embalse regulan el escurrimiento en periodos húmedos para satisfacer la demanda de agua en periodos secos y, así, constituyen los sistemas de gestión de la variabilidad hídrica superficial más comunes y esenciales (Adeloye et al., 2017). Los embalses representan una estrategia de gestión hídrica de larga data (Ehsani et al., 2017; Ho et al., 2017) y, actualmente, alrededor del 60 % de las grandes represas del mundo operan principal o exclusivamente para riego y suministro de agua (WCD, 2000). Si bien la mayoría de los embalses fueron proyectados para garantizar el suministro bajo la gama de posibles demandas y condiciones hidrológicas que puedan ocurrir durante su vida operativa, los sistemas existentes promedian ~50 años de edad y enfrentan actualmente numerosos desafíos que afectan su rendimiento. La reducción paulatina de la capacidad operativa, los riesgos potenciales de falla de infraestructuras críticas y la creciente necesidad de una gobernanza eficiente y equitativa del agua agrícola y urbana en el contexto del incremento sostenido de la demanda de agua y los impactos del cambio climático constituyen los focos de creciente preocupación (Annandale, 2013; Brown et al., 2010; Ehsani et al., 2017; Ho et al., 2017; Kondolf et al., 2014; UNESCO, 2020). En este contexto, la tendencia actual en la gestión de embalses se enfoca en la (re)evaluación de la dimensión y la forma de operar de los sistemas existentes para ajustarla al cumplimiento de nuevos objetivos, en función de los cambios evolutivos de la demanda y en el contexto de un clima variable (McMahon & Adeloye, 2005).

Este estudio constituye una primera aproximación a la evaluación del rendimiento prospectivo del embalse Paso de las Piedras, principal fuente de agua dulce superficial para abastecimiento urbano e industrial de la región del suroeste bonaerense (Argentina). Para ello, se implementa el Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP) y se proveen 16 escenarios de rendimiento que exploran una gama de combinaciones probables entre demanda y oferta hídrica en el corto y mediano plazo (periodo 2021-2040). Los escenarios responden a la pregunta ¿qué pasaría si? y se estructuran en tres niveles de análisis que simulan cambios en la demanda de agua (Nivel 1), en el agua disponible para suministro (Nivel 2) y en las políticas de mantenimiento del caudal aguas abajo (Nivel 3).

2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El dique-embalse Paso de las Piedras (PdIP) regula la cuenca media del río Sauce Grande para provisión de agua a la localidad de Punta Alta, al aglomerado urbano de Bahía Blanca y su complejo industrial portuario (Figura 1). Inaugurado en 1978, PdIP se proyectó para abastecer una población estimada en 500.000 habitantes con una dotación media de 500 l/hab./día (Schefer, 2004), superando casi cuatro veces la demanda de la época (69.000 m³/día en 1969; MBB, 2000). Así, el sistema reemplazó los sistemas y estructuras de dotación preexistentes y brindó una solución definitiva a las deficiencias de abastecimiento cualitativas y cuantitativas que caracterizan la historia hídrica de la región (Andrés et al., 2009). Sin embargo, la recurrencia de sequías y el incremento sostenido de la demanda, debido no solo al crecimiento y al desarrollo urbano-industrial sino también a la evolución de los estándares de vida de la población abastecida, se combinaron para causar descensos alarmantes de las reservas. En particular, la crisis hídrica del 2009-2010 conllevó la reactivación de antiguas estructuras de suministro y la incorporación de nuevas fuentes de agua, incluyendo captaciones superficiales y subterráneas (ABSA, 2017; Albouy et al., 2012; Fernández et al., 2017). En la actualidad, se asiste a un desfasaje entre el crecimiento urbano e industrial que no estuvo acompañado por planes de optimización de aprovechamiento del recurso y,

como consecuencia, las tasas de demanda desafían la capacidad y el rendimiento de los sistemas de abastecimiento existentes (Esandi et al., 2013). En este contexto, la implementación de herramientas de evaluación del rendimiento futuro de los sistemas de abastecimiento, en función de escenarios de gestión flexibles y críticos, constituye una estrategia fundamental para la planificación eficaz, sostenible y equitativa del recurso hídrico a futuro.

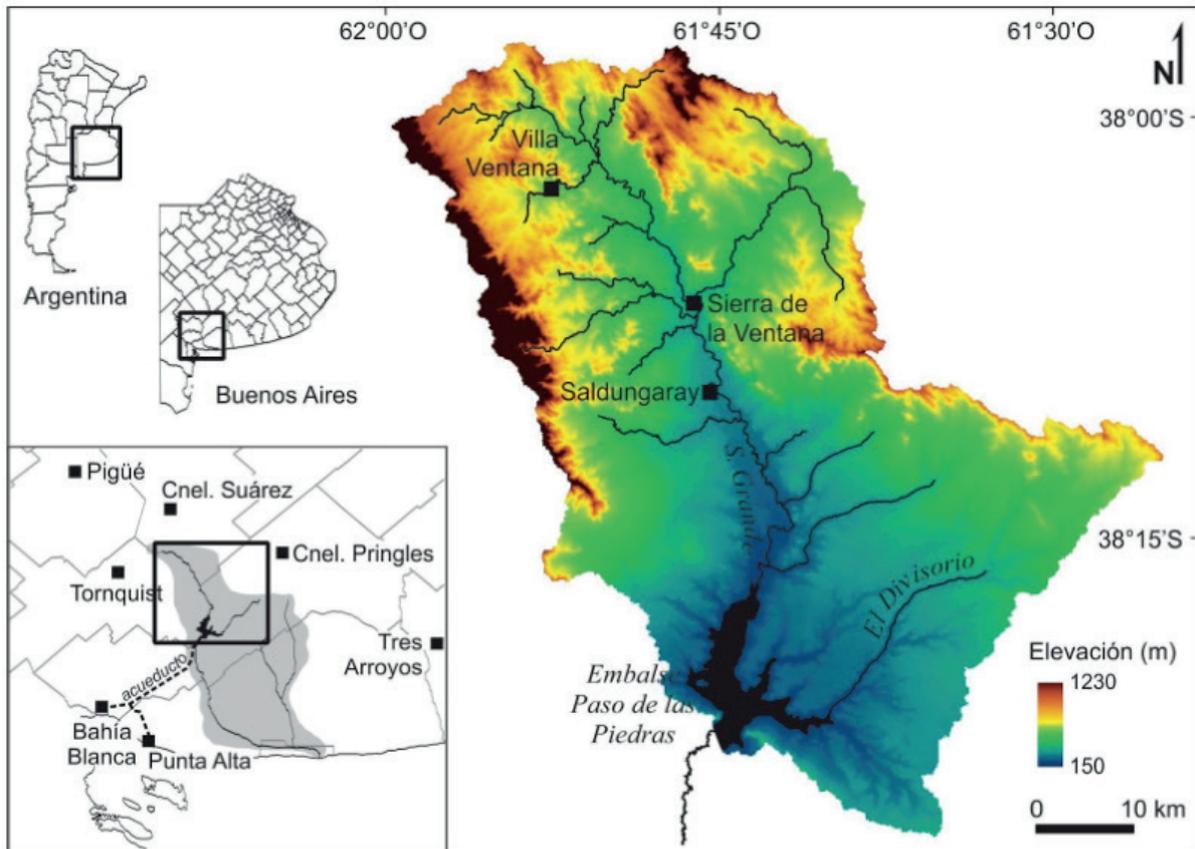


Figura 1. Localización y situación del embalse Paso de las Piedras.

2.2 CAPACIDAD-RENDIMIENTO-GARANTÍA

El análisis se funda en el enfoque de capacidad-rendimiento-garantía (CRG) propuesto por McMahon y Mein (1978) y actualizado por McMahon y Adeloje (2005). A partir de una serie histórica de derrames de entrada (Q), el enfoque CRG permite estimar qué rendimiento (Y) se puede esperar de un embalse con capacidad S y con qué garantía (R), en función del tamaño de la demanda (D) (Figura 2). El rendimiento máximo que se puede alcanzar con una garantía sin

fallas se denomina rendimiento seguro ($R = 100\%$), mientras que el rendimiento estable es aquel que admite el racionamiento en periodos críticos ($R < 100\%$). El periodo crítico corresponde al lapso de tiempo que transcurre entre condiciones de embalse lleno ($K = S$) y el máximo déficit a lo largo de una secuencia ($\min K$). A la inversa, el periodo de recuperación corresponde al lapso de tiempo que transcurre desde el máximo déficit hasta condiciones de embalse lleno.

2.3 ESCENARIOS DE RENDIMIENTO PROSPECTIVO

Un aspecto importante en la gestión de embalses existentes es estimar su desempeño probable bajo la gama de demandas y condiciones hidrológicas que puedan ocurrir en el futuro. Sobre la base del enfoque CRG, este estudio proporciona una primera aproximación a la gestión prospectiva del embalse Paso de las Piedras basada en dieciséis escenarios de desempeño que responden a la pregunta ¿qué pasaría si?. La simulación se implementó utilizando el Sistema de Planificación y Evaluación del Agua (WEAP), desarrollado por el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (sede Estados Unidos). Sobre la base del balance de agua, WEAP permite simular las interconexiones entre nodos de almacenamiento, suministro, tratamiento y demanda bajo una multiplicidad de condiciones hidrológicas, ecológicas y operativas. Este estudio utiliza un único nodo de abastecimiento, PdIP y dos nodos de demanda, correspondientes

al consumo urbano e industrial, desagregados por localidad (Bahía Blanca y Punta Alta) y tipo de demanda (agua cruda y potable). Las prioridades de suministro y las capacidades físicas de almacenamiento, distribución y tratamiento del agua se asumen constantes. Por su parte y sobre la base de sistema de alerta a las reservas de la Autoridad del Agua de la provincia de Buenos Aires (ADA, 2009), todos los escenarios asumen un rendimiento seguro para reservas superiores al 25 % de la capacidad útil S (Caso a, Fig. 2). Caso contrario, se asume un racionamiento progresivo del suministro de 0 % ($S = 25\%$) a 50 % ($S = 0\%$). En casos donde el balance entre el derrame de entrada y el suministro supere la capacidad útil, el excedente se contabiliza como descarga aguas abajo (Caso c, Fig. 2).

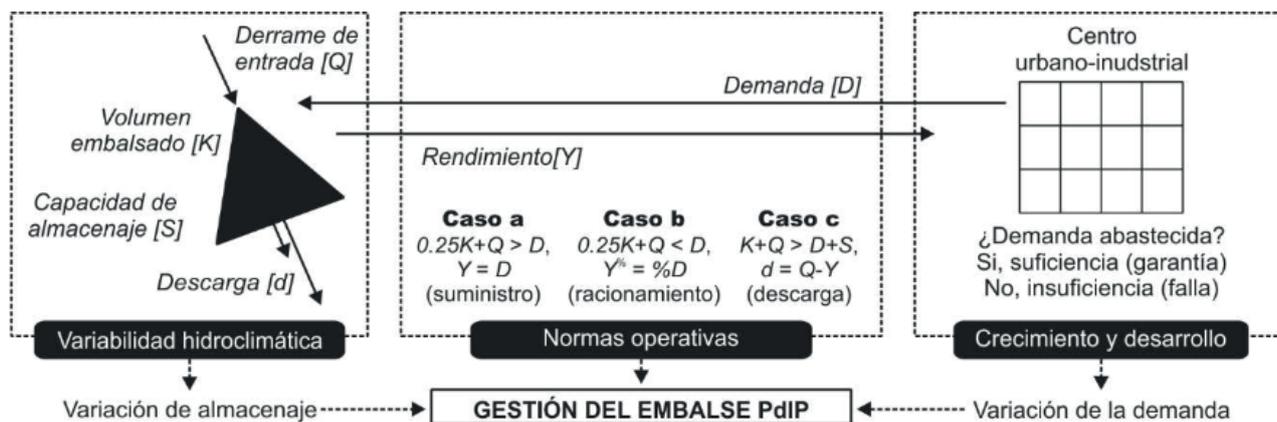


Figura 2. Esquema metodológico general. Basado en Adeloye *et al.* (2001) y McMahon y Adeloye (2005).

Los escenarios de simulación consideran un periodo de 20 años (2021-2040) y se ramifican en función de tres niveles de análisis (Tabla 1). El Nivel 1 discrimina dos escenarios de referencia, A y B, que simulan cambios en la demanda de agua. Ambos están basados en proyecciones de población; sin embargo, se diferencian por el consumo per cápita considerado, el cual se asume constante en A y creciente en B. El Nivel 2 separa cada escenario de referencia en función del agua disponible para abastecimiento. El escenario 1 asume que los recursos disponibles no varían; es decir, el volumen total entregado se consume o se pierde en el sistema. Los escenarios restantes asumen un incremento del volumen disponible para abastecimiento que resulta de (2) el reúso de efluentes urbanos para suministro de agua cruda al sector industrial, (3) la reducción progresiva de pérdidas en el sistema o bien, (4) una combinación de ambos escenarios, 2 y 3. El Nivel 3 combina los escenarios de oferta-demanda con políticas ambientales

de gestión del agua. Si bien existe una variedad de metodologías formales para abordar los requerimientos ecológicos de sistemas regulados (Tharme, 2003), las normas que se consideran aquí privilegian el equilibrio entre las necesidades humanas y ecológicas de agua y no necesariamente respetan la integridad ecológica del sistema regulado (Vogel et al., 2007): El escenario (a) proyecta las normas actuales de mantenimiento del caudal ecológico, las que equivalen a mantener un mínimo fijo de ~0,25 m³/s, mientras que el escenario (b) incluye normas de descarga equivalentes al 20 % del volumen de entrada del mes precedente (máxima proporción estimada por análisis iterativo).

Tabla 1. Escenarios de simulación de rendimiento del embalse Paso de las Piedras (2021-2040).

<i>Cambios en:</i>		NIVEL 1 <i>Demanda</i>	NIVEL 2 <i>Suministro</i>	NIVEL 3 <i>Requerimientos ecológicos</i>
E S C E N A R I O S	A1a	A. Crecimiento de la población abastecida, consumo per cápita constante	1. Sin cambios	a. Sin cambios (mínimo fijo)
	A1b			b. Descarga proporcional
	A2a		2. Reúso de efluentes urbanos para consumo industrial	a. Sin cambios (mínimo fijo)
	A2b			b. Descarga proporcional
	A3a		3. Reducción de pérdidas en el sistema	a. Sin cambios (mínimo fijo)
	A3b			b. Descarga proporcional
	A4a		4. (2 + 3)	a. Sin cambios (mínimo fijo)
	A4b			b. Descarga proporcional
	B1a,b	B. Crecimiento de la población abastecida e incremento del consumo per cápita	1. Sin cambios	<i>Ídem escenarios de grupo A.</i>
	B2a,b		2. Reúso de efluentes urbanos	
B3a,b	3. Reducción de pérdidas			
B4a,b	4. (2 + 3)			

2.4 ÍNDICES DE RENDIMIENTO

La garantía de rendimiento expresa la probabilidad de que el sistema funcione satisfactoriamente; es decir, que el suministro sea suficiente para satisfacer el 100 % del agua demandada. Se emplean dos indi-

cadore**s** básicos, R_t y R_v (McMahon et al., 2006), que miden la garantía de rendimiento en términos de tiempo y severidad, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores de garantía de rendimiento (McMahon *et al.*, 2006).

Categoría	Indicador	Ecuación	Descripción
Duración	Garantía temporal (R_t)	$R_t = \frac{N_t}{N}$	Probabilidad de suministrar la totalidad de la demanda en cada paso de tiempo N_t a lo largo del periodo de simulación N .
Severidad	Garantía volumétrica (R_v)	$R_v = 1 - \frac{\sum_{j \in f} (D_j - D'_j)}{\sum_{j \in N} D_j}$	Proporción de agua suministrada D'_j relativa al volumen total demandado $D_{j \in N}$ a lo largo del periodo de simulación N .

3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CONDICIONES INICIALES

Si bien existen otras fuentes de agua para abastecimiento de los centros de consumo urbano-industrial considerados aquí, este estudio se centra únicamente en el embalse PdIP, el cual representa el 78 % del potencial de captación actualmente operativo

(ABSA, 2017). La capacidad útil del sistema es de 320 hm³ para una cota máxima de 165 m s.n.m. (Schefer, 2004). Sin embargo, si se considera que el sistema de alerta a las reservas asume la reducción paulatina de la dotación para niveles de embalse inferiores

al 25 % de las reservas (ADA, 2009), la capacidad útil de PdIP para un rendimiento seguro (100 % de la demanda) es de $\sim 240 \text{ hm}^3$. De acuerdo con ABSA (2017), la capacidad de conducción es de $10.800 \text{ m}^3/\text{h}$ (acueducto principal) y de $1.300 \text{ m}^3/\text{h}$ (acueductos secundarios), mientras que la capacidad de potabilización es de $2.300 \text{ m}^3/\text{h}$ en la Planta Grunbein (abastece a Punta Alta) y de $8.000 \text{ m}^3/\text{h}$ en la Planta Patagonia (abastece a Bahía Blanca). Desde hace alrededor de una

década, se impulsa la recuperación y tratamiento de efluentes urbanos de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca como fuente alternativa de abastecimiento de agua cruda al sector industrial, con un potencial de reúso de $1.400 \text{ m}^3/\text{h}$ (Esandi et al., 2013). Este valor se usa como referencia en los escenarios que asumen la implementación del reúso de efluentes.

3.2 DERRAMES DE ENTRADA

Dado que se carece de series hidrológicas continuas sobre el largo plazo, los derrames de entrada Q se estimaron por resolución del balance hídrico del embalse para el periodo 1980-2019, donde Q es el residuo entre el volumen almacenado al final de cada mes menos (i) las entradas por volumen del mes precedente y la precipitación directa y (ii) las pérdidas por evaporación, dotación y descarga aguas abajo, incluyendo los drenes. El derrame medio anual es de $126,2 \text{ hm}^3$ con alta variación interanual ($\sigma = 57 \text{ hm}^3$) y exhibe dos picos en abril y octubre ($14,6$ y $15,1 \text{ hm}^3$, respectivamente) con mínima en enero ($5,7 \text{ hm}^3$).

La secuencia de derrames de entrada para simulación se basa en la serie histórica (1980-2019) y reproduce (i) el período crítico del embalse, que corresponde a la peor sequía observada en su historia operativa y (ii) el período de recuperación subsiguiente hasta condiciones de embalse lleno. Estos periodos corresponden a los años 1985-1990 y 1991-1994, respectivamente y se expresan

como desvíos respecto al año medio o normal ($\pm 1,25$ para años secos y húmedos y $\pm 1,5$ para años muy secos y muy húmedos). Nótese que los derrames mensuales para cada año característico se expresan asimismo como desvíos del año medio o normal. Así, los derrames de entrada del mes de enero durante años muy secos se expresan como una fracción del derrame de enero de un año normal y así sucesivamente.

Además de considerar la gama completa de condiciones hidrológicas de entrada, la secuencia se repitió dos veces para explorar la respuesta del embalse a tasas de demanda crecientes en el corto y mediano plazo (Figura 3). Los derrames anuales van desde 63 hm^3 en años muy secos hasta 225 hm^3 en años muy húmedos, mientras que los derrames anuales en años secos y húmedos son de 80 hm^3 y 173 hm^3 , respectivamente. Por su parte, las variaciones mensuales durante los años secos y muy secos se mantienen por debajo de la media para todos los meses y exhiben el porcentaje de entrada

más bajo en los meses de verano, mientras que los derrames mensuales en años muy húmedos se mantienen por encima de la media durante todos los meses, excepto durante el mes de enero. El volumen total

acumulado a lo largo de las series simuladas es de 2620 hm³, tan solo 4 hm³ superior al volumen acumulado equivalente de las series históricas.

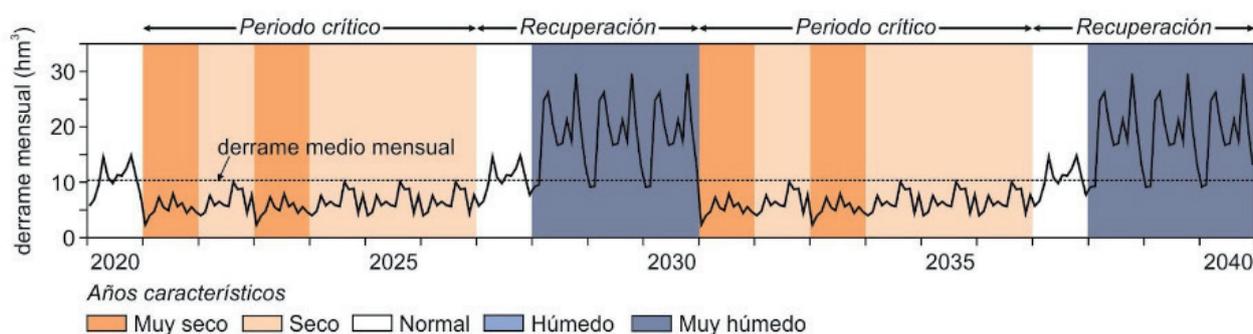


Figura 3. Simulación de los derrames de entrada para el periodo de simulación (2021-2040). El año de referencia (2020) asume condiciones medias.

3.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La demanda actual de agua se estima en 10.646 m³/h y representa el 74 % del volumen medio de entrada al embalse. Este valor toma como referencia las proyecciones realizadas por el Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA) de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca (Schmidt, 2017) y así brinda continuidad a otros estudios regionales. Las proyecciones de demanda se sintetizan en la Tabla 3. El consumo urbano asume 355 litros por persona por día en el Escenario A y un aumento del consumo del 1 % anual en el escenario B. Nótese que este valor resulta de las diferencias en el uso doméstico (incluyendo pérdidas) entre 1994 (436 l/hab./día; MBB, 2000) y 2014 (531 l/hab./día; Schmidt, 2017). Debido a la incertidumbre

en la estimación de cambios en el número de industrias, los sistemas productivos, el desarrollo tecnológico y las inversiones del sector, el consumo industrial se proyecta constante en ambos escenarios. Las pérdidas en el sistema, que incluyen el consumo no medido, las conexiones clandestinas y las filtraciones en la distribución, se proyectan asimismo constantes, excepto en los escenarios que asumen una reducción progresiva de las mismas.

Tabla 3. Proyección de la demanda total del agua (urbana e industrial) en el corto y mediano plazo, en función del año de referencia (2020). Valores expresados en hm³/año. Fuente: Schmidt (2017).

Año	Población abastecida (1)	Demanda urbana		Demanda Industrial		Pérdidas (30 %)	TOTAL ESCENARI O A	TOTAL ESCENARI O B
		Consumo (2)	Consumo (3)	Agua potable	Agua cruda			
2020	396.964	51,4	51,4	11,0	5,4	24,7	92,5	92,5
2025	411,295	53,3	56,1	11,0	5,4	25,5	95,2	98,0
2030	424,653	55,0	61,0	11,0	5,4	26,3	97,7	103,7
2035	438,110	56,8	66,3	11,0	5,4	27,1	100,3	109,8
2040	451,962	58,6	72,0	11,0	5,4	28,1	103,1	116,5

(1) Incluye la población de las localidades de Bahía Blanca, General Cerri y Punta Alta; (2) Consumo constante (355 l/hab./día); (3) Incremento del consumo del 1 % anual

3.4 RENDIMIENTO PROSPECTIVO DEL EMBALSE

Si bien la capacidad útil del sistema es de 320 hm³, el sistema de alerta a las reservas implica el racionamiento del suministro para volúmenes inferiores al 25 % de la capacidad útil; esto es una reserva de 81 hm³ para un nivel de 155 m s.n.m. (ADA, 2009). Así, el **rendimiento seguro del embalse Paso de las Piedras es de 10.680 m³/h (93,5 hm³/año)**, un valor muy cercano al rendimiento actual. Por encima del rendimiento seguro, es de esperar que la garantía temporal disminuya junto con la progresión acumulada de meses de déficit hídrico y que la garantía volumétrica disminuya junto con la reducción paulatina del suministro durante dichos meses (racionamiento). Por otra parte, de no aplicarse políticas de racionamiento en periodos de déficit hídrico, un rendimiento superior a 11.700 m³/h podría conllevar el agotamiento de las reservas.

En este contexto, se analizó la garantía del embalse para cumplir con tasas de rendimiento superiores a las actuales en función de la demanda proyectada para cada escenario de referencia A y B (Figura 4; Tabla 4). Los resultados indican que **el agotamiento de reservas es poco probable que suceda en los próximos 20 años, independientemente del escenario considerado**. Sin embargo, la garantía de rendimiento separa los escenarios en dos grandes grupos. **Los escenarios que asumen un incremento en el suministro se mantienen cercanos o por encima del rendimiento seguro**, especialmente cuando se combina el reúso con la reducción de pérdidas y aun cuando se consideran políticas de descarga ambiental proporcional al 20 % del volumen de entrada. Por su parte, los escenarios restantes exhiben periodos de rendimiento no satisfactorio. Si se pro-

yecta el contexto operativo actual junto con un incremento de la población abastecida y del consumo per cápita (escenario de máxima demanda), el sistema podría enfrentar dos periodos críticos hacia 2026 y 2036, con un racionamiento del suministro de hasta 20 y 29 % del volumen mensual demandado, respectivamente. Ello indica que, **una vez excedido el rendimiento seguro del embalse y en el contexto operativo actual, los derrames de entrada durante periodos críticos (es decir, secos) pueden ser tan ba-**

jos que no se podrá satisfacer más que el 71 % de la demanda durante al menos un mes o más. Lógicamente, si los escenarios de máxima demanda se combinan con normas ambientales de descarga proporcional, los déficits de suministro se incrementan en tiempo y volumen pudiendo alcanzar hasta 4,2 años consecutivos y hasta 35 % de la demanda en el escenario de máxima.

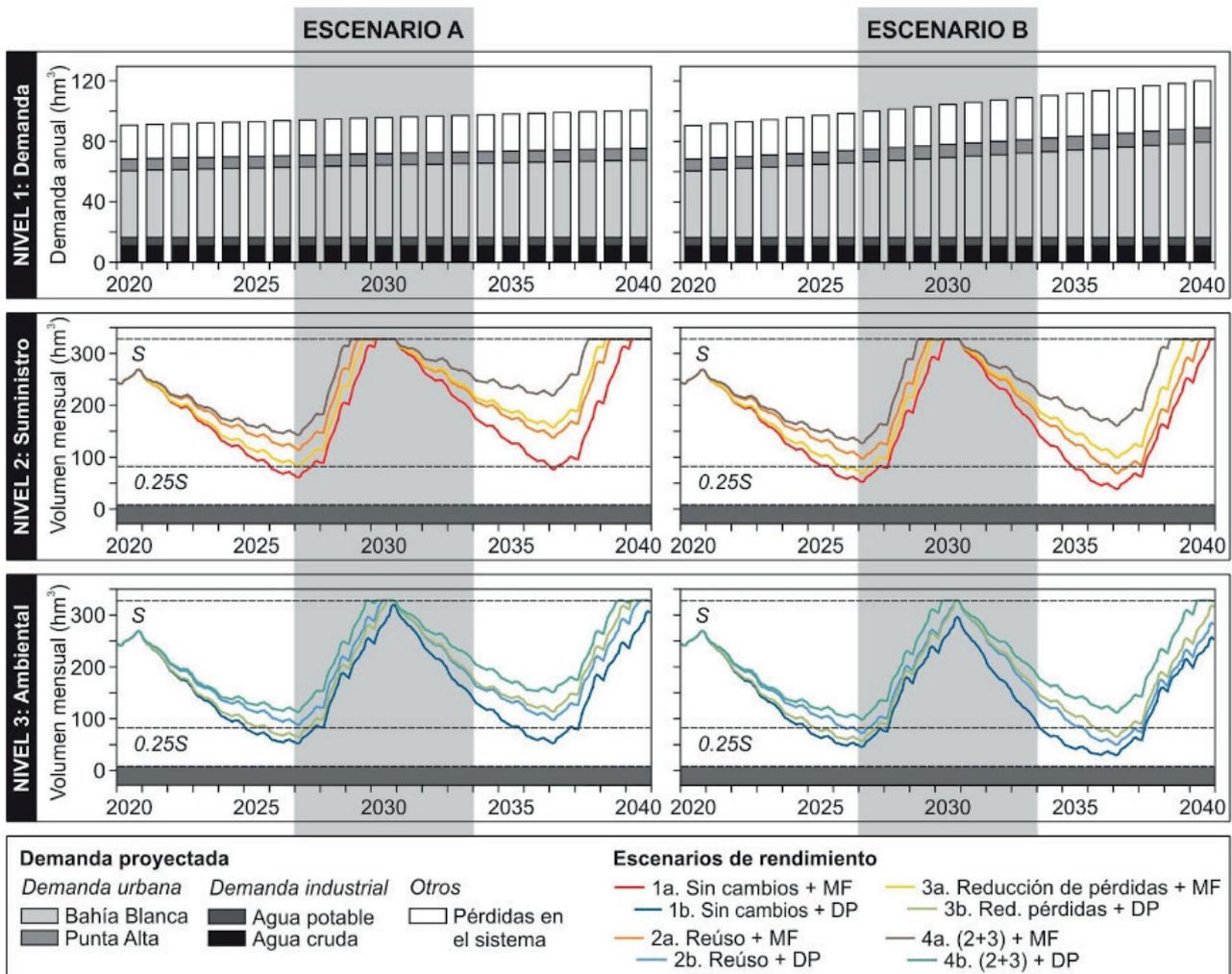


Figura 4. Escenarios de rendimiento del embalse Paso de las Piedras (2021-2040).

Un aspecto interesante a destacar es que el periodo comprendido entre condiciones de embalse lleno y el mínimo volumen embalsado (i.e., el periodo crítico) promedia 6,2 años, mientras que el período de recuperación hasta niveles máximos de embalse puede demorar, en promedio, 3,3 años. Esto denota un sistema de embalse interanual, en el que el agua almacenada en un año determinado se transfiere y se utiliza en los años subsiguientes independientemente del escenario de demanda, suministro o gestión ambiental que se considere. Si bien estos **sistemas poseen un alto rendimiento, constituyen sistemas particularmente vulnerables a la variación de los volúmenes de entrada y de salida y exhiben baja resiliencia frente a condiciones de déficit extremo.** En efecto, se observa que la capacidad de recuperación del embalse ante una

falla es muy baja (entre 3 y 11 %). Si se asume la resiliencia como la recíproca a la duración promedio de los períodos de falla, una baja resiliencia indica que los períodos de falla son más largos en duración que en número. Como resultado, pueden pasar varios meses antes de que el embalse se recupere de una situación no satisfactoria y recupere un rendimiento seguro. Otro aspecto a resaltar es que la media de descargas máximas durante periodos de rebalse promedia 1,3 veces el volumen medio mensual de entrada. Si bien este valor se ve afectado por los escenarios de máximo rendimiento, sugiere que **un aumento de la capacidad de diseño proporcionaría ganancias de almacenamiento adicionales que lógicamente contribuirían a mitigar la severidad de los déficits durante periodos de sequía.**

Tabla 4. Garantía de rendimiento temporal (R_t) y volumétrica (R_v) del embalse Paso de las Piedras por escenario de simulación prospectiva (2021-2040).

Escenarios Nivel 2 y 3		Escenarios Nivel 1 (referencia)			
		A. Incremento población, consumo constante		B. Incremento población y consumo	
		R_t (%)	R_v (%)	R_t	R_v
1. Sin cambios	a	88,9	99,3	75,0	95,9
	b	73,4	96,9	64,3	92,3
2. Reúso	a	100,0	100,0	92,5	99,5
	b	100,0	100,0	83,3	97,7
3. Reducción de pérdidas	a	100,0	100,0	94,4	99,8
	b	92,5	99,5	80,6	98,3
4. Reúso + reducción de pérdidas	a	100,0	100,0	100,0	100,0
	b	100,0	100,0	100,0	100,0

a) descarga mínima fija; b) descarga proporcional

4 CONCLUSIONES

- Este estudio demuestra que la capacidad del embalse Paso de las Piedras es suficiente para abastecer la demanda de agua proyectada y, en consecuencia, el escenario de agotamiento de las reservas es poco probable que suceda durante los próximos 20 años. Se advierte, sin embargo, que si no se optimiza el sistema de aprovechamiento hídrico mediante mejoras en el sistema de distribución y el reúso de efluentes urbanos es probable que el sistema enfrente al menos dos periodos de racionamiento hacia 2026 y 2036.
- Al respecto, cabe destacar que los escenarios de rendimiento proyectados en el estudio asumen que PdIP constituye la única fuente de suministro de agua superficial para la localidad de Bahía Blanca, su complejo industrial y la localidad de Punta Alta. Sin embargo, existen otras fuentes de agua, incluyendo sistemas de captación superficiales y subterráneos, que contribuyen a incrementar el suministro hídrico en un 20 %.
- Por otra parte, los escenarios proyectados en este estudio se basan en un incremento de la demanda proporcional al crecimiento demográfico y estimaciones en el consumo, pero no asumen cambios vinculados con la demanda industrial (ej., aumento del número de industrias o cambios de los sistemas y/o tecnologías de producción).
- Asimismo, es importante subrayar que las condiciones hidrológicas proyectadas se basan en series estimadas durante los últimos 40 años. Si bien dichas estimaciones se asumen confiables y abarcan un periodo lo suficientemente largo como para realizar aproximaciones realistas, la historia hidroclimática de la región puede incluir episodios extremos de gran intensidad, pero de muy baja probabilidad que no quedaron representados en esta serie.
- En suma, este estudio implementa un modelo que se presenta a la vez flexible (admite multiplicidad de combinaciones entre variables y parámetros) y limitado (los resultados dependen de las variables y supuestos determinados) y, en consecuencia, los resultados se enfrentan a distintas fuentes de incertidumbre. Así, existe la probabilidad de que ocurran periodos aún más secos o más húmedos que los simulados, que las tasas de demanda sean superiores o inferiores a las proyecta-

5

BIBLIOGRAFÍA

ABSA. (2017). Taller Problemática Regional del Agua. Actas del VI Congreso bianual PROIMCA y IV Conbrego bianual PRODECA, Universidad Tecnológica Nacional, Bahía Blanca.

ADA. (2009). Plan de Alerta en Estiaje. La Plata: Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires.

Adeloye, A. J., Montaseri, M., Garmann, C. (2001). Curing the misbehavior of reservoir capacity statistics by controlling shortfall during failures using the modified sequent peak algorithm. *Water Resources Research*, 37(1), 73-82.

Adeloye, A. J., Soundharajan, B.-S., Mohammed, S. (2017). Harmonisation of reliability performance indices for planning and operational evaluation of water supply reservoirs. *Water Resources Management*, 31(3), 1013-1029.

Albouy, E. R., Carrica, J. C., Lexow, C., Lafont, D., Bonorino, G. (2012). La explotación del recurso hídrico subterráneo: una alternativa para suplementar el abastecimiento a Bahía Blanca, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*(28), 15-24.

Andrés, F., Bambill, E., Bandoni, A., Campaña, H., Carrica, J., Cifuentes, O., . . . Schefer, J. C. (2009). Informe técnico sobre aspectos relevantes de la problemática del agua en la región de Bahía Blanca. Bahía Blanca: Universidad Tecnológica Nacional - Universidad Nacional del Sur.

Annandale, G. (2013). *Quenching the thirst: sustainable water supply and climate change*. North Charlesto: CreateSpace Independent Publishing Platform.

Brown, C., Baroang, K. M., Conrad, E., Lyon, B., Watkins, D., Fiondella, F., . . . Ward, M. N. (2010). *Managing climate risk in water supply systems*. Palisades: International Research Institute for Climate and Society.

Ehsani, N., Vörösmarty, C. J., Fekete, B. M., Stakhiv, E. Z. (2017). Reservoir operations under climate change: Storage capacity options to mitigate risk. *Journal of Hydrology*, 555, 435-446. Esandi, J., Sartor, A., Schmidt, P. (2013). Evaluación de factibilidad en el reuso de aguas con destino industrial. En: E. Puliafito, D. Allende y C. Panigatti (Eds.), *Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina* (Vol. Tomo II, pp. 41-57). Bahía Blanca: UTN.

Fernández, S., Reguera, F., López, N., & Schefer, J. C. (2017). Revisión y Análisis de Estudios Realizados en la Cuenca del Arroyo Napostá Grande. Actas del VI Congreso Bianual PROIMCA y IV Congreso Bianual PRODECA, Universidad Tecnológica Nacional, Bahía Blanca.

Ho, M., Lall, U., Allaire, M., Devineni, N., Kwon, H. H., Pal, I., . . . Wegner, D. (2017). The future role of dams in the United States of America. *Water Resources Research*, 53(2), 982-998.

Kondolf, G. M., Gao, Y., Annandale, G. W., Morris, G. L., Jiang, E., Zhang, J., . . . Guo, Q. (2014). Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. *Earth's Future*, 2(5), 256-280.

MBB. (2000). Plan estratégico Bahía Blanca. Bahía Blanca: Municipalidad de Bahía Blanca.

McMahon, T. A., Adeloye, A. J. (2005). *Water resources yield*. Colorado: Water Resources Publications.

McMahon, T. A., Adeloye, A. J., Zhou, S.-L. (2006). Understanding performance measures of reservoirs. *Journal of Hydrology*, 324, 359-382.

McMahon, T. A., Mein, R. G. (Eds.). (1978). *Reservoir capacity and yield*. Amsterdam: Elsevier.

Schefer, J. C. (2004). *Los recursos hídricos y el abastecimiento de agua*. Bahía Blanca: CEPADE.

Schmidt, M. P. (2017). *Regeneración y reutilización de aguas residuales en el marco de la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH): Análisis de la viabilidad socioeconómica en la implementación del reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca*. (Tesis de Maestría), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca.

Tharme, R. E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, 19, 397-441.

UNESCO. (2020). *Agua y cambio climático. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos* (pp. 259). Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Vogel, R. M., Sieber, J., Archfield, S. A., Smith, M. P., Apse, C. D., Huber Lee, A. (2007). Relations among storage, yield, and instream flow. *Water Resources Research*, 43, W05403.

WCD. (2000). *Dams and development. A new framework for decision-making*. Londres: Earthscan Publications.

