



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Especialización en Ingeniería Ambiental

Trabajo Integrador Final

**EMISIONES DE METANO ENTÉRICO EN BOVINOS: DIAGNÓSTICO Y
PROPUESTAS PARA LA CUENCA LECHERA DE CÓRDOBA, ARGENTINA**

Autora
Cavagliato, Laura

Villa María, diciembre de 2017

ÍNDICE

1	Introducción	4
2	Desarrollo	5
2.1	Metano, bovinos y cambio climático.....	5
2.1.1	El metano como GEI	5
2.1.2	Evolución y proyecciones	6
2.1.3	Fuentes de emisión de metano	7
2.1.4	Emisiones de metano entérico	8
2.1.5	Estimación de las emisiones de bovinos.....	9
2.1.6	Circunscripción geográfica del problema	12
2.2	Evolución del mercado nacional y de los stocks bovinos	13
2.2.1	Tendencias de manejo de rodeos y uso del suelo	13
2.2.2	Amenazas a la competitividad de la lechería	13
2.2.3	Evolución de la producción en tambos.....	14
2.2.4	Stocks bovinos	16
2.2.5	Reducción de emisiones, competitividad y bienestar animal.....	18
2.3	Proceso de producción de metano entérico.....	19
2.3.1	Digestión en los rumiantes	19
2.3.2	Influencia de la dieta.....	21
2.3.3	Pérdidas de energía	23
2.3.4	Eficiencia energética	24
2.4	Tendencias en la Argentina.....	24
2.4.1	Dietas predominantes y recomendadas en Argentina	24
2.4.2	Medición de emisiones	25
2.5	Alternativas de manejo dietario	27
2.6	Opciones de aprovechamiento energético.....	29
2.7	Marco normativo y políticas de gestión, control e incentivo.....	30
2.7.1	El Estado frente a los compromisos internacionales	30
2.7.2	Políticas de estímulo a la innovación	32
2.7.3	El rol de la sociedad civil	35
2.7.4	La prevención como herramienta superadora	37
3	Conclusiones	38
4	Glosario	40
5	Bibliografía.....	41

Lista de abreviaturas y acrónimos

ACV	Análisis del Ciclo de Vida
AMAP	Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CSA	Community Supported Agriculture
EFSA	European Food Safety Authority
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Food and Agriculture Organization de las Naciones Unidas
FDA	Food and Drug Administration
GEI	Gases de efecto invernadero
GPRS	General Packet Radio Service
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INVGEI	Inventario de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OCLA	Observatorio de la Cadena Láctea Argentina
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal
PEA ²	Plan Estratégico Agroalimentario
UBA	Universidad de Buenos Aires

1 Introducción

El tema que se abordará en la presente monografía es tanto de interés global cuanto regional: global, porque el metano es uno de los gases de mayor incidencia en el efecto invernadero; regional, porque está vinculado a una de las principales actividades que movilizan la economía de la Argentina y de la provincia de Córdoba, en particular.

Los datos aportados y analizados en relación a las emisiones de metano entérico en bovinos permiten comprender que la magnitud del problema es relevante, que el mismo no está instalado en los sectores de mayor interés, y, en consecuencia, que es importante su difusión desde los ámbitos académicos a fin de generar conciencia tanto en productores como en consumidores y autoridades de los sectores de gobiernos locales y regionales.

Este trabajo propone indagar sobre las acciones preventivas o correctivas que al respecto podrían estar llevándose a cabo en la Argentina y las que se podrían emprender, tomando como referencia a su vez las ya llevadas adelante en otros países.

La temática fue seleccionada por ser de especial interés a raíz de los compromisos internacionales asumidos por la Argentina en materia de cambio climático.

El tema abordado se relaciona, asimismo, con las tendencias de consumo en el mundo, inclinadas hacia productos obtenidos y elaborados bajo parámetros de responsabilidad o sostenibilidad ambiental.

El trabajo se presenta de una manera interdisciplinaria y tomando en cuenta, además de los procesos químicos por los que se genera el metano entérico y las posibilidades de medirlo y mitigarlo, aspectos como la legislación vigente, las políticas que rigen los mercados y la situación socio-productiva del sector lechero.

2 Desarrollo

2.1 Metano, bovinos y cambio climático

2.1.1 El metano como GEI

“El cambio climático es el problema más grave al que nos enfrentamos hoy, más grave incluso que la amenaza del terrorismo”, expresa el asesor del gobierno británico sir David King (Redfern, 2013, p. 132). Esta afirmación está en consonancia con la magnitud que ha adquirido este fenómeno que se manifiesta en un aumento de la temperatura promedio del planeta, directamente vinculada con el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Dicho aumento de la temperatura tiene consecuencias en la intensidad de los fenómenos del clima en todo el mundo y es por esto que debería ser considerado como prioritario en todos los sistemas productivos con alguna incidencia en la problemática.

Por su parte, las proyecciones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) indican que la temperatura del planeta seguirá aumentando durante el presente siglo. Con un escenario de emisiones similar al actual, y considerando que no se incrementen las emisiones naturales de metano, óxido nítrico o cenizas volcánicas, existan cambios inesperados de la radiación solar, se estima una suba de entre 0,3 y 0,7°C para el periodo 2016-2035 (IPCC, 2015).

El agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nítrico, componentes naturales de la atmósfera, absorben parte de la radiación que sale por la ventana atmosférica de manera que, cuando su concentración aumenta, la radiación saliente al espacio exterior disminuye. En consecuencia, la temperatura del planeta se incrementa y es por eso que se los llama “gases de efecto invernadero”. De los cuatro mencionados, que son los principales, sólo el contenido de vapor de agua no puede ser modificado por el hombre, en tanto que las emisiones antropogénicas de los otros tres han variado sus concentraciones notablemente (Barros, 2006).

El dióxido de carbono es el gas más asociado con el cambio climático, pero el metano juega también un papel importante en el calentamiento global. Si bien el dióxido de carbono es considerado como el principal gas responsable del calentamiento del planeta porque su presencia en la atmósfera es

significativamente mayor a la del metano, éste tiene un potencial de calentamiento global (GWP) a 100 años superior al de aquél, que distintas fuentes estiman cercano a 25, como es el caso de Tyler Miller (2003) y la EPA¹, mientras que otras lo estiman en 21, como Harrison (1999). El mayor GWP se debe a un efecto indirecto del metano, cuyas moléculas reaccionan en la estratosfera con el oxígeno atómico excitado, produciendo radicales hidroxilo y, finalmente, moléculas de agua, que son las que actúan como GEI (Baird y Cann, 2012).

En cuanto al tiempo de permanencia estimada de los GEI en la atmósfera, la del dióxido de carbono es de 50 a 200 años, la del óxido nitroso es de 120 años y la del metano es de 12 años (Harrison, 1999, y EPA²). Esta duración está restringida por la posibilidad de oxidación de la molécula en ese periodo (Baird y Cann, 2012)

2.1.2 Evolución y proyecciones

Las concentraciones de metano en el aire han variado en los últimos siglos. Antes de la actual era industrial iniciada en el siglo XVIII, los valores eran más o menos constantes, del orden de 0,75 ppm. Pero desde esa época los valores se han casi duplicado, llegando en la actualidad a 1,8 ppm, correspondiendo la mayor parte del incremento a las actividades antropogénicas durante el siglo XX (Baird y Cann, 2012).

En cuanto a las proyecciones futuras, las concentraciones de GEI dependerán de la marcha de sus emisiones y de los factores que las condicionan. A su vez, esto se vincula a tres aspectos: el crecimiento económico, el crecimiento demográfico y el cambio tecnológico. Señala Barros a este respecto:

Se pueden construir tantos escenarios de emisiones como combinaciones posibles de los factores determinantes de las mismas, sin mayor certeza sobre cuál ha de ser el que realmente ocurra. Un posible escenario es el que supone que se mantendrán aproximadamente las tendencias actuales en los factores determinantes de esas emisiones. En este escenario, en menos de un siglo, las concentraciones de dióxido de carbono llegarían a ser el triple de las del periodo preindustrial, **las del metano serían cinco veces mayores** y las del nitroso casi el doble; valores jamás

¹ www.epa.gov

² www.epa.gov

alcanzados en los últimos 50 millones de años (Barros, 2006, p. 16-17, subrayado propio).

2.1.3 Fuentes de emisión de metano

Las fuentes de emisión de metano son muy variadas y, si bien en la naturaleza se encuentran en los ecosistemas por la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno o por el funcionamiento digestivo de los rumiantes, las principales emisiones corresponden a un origen antropogénico. Esto incluye la fermentación en la digestión de rumiantes criados por el hombre, cuyas emisiones se indican como producto de animales domésticos en la Tabla a continuación.

Tabla 1: *Emisiones naturales y antropogénicas de metano en el mundo (Fuente: Spiro, 2012)*

Emisiones naturales	Emisión (MMt CH₄ por año)
Humedales	120 - 175
Termitas	1,5 - 21
Incendios naturales	5
Océanos	5 - 25
Volcanes	3,5
Vida animal salvaje	5
Total de emisiones naturales	140 – 235
Emisiones antropogénicas	
Arrozales	20 - 100
Fugas en perforaciones y gasoductos	32 - 44
Minería de carbón	20-28
Fermentación animal (animales domésticos)	40
Estiércol	21
Desechos residuales urbanos	59
Quema de biomasa	15
Total de emisiones antropogénicas	207-307
Emisiones totales	347-542

Según esta fuente, la fermentación entérica representaría menos de un quinto, aproximadamente, de las emisiones antropogénicas. Sin embargo otras fuentes

indican que esta proporción es mayor: la EPA define que dicha fermentación es responsable del 25% de emisiones de metano (EPA, 2015), en tanto que para la organización Global Methane Initiative (2010) lo es del 29%.

2.1.4 Emisiones de metano entérico

En el presente trabajo, se abordan emisiones de metano producido por grandes rumiantes al descomponer celulosa. En cuanto a la clasificación de fuentes en móviles y estáticas o fijas, las emisiones de ganado se encuadran en este último tipo, y dentro del mismo, en la categoría de fuentes zonales (Spiegel y Maystre, 2012).

Según datos de la FAO, el ganado bovino es el responsable principal de emisiones por fermentación entérica, con el 77 % de las emisiones, sobre 14% de búfalos y 9% de pequeños rumiantes³.

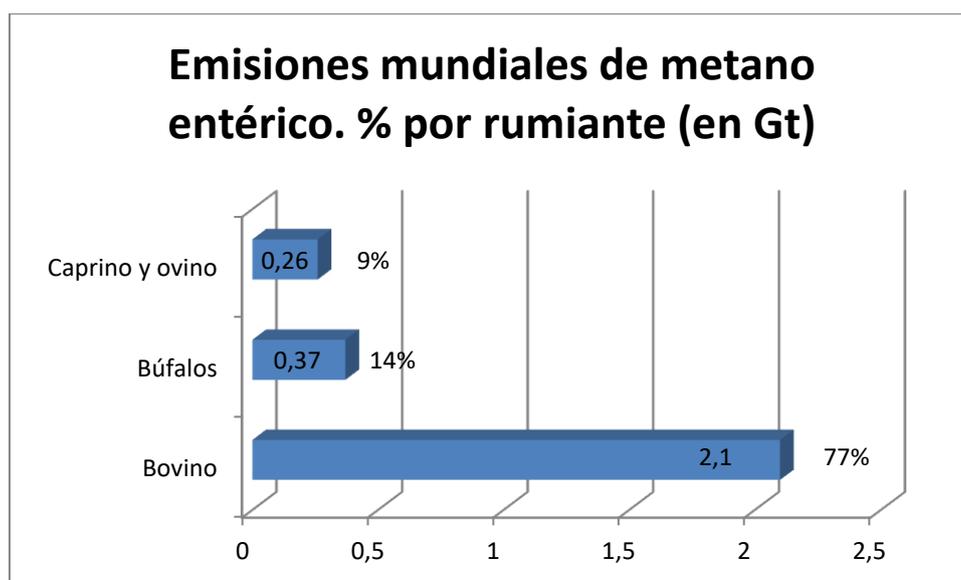


Figura 1: Incidencia de tipo de ganado en emisiones mundiales de metano entérico (Fuente: www.fao.org)

La FAO ha estimado, además, que el sector lechero contribuye con el 4% de las emisiones antropogénicas totales de GEI. Esto incluye las emisiones asociadas tanto a la producción de leche, su procesamiento en los tambos y transporte, como a la producción de carne en los procesos de engorde asociados a la lechería que se realiza en los mismos establecimientos (FAO, 2010).

³ www.fao.org

2.1.5 Estimación de las emisiones de bovinos

Poder estimar las emisiones de metano entérico en bovinos es un paso fundamental hacia el logro de inventarios de emisiones necesarios para planificar el cumplimiento de metas internacionales.

Habiendo consultado numerosas fuentes, se halla que los datos sobre las emisiones específicas por parte de bovinos son muy dispares dependiendo de dichas fuentes como también de los países de donde se obtienen, ya que las condiciones agroecológicas en que se encuentren los animales generan también disparidad, como se observa en un informe de la FAO que da cuenta de la menor incidencia de emisiones de metano entérico por kg de peso vivo en bovinos de la región pampeana argentina, respecto de rodeos criados en regiones semiáridas o subtropicales del país (FAO, 2017).

Incluso son disímiles las unidades de medición empleadas, lo que ofrece una dificultad extra a la lectura. Según investigaciones europeas, una vaca promedio genera de 250 a 350 litros de metano al día (Repubblica.it) mientras que el proyecto de investigación neozelandés AGResearch hace referencia a un rango de 113 a 190 litros⁴.

Un informe del INTA en Argentina, basado en experimentos efectuados en Balcarce, estimó que los novillos de pastoreo emiten entre 190 y 220 gramos de metano por día, lo que equivale -en condiciones normales de presión y temperatura- a entre 268 y 310 litros de CH₄ por día, un dato bastante aproximado al proporcionado por la fuente italiana.

Otro dato proporcionado por Carmona *et al.* (2005) define que la emisión de metano por bovino es de aproximadamente 55 kg/año (150 g/día) en países en vía de desarrollo, contra 35 kg/año (96 g/día) para los países desarrollados, cifras considerablemente inferiores a las anteriores.

Para la FAO, en cambio, los datos de emisiones para bovinos de carne en América Latina, por cabeza, equivalen a 56 kg/año, pero ese factor asciende a 72 en bovinos lecheros. Para este cálculo tiene en cuenta los criterios determinados por el IPCC y su metodología de estimación según las particularidades generales de producción de cada país (no condiciones agroecológicas regionales particulares) y aplica la siguiente fórmula:

⁴ www.agresearch.co.nz

$$\text{Emisión} = A * EF$$

donde

Emisión=Emisiones de GEI, en kg CH₄ año⁻¹

A=Datos de la actividad, representando el número de ganado en cabezas

EF= Nivel 1, factores de emisión por defecto del IPCC, expresados en unidades de kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

Estos factores de emisión son superiores para ganado bovino lechero que para ganado cárnico y difieren de un país a otro en función de los sistemas de alimentación. Para América Latina, como ya se dijo, considera un factor de 72 en vacas lecheras, contra un factor 128 para Estados Unidos, 117 para Europa oriental, 99 Europa occidental y 90 Oceanía (Tubiello *et al.*, 2015, p. 34).

Estas disparidades demuestran que los métodos de medición son indispensables en países con altos stocks ganaderos a los fines de lograr datos claros que faculten emprender programas de mitigación.

Del mismo modo, es fundamental conocer datos precisos sobre los stocks bovinos para calcular y proyectar las emisiones.

La FAO estima las cabezas de ganado en el mundo en, aproximadamente, 1700 millones.

Sólo Estados Unidos y la Argentina, con los más bastos planteles bovinos en establecimientos de tipo industrial, suman alrededor del 10% de ese total. Otros países con representativa injerencia en cría de vacas son: Inglaterra, Australia, India y Nueva Zelanda. La Argentina, en particular, posee un plantel de más de 53 millones de bovinos (SENASA, 2017), distribuidos en unos 200 mil establecimientos que aplican diversas prácticas: desde la cría extensiva con pastoreo hasta la intensiva en sistemas de *feedlot* o engorde a corral.

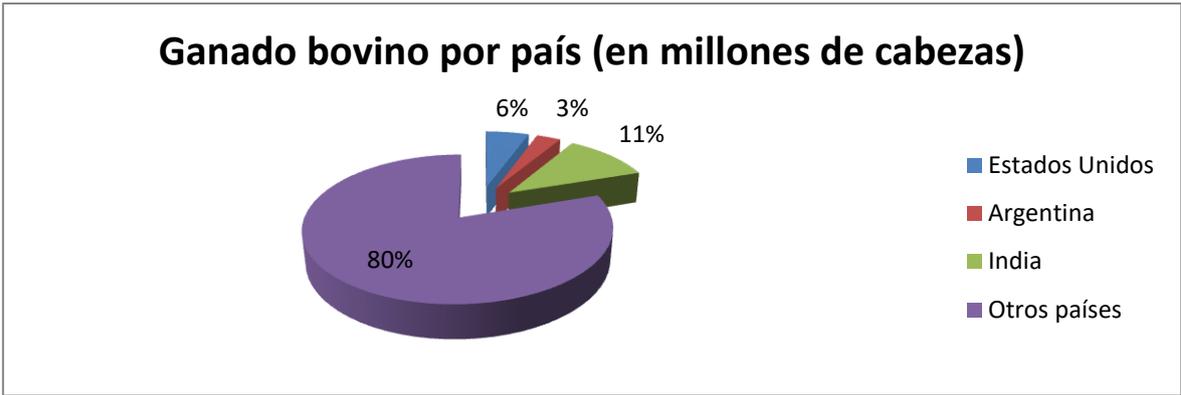


Figura 2: Posición mundial de la Argentina en cantidad de cabezas de ganado (Elaboración propia)

Por su parte la FAO, que lleva adelante un proyecto para mitigar las emisiones de metano entérico en países en vía de desarrollo denominado *Reducing Enteric Methane for improving food security and livelihoods*, elaboró un mapa en el que se evidencian las diferencias en los valores de metano entérico emitido (su equivalente en CO₂) en relación a la proteína comestible producida por animal, para las distintas regiones del mundo. Son África Subsahariana y América Latina las que ostentan mayores cantidades en relación a la proteína producida, es decir, en carne y leche. Asocia esto a la predominancia de sistemas pastoriles en la dieta de los animales⁵, lo que se analizará en el apartado 2.7.2.

⁵ www.fao.org

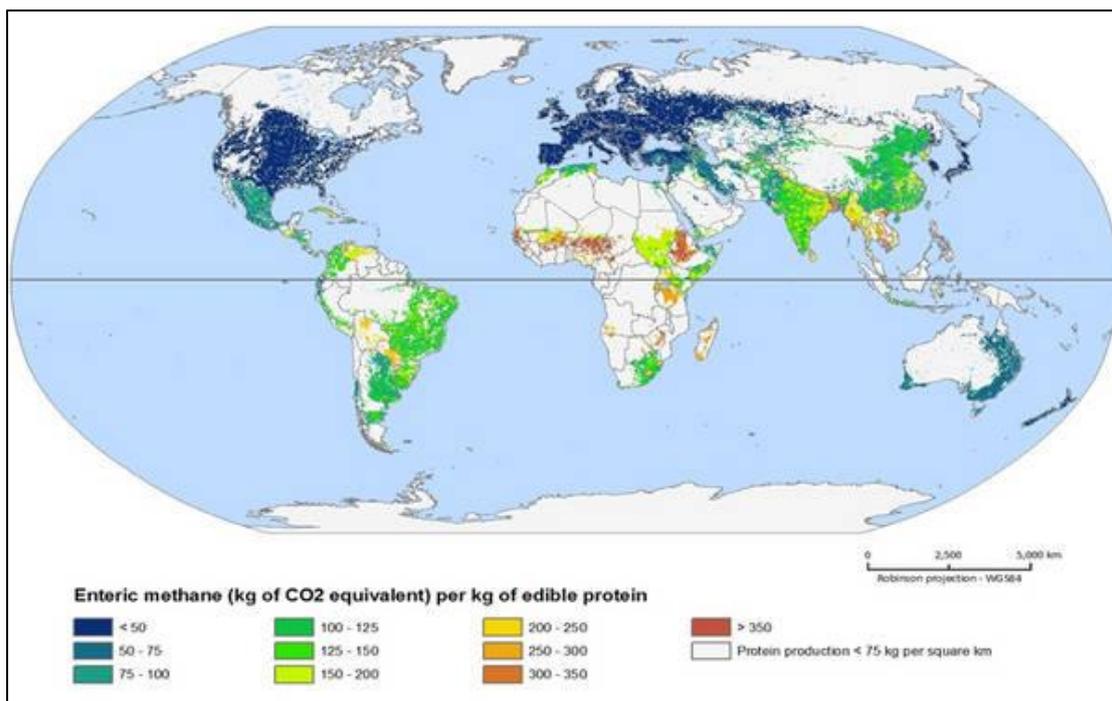


Figura 3: Emisiones de metano entérico por kg de proteína comestible producida. (Fuente: www.fao.org)

2.1.6 Circunscripción geográfica del problema

El abordaje del presente trabajo considera el territorio argentino y, más específicamente, la cuenca lechera y de producción agrícola-ganadera de la provincia de Córdoba.

A nivel nacional, el sector agroindustrial es uno de los pilares sobre los cuales se asienta la economía argentina, aportando al 10,4% del PBI en 2016, representando en materia de empleo el 17 % del total de empleo nacional privado (Pisani Claro y Miazzi, 2017) y constituyendo un factor importante de agregado de valor mediante la transformación de granos en proteína animal.

Argentina es un país con una fuerte actividad ganadera, y es por su alta incidencia que este trabajo se posiciona en la producción de metano en bovinos. Por su parte, la de la provincia de Córdoba posee una de las cuencas lecheras más importantes del país, por lo que se analiza este sector y las posibilidades de mitigación de emisiones.

Asimismo, de acuerdo con el informe “Global Anthropogenic Emissions of Non-CO₂ Greenhouse Gases” de la EPA, la Argentina se ubicó en 2005 en el

decimoquinto lugar mundial por tasa de emisiones antropogénicas de metano, siendo la ganadería la principal fuente de emisión del país⁶.

2.2 Evolución del mercado nacional y de los stocks bovinos

2.2.1 Tendencias de manejo de rodeos y uso del suelo

Los rodeos bovinos han ido incrementándose en la Argentina a partir del inicio del presente siglo. Un dato significativo es el de las exportaciones cárnicas cuyo incremento entre 2002 y 2010 fue del orden del 252%, además de que se otorgó prioridad al consumo interno, según datos del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial 2010-2020 (s.f.)

La misma fuente explica que la actual situación de la ganadería argentina se debió, en primer lugar, al aumento de la frontera agrícola que fue desplazando los rodeos bovinos que antes se criaban en pasturas de excelente calidad forrajera, de manera que se efectuaba recría con terminación a pasto, en ganadería. La reducción, de 13,5 millones de hectáreas que se convirtieron de ganadería a agricultura, no estuvo acompañada con disminución del stock de cabezas que, en cambio, continuó creciendo, con la consecuencia de mayor carga animal en los campos. Además, otra característica de la cría de bovinos en la actualidad en la Argentina, está dada por la mayor velocidad de proceso de engorde, determinado por el sistema de engorde a corral.

En lo que respecta específicamente a tambo, un estudio del INTA confirma datos similares para el Departamento San Martín, donde se concentra gran parte de los establecimientos lecheros de la provincia de Córdoba. La investigación concluye en que en el periodo 2002-2010 se incrementó 28% la superficie destinada a agricultura; que el sistema tambo se intensificó en materia de cabezas por superficie y que los rodeos lecheros crecieron 5% (Aburrá y Ferreiro, 2010).

2.2.2 Amenazas a la competitividad de la lechería

La competitividad de la lechería en la Argentina está siendo amenazada por un escenario crítico, signado por una baja sostenida en el precio que cobra el

⁶ www.globalmethane.org

productor en tranquera y que, según Almada *et al.* (2016), obedece a cinco variables principales:

- a) Una caída sostenida en los precios internacionales en los productos lácteos,
- b) La disminución de los volúmenes exportados por Argentina por problemas en los países de principal destino,
- c) La devaluación cambiaria de fines de 2015 que impactó en los costos de producción ganaderos,
- d) La eliminación de retenciones a las exportaciones de maíz y reducción de las de soja, que ajusta el precio interno poniéndolo por encima del internacional, y
- e) El incremento en los precios de los combustibles.

Las perspectivas avizoradas anuncian que los precios internacionales de los lácteos no se recuperarán, la demanda externa no crecerá, los costos de producción continuarán siendo más elevados que el precio percibido (hoy subsidiado por el Estado) y, en consecuencia, los problemas financieros proseguirán y es previsible que continúe el pase del sistema tambor a la agricultura comercial, cuya rentabilidad es muy favorecida en el actual contexto (Almada *et al.*, 2016).

2.2.3 Evolución de la producción en tambos

Durante las últimas dos décadas y media, la lechería en la Argentina experimentó un proceso de fuerte concentración empresarial, siguiendo una tendencia mundial para los sectores más evolucionados de este tipo de producción, resultando en mayor cantidad de litros de leche producidos en una menor cantidad de tambos (OCLA, 2017).

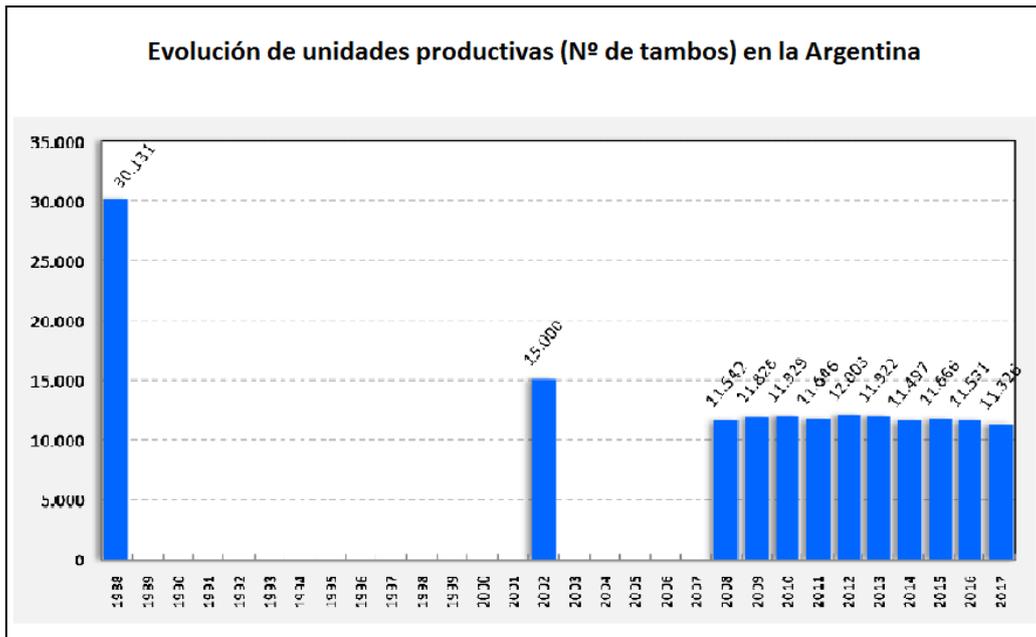


Figura 4: Evolución de cantidad de tambos en Argentina de 1998 a 2017 (Fuente: OCLA, 2017)

Es significativo observar la evolución de la producción y la productividad durante la primera década del siglo, pasando de 8,5 miles de millones de litros en 2002 a 10,4 miles de millones en 2010 (incremento de 22%). En los años sucesivos, la producción siguió en suba, llegando a 11,3 miles de millones de litros en 2015, con un leve descenso en 2016 (OCLA, 2017).

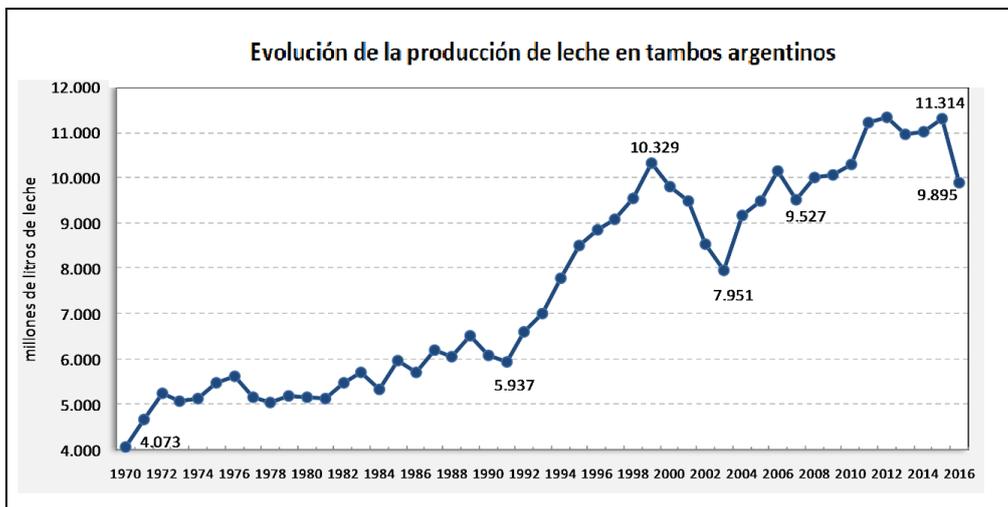


Figura 5: Evolución de la producción de leche en millones de litros, de 1970 a 2016 (Fuente: OCLA, 2017)

La concentración de la producción se hace notoria en la Tabla 2 que representa la estratificación del establecimiento, siendo los de más de 10 mil litros diarios el estrato más significativo en el conjunto.

Tabla 2: Estratificación de la producción de leche a setiembre de 2017 (Fuente: OCLA, 2017)

Estrato de Producción	sep-17		Acumulado	
	% de tambos	% de producción	% de tambos	% de producción
- de 1.000 litros diarios	27,5%	4,5%	27,5%	4,5%
entre 1.000 y 2.000	23,0%	11,6%	50,5%	16,1%
entre 2.000 y 3.000	17,3%	14,6%	67,8%	30,7%
entre 3.000 y 4.000	10,8%	12,6%	78,6%	43,2%
entre 4.000 y 6.000	10,7%	17,6%	89,3%	60,8%
entre 6.000 y 10.000	7,0%	17,8%	96,2%	78,6%
+ de 10.000 litros diarios	3,8%	21,4%	100,0%	100,0%

2.2.4 Stocks bovinos

Si se considera la cantidad de cabezas, en 2010 el stock inventariado para el territorio nacional era levemente inferior a la de 53 millones actuales reportada por SENASA y ya mencionada. En 2010 existían en el país 51,15 millones de cabezas de este ganado en total, clasificadas en 2,15 millones de bovinos del complejo lácteo y 49 millones del complejo ganadero (OCLA, 2017). Esto representa una proporción de bovinos lecheros de 4,4%.

Las provincias que mayor stock bovino poseen, en establecimientos que incluyen el sistema tambo (muchas realizan, simultáneamente, actividades de cría, recría y/o invernada), son Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires, como se observa en la Figura 5. Ésta evidencia que a Córdoba corresponde el 31,9% de bovinos lecheros del país, lo que representa cerca de 700 mil cabezas.

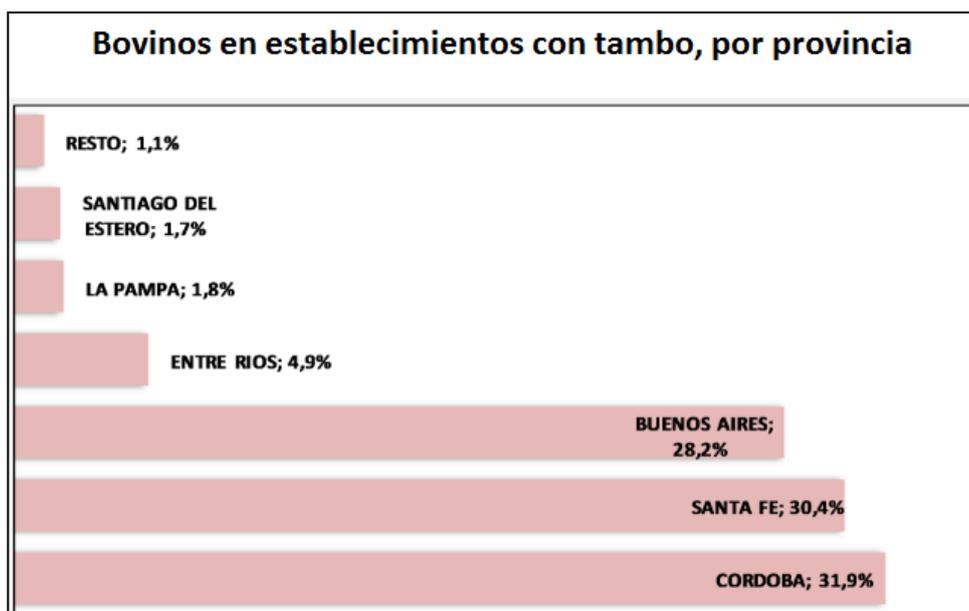


Figura 6: Proporción de cantidad de bovinos en establecimientos con sistema tambo, por provincias, a marzo de 2017 (Fuente: OCLA, 2017)

Estos números indicarían que, si los bovinos lecheros representan 4,4% del total y Córdoba posee 31,9% de esas cabezas, la participación de la lechería de la provincia en las emisiones de GEI causadas por la ganadería serán del orden del 1,4%.

En tanto, Córdoba es la que mayor concentración de bovinos por tambo posee, ya que se lee en la Figura 6 que cuenta con menor número de unidades productivas que Santa Fe.

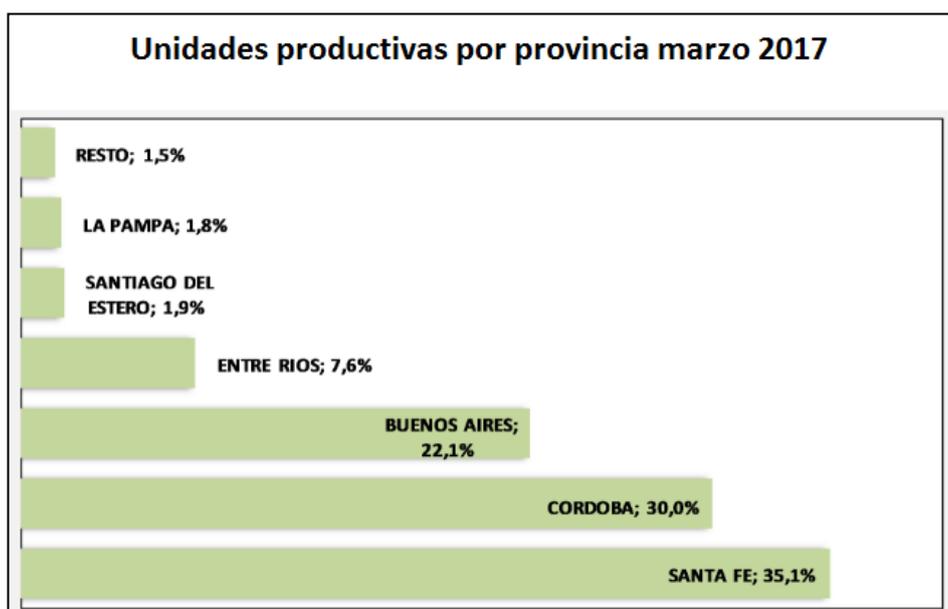


Figura 7: Proporción de tambos por provincia a marzo de 2017 (Fuente: OCLA, 2017)

2.2.5 Reducción de emisiones, competitividad y bienestar animal

Existe una relación que es crítica entre la salud de los animales y su bienestar, según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Uno de los motores del concepto de bienestar animal es el aspecto ético, sobre el cual ejercen presión muchos consumidores en países desarrollados, al demandar este atributo de calidad en los esquemas de producción y comercialización de derivados animales (Gallo, 2010).

Si se piensa en términos de competitividad en los mercados nacionales e internacionales, el bienestar animal debería ser considerado entre las acciones que se lleven adelante con el fin de mitigar y/o medir las emisiones de metano entérico. El concepto ha sido muy difundido en países europeos en las últimas décadas y lo está siendo también en la Argentina a través de distintos organismos, por ejemplo el SENASA. Este ente promueve, entre otras condiciones, que los animales posean “adecuada cantidad y calidad de agua, alimento y aire para mantener buena salud y producción; contacto social con otros animales; suficiente espacio para pararse, echarse, estirarse, asearse y realizar patrones normales de comportamiento (...)”.⁷

Para Bianchifiori (2010), el bienestar es una variable que puede medirse y que es importante en términos de:

- Economía, ya que los criadores agregan el bienestar animal a la declaración de los productos que venden como un plus comercial, aun cuando pocos consumidores están orientados todavía a comprar productos según los estándares demostrados en el manejo que se ha dado a los animales en su cría.
- Es un instrumento de competición a nivel de ambiente no sólo local europeo, sino también global.
- Ofrecer garantías sobre el bienestar animal como algo que puede mejorar su propia satisfacción como criador.

El concepto de bienestar animal será retomado en los acápites 2.4.2 y 2.6, cuando se aborden las alternativas de medición de metano entérico en la Argentina y las experimentaciones para el aprovechamiento energético, respectivamente.

⁷ www.senasa.gob.ar

2.3 Proceso de producción de metano entérico

2.3.1 Digestión en los rumiantes

Los elementos que actúan en la digestión de los rumiantes son: boca, dientes, lengua, labio, rumen y sus bacterias, abomaso e intestino delgado. El procedimiento consta de varias etapas, de las cuales es en las primeras que se producen las emisiones de metano. En efecto, cerca del 98% de las emisiones provienen del extremo anterior del animal, es decir, el proceso de rumiación y digestión (Carmona *et al.*, 2005), por lo que es este el momento sobre el cual se debe actuar. Adaptado de Owen (1983) se citan los siguientes pasos:

- Tras ingresar por la boca, el alimento es manipulado, en forma conjunta, por la lengua, el labio y los dientes incisivos de la mandíbula inferior que muerden contra la almohadilla dura sin dientes de la mandíbula superior (masticación preliminar con la mezcla de saliva, que se produce en un orden de 150 litros al día para vacunos).
- El alimento obtenido pasa por la garganta hasta el rumen, semejante a una gran cuba de fermentación que contiene la mezcla de líquidos y alimentos. Los componentes del rumen son el sustrato de una gran población de bacterias anaerobias, protozoos y hongos. Estos componentes (flora microbiana) dependen de muchos factores, siendo el principal la dieta del animal.
- Filtrado celulítico: algunas de las bacterias pueden descomponer uno de los elementos estructurales más tenaces de la planta y hacer que sus nutrientes sean útiles para sí misma y, eventualmente, para el huésped animal.
- En el proceso de fermentación anaeróbica que se lleva a cabo en el rumen, la proteína y otros compuestos nitrogenados se descomponen en amoníaco y son utilizados por los microbios para sintetizar su propia proteína.
- El resultado de la fermentación es descomponer el alimento, incluyendo la celulosa, en ácidos grasos volátiles (en especial, acético, propiónico y butírico). La conversión de carbohidratos en piruvato, en el rumen, se representa en la figura siguiente.

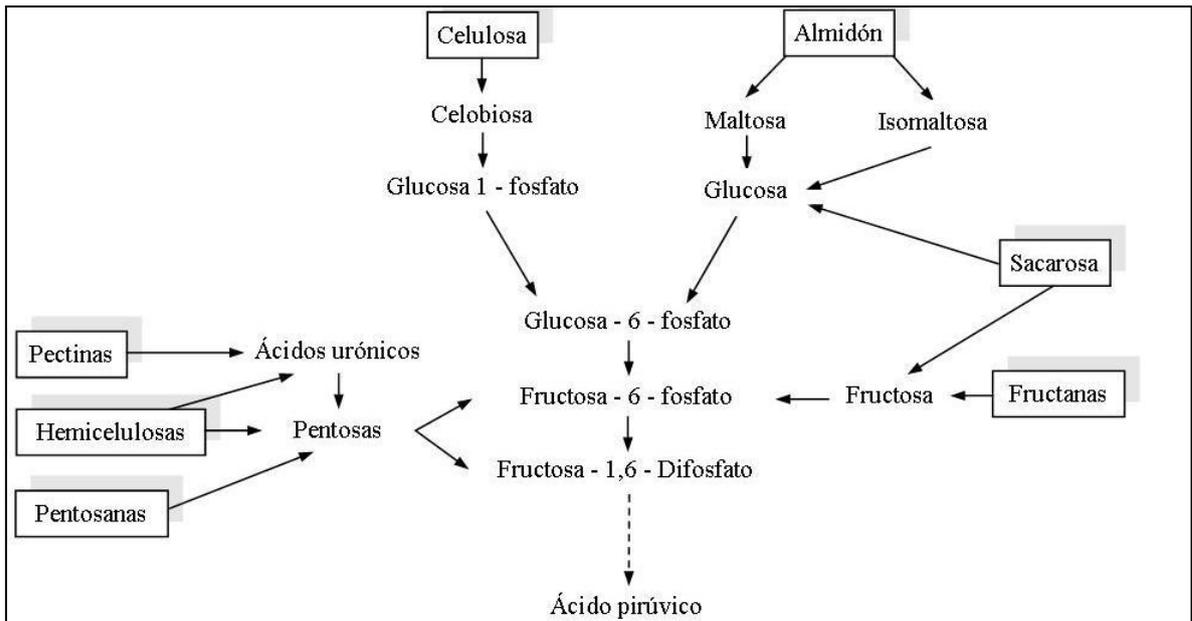


Figura 8: Conversión de carbohidratos en piruvato (Fuente: McDonald, 2006, p. 152)

- Los ácidos citados son absorbidos a través de la pared del rumen hasta el flujo sanguíneo y forman la fuente principal de energía del rumiante.
- Como subproductos de este proceso de fermentación⁸ se encuentran el gas metano, eliminado regularmente por el animal por medio del eructo, y el amoníaco excedente que puede ser excretado como urea.

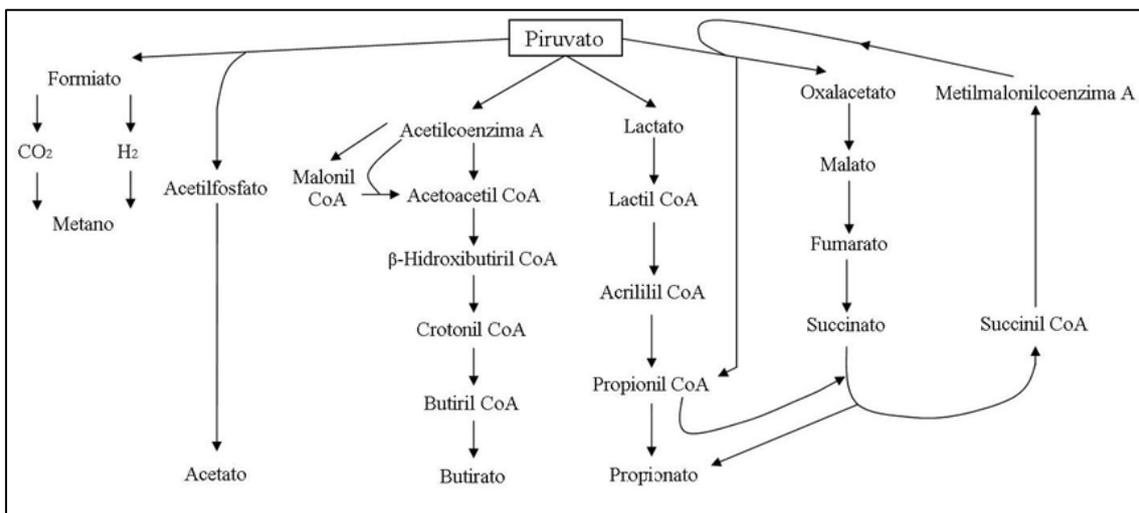


Figura 9: Conversión de piruvato en ácidos grasos volátiles (Fuente: McDonald, 2006, p. 153)

⁸ Las metanógenas pertenecen al reino Archaeobacteria y se desarrollan en medios estrictamente anaerobios. Según Steward y Bryant (en Van Soest, 1994), existirían dos órdenes en el rumen: las metanobacteriales y las metanomicrobiales.

El tiempo de rumia, que depende del contenido de fibra de la ración, en ganado vacuno alimentado a base pastoril suele ser de 8 horas diarias, similar al tiempo que el animal invierte pastando. Este proceso implica que cada bolo de alimento que regurgita sea masticado unas 40 a 50 veces (McDonald, 2006).

Posteriormente, el proceso continúa con la salida del contenido fermentado hacia el orificio ruminal-omasal que llega al abomaso; la rumiación que es la digestión en el rumen; la digestión en el abomaso y el intestino, y la absorción de aminoácidos, carbohidratos y los productos de descomposición de lípidos, a través de la pared del intestino delgado.

La eliminación de metano vía eructo en el ganado -que es la etapa que nos interesa a los fines del presente trabajo- inicia, aproximadamente, a las cuatro semanas de vida, cuando comienzan a ser retenidos en el retículo-rumen los alimentos sólidos, aumentando la fermentación y producción de gases.

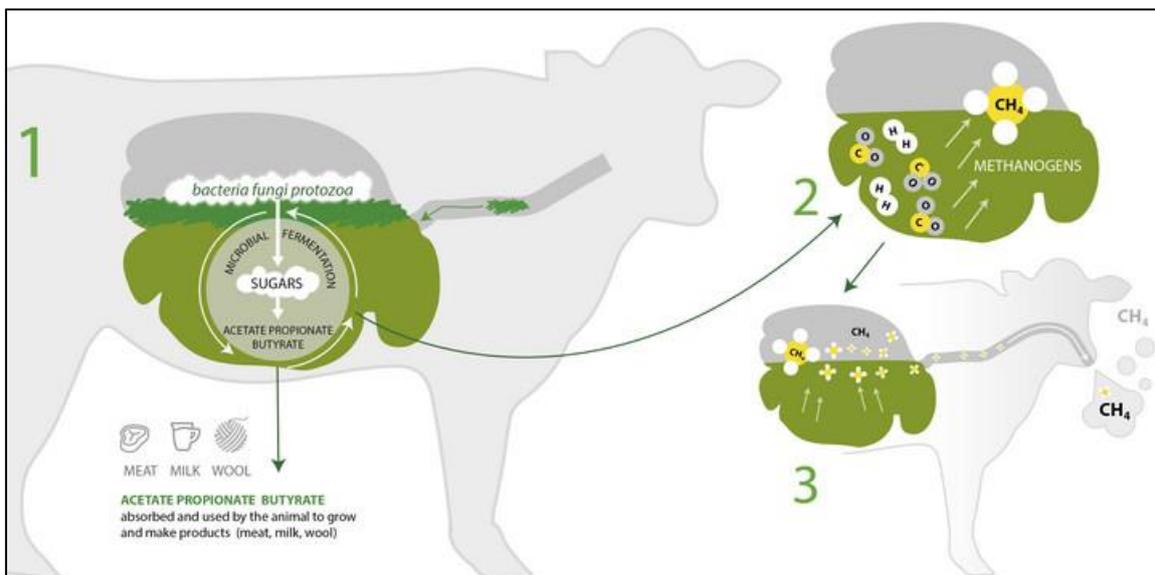


Figura 10: Proceso de producción-emisión de metano entérico (Fuente: FAO, s.f.)

2.3.2 Influencia de la dieta

Según Crampton y Harris (1979) las raciones de los rumiantes están compuestas por una combinación de:

- forrajes (heno, paja, ensilados, pastos y raíces), y
- concentrados (alimento o mezcla de alimentos que proporciona nutrientes primarios como proteína, carbohidratos y grasa)

Estos componentes de la dieta contienen celulosa, hemicelulosas, almidones y carbohidratos hidrosolubles. Cada kg de hierba tierna de pastos puede

contener 400 g de celulosa y hemicelulosa, y 200 g de carbohidratos hidrosolubles, aproximadamente. En forrajes groseros⁹ como henos y pajas, en cambio, la proporción de celulosa y hemicelulosa es mucho mayor, siendo menor la de carbohidratos (McDonald, 2006).

Por su parte, el rumiante se ha desarrollado para abastecerse con una dieta de forraje fibroso, de tal manera que no utiliza eficientemente las dietas poco fibrosas. Por eso, agregar concentrados a una dieta de forrajes mejora la producción y aumenta el peso vivo (Owen, 1983). El forraje grueso se relaciona con el efecto químico en la digestión del animal, de un mayor porcentaje de ácido acético sobre ácido propiónico y un menor nivel de ácido láctico.

Según Carmona, la mayor producción de metano se observa en animales alimentados con gramíneas de baja calidad nutricional, con sistemas de pastoreo continuo y baja disponibilidad forrajera, mientras que datos más bajos se observan cuando el pastoreo se da en praderas mejoradas, sistemas de pastoreo rotacional, fertilización y alta disponibilidad de forraje (Carmona *et al.*, 2005).

Los sistemas pastoriles como los de la región pampeana, con predominio del *ray grass*, son de difícil digestión para los rumiantes, causando mayores emisiones de metano que los estabulados. Estudios efectuados por el programa AGRResearch en Nueva Zelanda (donde el problema se agrava por la abundancia de praderas ricas en trébol) indican que reemplazar esta dieta con silaje de maíz reduce hasta en un 33 % las emisiones.

La FAO sostiene también que los tambos en que los animales son alimentados en sistemas de pastoreo emiten mayor cantidad de metano que en aquellos sistemas mixtos, siendo la contribución de este GEI del orden de 2,72 y 1,78 kg CO₂eq/kg, respectivamente (FAO, 2010).

Otra consecuencia asociada a la producción de metano es el trastorno que se denomina timpanismo. Al ocasionarse, la distensión del rumen puede ser tan grande que da lugar al colapso y muerte del animal. El timpanismo puede presentarse en vacas lecheras que son mantenidas con pastos tiernos con

⁹Se define como "forraje grosero" al material de origen vegetal de gran volumen, con baja densidad de nutrientes (pobres en energía neta por unidad de peso) y alta de fibra cruda. Según la Canada Feed Act, aquellos que desecados contienen más de 18 % de fibra bruta (Crampton y Harris, 1979).

abundancia de trébol o leguminosas¹⁰, ricas en pectina que se apunta como causante de espuma (Van Soest, 1994), que impiden al animal eructar. Esto ocurre al quedar atrapados los gases, en forma de espuma, en el rumen, o bien por inhibición del reflejo que controla el eructo por alguna sustancia fisiológicamente activa que estos alimentos contienen o forman con su fermentación (McDonald, 2006).

También Van Soest afirma que este tipo de patologías puede ser resultado del empleo de una sola especie de pastura o el exceso en el suministro de un tipo de alimento.

De todo lo antedicho, se desprende que una adecuada combinación de pasturas asociadas a su calidad, forrajes y ensilados puede contribuir a la disminución de emisiones de metano, a la vez que a una mejora en la calidad de vida del animal y su productividad.

2.3.3 Pérdidas de energía

La energía útil es aquella que termina siendo leche, tejido corporal o combustible necesario para que el cuerpo funcione. Esta energía útil, tradicionalmente se llamó “energía neta”, por ser el resultado neto de la energía bruta inicial que estaba presente en el alimento antes de ser ingerido, y que experimenta un número de pérdidas en el proceso de transformación de bruta a neta.¹¹

En cuanto a las pérdidas que se experimentan para obtener energía neta de la energía bruta, una de las más importantes es, precisamente, la del gas metano liberado durante la fermentación en el rumen y evacuado por medio del eructo. Según McDonald (2006), los rumiantes pierden cerca del 7% de la energía de los alimentos que ingieren, en forma de metano. Según la FAO, estas pérdidas pueden ubicarse en un rango de entre 2 y 12%¹².

Otras causas de pérdida energética son el residuo no digerido (excrementos, estiércol), la pérdida de orina (la urea contiene energía combustible) y la

¹⁰ A esta clasificación pertenece la alfalfa (*Medicago sativa*), uno de los cultivos forrajeros más utilizados en la región pampeana argentina, ya que se considera que aporta una elevada cantidad de materia seca de alta calidad (Cancio, H., 2016)

¹¹ El contenido energético puede evaluarse por medio de un calorímetro; se prende fuego al alimento, se lo quema totalmente y luego se mide el calor que despiden (Owen *op cit*).

¹² www.fao.org

pérdida de calor (remanente de la energía bruta que no aparece en la leche ni en el tejido del cuerpo).

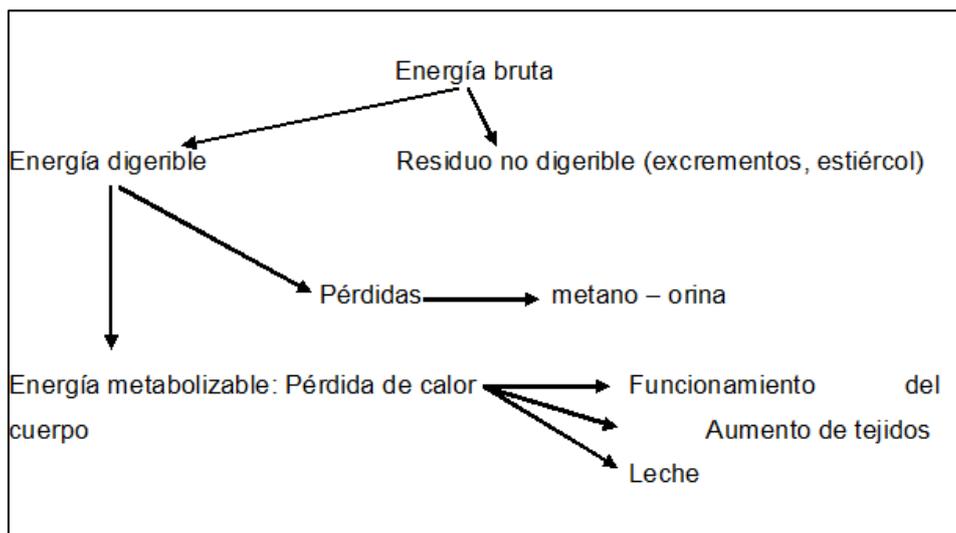


Figura 11: Pasos entre la energía bruta y la energía neta (Fuente: adaptación de Owen, 1983)

La producción de metano se considera una pérdida de energía que potencialmente es utilizable. La tasa de emisiones de metano por fermentación ruminal están signadas por las características físico-químicas de la dieta, el nivel de consumo y la frecuencia de alimentación (Carmona *et al*, 2005).

2.3.4 Eficiencia energética

La eficiencia energética de los sustratos alimenticios fermentados en el rumen disminuye debido a las emisiones de metano que se ocasionan, como ya se dijo, a través del eructo. Los sustratos de baja calidad causan bajo rendimiento por cabeza y mayores emisiones de metano. A estos efectos, puede afirmarse que dicha pérdida energética puede representar entre 15 y 18 % cuando la alimentación ocurre con forrajes de baja calidad nutritiva (Carmona *et al.*, 2005).

2.4 Tendencias en la Argentina

2.4.1 Dietas predominantes y recomendadas en Argentina

Debido a que la cantidad de metano entérico que expele el animal está relacionada directamente, como ya se mencionó, con el nivel de ingesta, el tipo y la calidad de alimentación, entre otros factores, es que se considera

importante analizar la dieta que predomina en el ganado bovino de la cuenca lechera de la región en estudio.

Según expertos del INTA, los alimentos disponibles para los sistemas lecheros de la zona se dividen en: producidos (pasturas y silajes) y comprados (granos y subproductos). Una dieta típica para los sistemas de producción de la cuenca láctea central está compuesta por alfalfa (50 % del total de materia seca), maíz (grano partido y/o molido), expeler de soja y silo de maíz, totalizando 20 kg de materia seca por vaca en ordeño (Almada *et al.*, 2016)¹³.

Entre diciembre de 2014 y el mismo mes de 2015, el costo de esta dieta creció 70%, siendo mayor el aumento del precio de los insumos comprados (90%), por la citada quita de derechos de exportación de maíz y soja.

Finalmente, Almada *et al.* (2016) recomiendan una modificación en las proporciones, que lleve a 60% la participación de la alfalfa y reduzca o elimine la del expeler de soja.

Si bien la intención de la propuesta es atender a la coyuntura de la crisis que preocupa al productor con un enfoque en la reducción de costos, el análisis no toma en cuenta el factor ambiental y, en consecuencia, no considera tampoco la incidencia que estas medidas de modificación de dietas podrían tener en las emisiones de metano entérico.

Otro documento que analiza la realidad del sector y genera propuestas para afrontar la crisis es el Plan Estratégico para la Cadena Láctea Argentina 2008-2020 elaborado por el INTI. En el mismo tampoco es mencionada la dimensión ambiental, si bien brinda recomendaciones tendientes a la eficiencia de los rodeos. Para ello pone énfasis en la alimentación, el manejo reproductivo, el control de parámetros productivos y la calidad de la producción de leche. En materia de alimentación se propone “aumentar la oferta forrajera, su calidad y manejo eficiente (...) prácticas agronómicas que hacen al establecimiento y permanencia de las pasturas, la mayor utilización de concentrados (principalmente maíz) para el aumento de la producción individual” (INTI, 2008).

2.4.2 Medición de emisiones

¹³ Según veterinarios de la zona, otra dieta recomendada contiene verdeo avena último corte (35 %), grano y silo de maíz, afrechillo de trigo y burlanda seca.

Uno de los métodos más difundidos en el mundo para la medición de las emisiones de metano entérico es el de cámaras de ambiente controlado. En la Argentina, donde estos implementos se fabrican a un costo superior a los 400 mil dólares (INTA, 2016), se han realizado instalaciones experimentales a cargo del INTA en Balcarce y en Tucumán. Se trata de un sistema poco invasivo, que toma en cuenta el bienestar animal en su diseño y que simula las condiciones ambientales de zonas predominantes en que se desarrolla ganadería bovina, como las regiones Pampeana y Chaco semiárido, a la vez que se va registrando la variación en las dietas para luego poder realizar las comparaciones a campo¹⁴.



Figura 12: Cámara de ambiente controlado (Fuente: ria.inta.gob.ar, 2016)

Otro método para conocer el ritmo de producción de metano, como de ácidos grasos volátiles en el rumen, es el que consiste en la introducción de una cánula.

En la Argentina, el INTA ha desarrollado un sistema de medición de metano entérico por telemetría, el que fue aplicado a modo experimental en rodeos de la provincia de San Luis durante el año 2009. Se trata de un procedimiento mediante el cual los gases pasan por el sensor de flujo conectado a un módulo electrónico que digitaliza y transforma el volumen emitido en datos. Este módulo cuenta con un sistema de comunicación vía una célula telefónica que utiliza una red GPRS para enviar la señal a un servidor central. El servidor

¹⁴ ria.inta.gob.ar, 2016

recepta y almacena la información en una base de datos que puede verse en tiempo real¹⁵.



Figura 13: Sistema de medición por telemetría (Fuente: sepa.inta.gob.ar, s.f.)

2.5 Alternativas de manejo dietario

Estudios del Institut National de la Recherche Agronomique-INRA, en Francia, revelan que el aporte de 6% de lípidos alimentarios ricos en ácidos grasos poliinsaturados en las raciones de vacas lecheras disminuye la producción de metano en un 27 a 37% (INRA, 2008).

Ese organismo se encuentra estudiando los efectos del grano de lino en la metanogénesis y se prevé que las conclusiones de esta experimentación puedan ser más precisas a largo plazo. Asimismo, se debe efectuar el balance entre los costos económicos y los ambientales, considerando las posibilidades de los productores.

Sobre la determinación de este factor en la Argentina, el INTA se encuentra realizando experimentaciones sobre variedades de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum*), que han resultado en cultivares con buenos rindes y comportamiento sanitario óptimo. Se trata de variedades caracterizadas por su bajo costo de producción y su versatilidad para suplantar al trigo en el doble cultivo de soja, lo que lo convierte en una alternativa muy recomendada para diferentes zonas agrícolas (INTA, 2014).

En cuanto a cómo puede afectar el valor nutricional de la leche, se ha comprobado que el grano de lino produce un efecto benéfico debido a su riqueza en ácido linoleico. Esto ha sido comprobado por diversas investigaciones, como la efectuada por Prieto-Manrique *et al.* (2016), que

¹⁵ sepa.inta.gob.ar, s.f.

propone el consumo de ácidos grasos insaturados en suplementos dietarios para vacas lecheras. Esto permite disminuir la proporción de ácidos grasos saturados en la leche, lo cual se asocia a “efectos anticancerígenos en modelos animales”. No obstante, la respuesta varía de acuerdo con la fuente de grasa empleada, su nivel y la interacción con la dieta basal (Prieto-Manrique *et al.* 2016, p. 421).

El INTA realizó un trabajo de investigación en su tambo experimental de Balcarce, con 36 vacas de raza Holando Argentino en lactancia temprana, tras el cual demostró que suministrando aceites de soja y de lino a la dieta -puros o en combinación- se mejora el valor saludable de la leche, aunque no exploró experimentalmente la inclusión óptima de estos productos en la ración consumida por animal. (Antonacci *et al.*, 2015).

Otro método que está siendo puesto a punto por el INRA francés es la utilización de un suplemento alimentario producto de la fermentación de un sustrato por parte de al menos un hongo perteneciente al género *Monascus*. Según la fuente, estos hongos no implican peligro alguno ni para el hombre ni para el animal (se emplean en la gastronomía china y su consumo es aprobado por los organismos FDA de Estados Unidos y EFSA de Europa), y su uso en la fermentación del sustrato puede reducir hasta 30% las emisiones de metano entérico (INRA, 2013).

El sustrato orgánico a fermentar por *Monascus* puede ser obtenido a partir de granos de cereales como arroz, trigo o maíz, y sus productos derivados. Un aspecto importante de la invención es que la ración alimentaria complementada con el sustrato fermentado reduce rápidamente la emisión de metano sin afectar la fermentación ruminal y sin disminuir las poblaciones de bacterias y protozoarios.

En tanto, científicos de una firma holandesa descubrieron que una sustancia bautizada “3-nitrooxypropanol (3-NOP)”, utilizada como complemento alimentario, bloquea una enzima necesaria para la formación de metano en el rumen. El estudio fue realizado durante tres meses en la Universidad Estatal de Pennsylvania, Estados Unidos, con 48 vacas de raza Hosltein. Los resultados arrojaron una reducción de 30% en las emisiones de metano, sin afectar la capacidad de los bovinos de digerir la fibra y sin registrarse otros efectos en su

salud, a la vez que se advirtió una ganancia de peso superior en 80% a la de los animales del grupo de control, debido a las menores pérdidas energéticas.¹⁶ Finalmente, en la Argentina, investigadores de la Universidad de Buenos Aires (UBA) efectuaron ensayos consistentes en el agregado de taninos concentrados de quebracho al proceso de fermentación ruminal y producción de metano, empleando la técnica de producción de gas *in vitro*. La investigación, llevada a cabo en ovejas, arrojó como resultado que el agregado de estos taninos concentrados no alteró las poblaciones microbianas y, consecuentemente, no modificó la producción de metano entérico en el sustrato incubado, posiblemente debido a que las dosis no eran lo suficientemente altas (Cantet *et al.*, 2015).

Es importante señalar que ninguna de las investigaciones citadas hace referencia específica a otras posibles consecuencias de las modificaciones dietarias en el animal, por ejemplo, en sus funciones reproductivas, claves en los sistemas ganaderos.

2.6 Opciones de aprovechamiento energético

Existen distintos experimentos en el mundo efectuados sobre bovinos a fin de capturar el metano emitido y reutilizarlo como fuente energética. En la Argentina, investigadores del INTA-Castelar han logrado captar los gases producidos por los bovinos, aislar el metano y utilizarlo para usos domésticos o mover un auto. Este sistema puede emplearse para producir energía calórica (una hornalla), para producir frío (una heladera), para hacer funcionar iluminación a gas y hasta incluso, combustible de un automóvil. Según un integrante del equipo que desarrolló el sistema, considerando que sean 300 litros de metano por día que emite en promedio una vaca, pueden ser utilizados para poner en funcionamiento una heladera de 100 litros de capacidad a una temperatura entre 2 y 6 grados durante un día completo. Según profesionales del INTA, los rendimientos de la iniciativa fueron bajos dada la complejidad del sistema.¹⁷

¹⁶ <http://quebec.huffingtonpost.ca>

¹⁷ intainforma.inta.gov.ar, 2013

La presente investigación no pudo conocer que en el país se hayan llevado adelante otro de tipo de experimentaciones similares ni que se haya difundido la tecnología para el aprovechamiento del metano como en el caso expuesto.

2.7 Marco normativo y políticas de gestión, control e incentivo

2.7.1 El Estado frente a los compromisos internacionales

La gestión, tanto de control como de incentivo a la mitigación de emisiones, es una responsabilidad inherente al Estado nacional como provincial en el caso de Córdoba, y esto en base a los artículos 41 de la Constitución Nacional y 11 de la Provincial, respectivamente. En la normativa se establece el derecho a un ambiente sano y equilibrado, en el cual las necesidades humanas sean satisfechas por actividades productivas sin comprometer el ambiente para las generaciones futuras, a la vez que Córdoba determina que “El Estado Provincial resguarda el equilibrio ecológico, protege el medio ambiente y preserva los recursos naturales”.

En respuesta a su deber, República Argentina viene participando activamente de negociaciones del régimen climático internacional desde 1994, en que ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) mediante la Ley 24.295. Esto implica para el país el cumplimiento de una serie de obligaciones, entre ellas, la de informar sus inventarios nacionales de GEIs y programas para mitigarlos.

Del Segundo Informe Bienal de Actualización (2do. BUR) del Inventario Nacional de GEI a la CMNUCC, presentado en 2017 sobre datos de inventario de 2014, se desprende una serie de datos respecto de las emisiones de interés en el presente trabajo, a saber:

- Considera al metano entre los denominados “GEI directos de primera categoría”, con un potencial de calentamiento global de 21 a 1 respecto del CO₂.
- Los sectores de la agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra, son responsables del 39,2% de las emisiones anuales totales de GEI (144,3 Mt CO eq).¹⁸

¹⁸ El cálculo de las emisiones directas de metano por fermentación entérica a los fines del Inventario fue realizado siguiendo los criterios determinados por el IPCC (p. 44) desarrollados en el acápite 2.1.5.

- La fermentación entérica producida por el ganado bovino constituye casi un tercio de esa cantidad, y se estimó para 2014 en 56 Mt CO₂eq, de las cuales 52,4 Mt CO₂eq corresponden a ganado para carne y 3,7 a bovinos lecheros. Esta suma representa un 74% de las emisiones totales de GEI derivados de la ganadería (76,41 Mt CO₂eq). La tabla 3 muestra que es este el subsector que más emisiones genera.

Tabla 3: *Emisiones de GEI en Argentina por subsector (Fuente: Inventario Nacional de GEI, 2do. BUR, 2017, sobre datos de 2014)*

Subsector	%	MtCO ₂ eq
Ganadería	20,7%	76,41
Transporte	15,5%	56,93
Cambio de uso de suelo y silvicultura	13,1%	48,20
Combustibles residencial	7,7%	28,41
Combustibles industrias	5,7%	20,91
Agricultura	5,4%	19,73
Combustibles otros sectores	4,8%	17,70
Procesos industriales	4,5%	16,58
Fabricación de combustibles	4,2%	15,48
Emisiones fugitivas	3,0%	11,18
Aguas residuales	1,9%	7,06
Residuos sólidos urbanos	1,9%	6,84

- La estimación de emisiones por cabeza de ganado bovino es de 1,37 tCO₂eq. Si esto se multiplica por las 700 mil cabezas de bovinos lecheros que se calculan en la provincia de Córdoba, puede estimarse que los tambos cordobeses son responsables de 0,959 MtCO₂eq. Por otra parte, en el acápite 2.2.4 se calculó que el aporte de bovinos lecheros de la provincia de Córdoba representaba el 1,4% de stocks bovinos totales del país. Por lo que el equivalente de emisiones, según los valores de la tabla 3, puede estimarse en 1,07 MtCO₂eq. De ambas maneras, se arriba a un resultado que se aproxima a 1 MtCO₂eq.

- En el capítulo sobre necesidades de financiación, tecnología y fomento de la capacidad, se advierte como necesario generar capacidades, de manera transversal a todos los sectores, en la realización de “análisis de interrelación de las medidas de mitigación y su relación con los datos de actividad de los inventarios, para una cuantificación precisa de la reducción de emisiones por medidas de mitigación” (Inventario Nacional de GEI, 2do. BUR, 2017, p. 83)
- Las medidas de mitigación no incluyen ninguna vinculada a las emisiones derivadas de la ganadería (p. 71 a 76)

Anteriormente, en la Tercera Comunicación Internacional a la CMNUCC (2015), el capítulo sobre “Leyes, planes, programas y acciones de mitigación en implementación en la Argentina” tampoco incluía una vasta enumeración sin referencia alguna a emisiones por ganadería bovina. En tanto, en el punto sobre “Opciones de mitigación evaluadas” según su factibilidad técnica, se hace mención a diversos rubros de la economía generadores de GEI. Al referirse a metano entérico, el documento expresa lo siguiente:

En lo que concierne a la ganadería de leche, debido a la escasa información disponible, sólo ha sido posible al presente identificar una lista de opciones que sería necesario implementar para reducir los valores actuales de emisiones de GEI por litro de leche (Tercera Comunicación Internacional a la CMNUCC, con datos del INVGEI 2012, p. 167).

2.7.2 Políticas de estímulo a la innovación

Más allá de la normativa marco y de los pactos internacionales, ni la Argentina ni la provincia de Córdoba han establecido estándares ni políticas respecto a las emisiones de metano entérico como sí ha sucedido en otros países.

A los fines de analizar posibles alternativas en base a experiencias desarrolladas en otros países, se tomará como testigo el caso de Francia, país en el cual, según Dollé *et al.* (2011) la tendencia es hacia la evaluación global de los establecimientos ganaderos tanto para carne como para leche, como sistemas complejos con múltiples interacciones, con base en la metodología de análisis del ciclo de vida (ACV). Esta evaluación a escala sistémica permite obtener una visión representativa del impacto ambiental que puede ejercer cada establecimiento, a los fines de determinar acciones tendientes a reducir

esos impactos. Las determinaciones de las emisiones de GEI se realizan por kg de producto, ya sea leche o carne (Dollé *et al.*, 2011, p. 7).

Una medida adoptada por el INRA en 2015 fue la conformación de un consorcio con diez actores privados para profundizar la investigación hacia la reducción de GEI (INRA, 2015).

Previamente, en ese país los productores de ganadería y tambo ya contaban con un sistema que, según explica Chauveau (2013), les permite traducir la disminución que logren en emisiones de metano entérico, a unidades de CO₂, y obtener beneficios económicos y/o fiscales. Haciendo la conversión a CO₂, las emisiones anuales de metano para ese país se estiman en el equivalente a 26 millones de toneladas (poco más de un millón de toneladas de metano).

Investigaciones del INRA, financiadas por dos firmas de los rubros producción láctea y alimentación animal, han demostrado que el lino permite reducir un 20 % las pérdidas de metano entérico en bovinos, ya que es un producto con alto contenido de glúcidos.

Los trabajos del INRA devinieron en un método que permite, desde 2008, calcular los kg de metano no emitido por la vaca por modificaciones en la dieta. Estos cambios consisten en sustituir parte de las raciones de maíz o soja por granos ricos en proteína, como frijol de lupino, garbanzo, habas, y en Omega 3, como el lino.

Para calcular la reducción en las emisiones, se mensura el efecto directo entre la degradación de glúcidos dentro del rumen y la producción de ácidos grasos volátiles y de metano, a través de medir el tenor en ácidos grasos de la leche. No obstante, el instituto reconoce que el método de calcular las emisiones debe ser verificado regularmente para evitar desajustes al sistema.

Interesa rescatar que, por cada tonelada no emitida, los productores primarios reciben una retribución de 100 euros, que más allá de la cotización de la tonelada de CO₂, le permiten obtener una ganancia de parte de la industria. Ésta les bonifica sobre el precio esta suma, siempre que aseguren una calidad que es distinguida con una etiqueta especial con una flor azul de lino, dirigida hacia los consumidores. A cambio, los mismos abonan un producto que en su fase primaria fue obtenido con responsabilidad ambiental (Chauveau, 2013).

Por otra parte, entrevistas a productores tamberos de la provincia de Córdoba permitieron conocer que en la Argentina una empresa láctea líder en el

mercado implementa un sistema de premios para sus tambos proveedores, a cambio de buenas prácticas ambientales. No se obtuvieron datos respecto de si, entre estas prácticas, se encuentra la mitigación de emisiones por fermentación entérica.

Otro modo de estímulo es el de subsidios fiscales. El Gobierno nacional argentino ha estado pagando, en los últimos años, un subsidio por litro de leche para los primeros 3000 litros a los productores tamberos argentinos (CEPA, 2016), en concepto de ayuda para morigerar la situación de crisis por la que atraviesa el sector¹⁹. Tomando esta idea como base, atendiendo a las dificultades que llevan a que cada vez más establecimientos pecuarios de este tipo liquiden sus stocks y se retiren de la actividad, se plantea como una oportunidad el alentar la innovación en el manejo animal, en especial la nutrición, implementando un método de subsidios que sea consecuente con los niveles que se estimen de reducción de GEI en general y, en particular, de metano entérico en función de la dieta suministrada. Almada *et al.*, del INTA, proponen una intervención urgente desde el Estado, mediante precios sostén o de referencia y compensaciones mediante instrumentos fiscales, además de mecanismos para incentivar el consumo interno (Almada *et al.*, 2016).

Miller afirma que la regulación es también un modo de intervención del gobierno en el mercado, útil tanto en control como en prevención. Se logra promulgando y haciendo cumplir leyes que definan estándares de contaminación o emisión. Si estas regulaciones favorecen la innovación pueden motivar a los productores a desarrollar productos que favorezcan la ecología (Miller, 2009).

Un primer paso necesario entonces, si se trata de controlar efluentes gaseosos, es el de plasmar una gestión ambiental que incluya lo que Juliá denomina “la política plasmada en norma y en acción” (Juliá *et al.*, 2009, p. 145), y que dé fin a la tendencia de las políticas públicas nacionales de orientarse de manera reactiva hacia problemas estrictamente locales o que consideren las

¹⁹ La crisis en el sector lechero ha sido una constante en la Argentina desde finales de la década de 1990 y es producto de una suma de factores, entre los que los productores destacan: depresión de los precios internacionales, altas tasas de interés a las que accede el productor, falta de obras y de previsibilidad por parte de gobiernos nacional y provinciales, falta de transparencia en la cadena de comercialización, escasa transferencia generacional e inclemencias climáticas, principalmente, inundaciones (Urruspuru, 2016. Revista Infortambo)

prioridades ambientales definidas internacionalmente, sin un análisis profundo de las responsabilidades de los sistemas de producción.

La Ley General de Ambiente 25.675, en su artículo 8, propone instrumentos de gestión ambiental, de los cuales para el caso que atañe al presente trabajo son válidos, a nuestro entender, los de evaluación de impacto ambiental, sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas, sistema de diagnóstico e información ambiental y el régimen económico de promoción del desarrollo sustentable, todos aplicables desde el Estado en sus distintas jurisdicciones. Las Universidades y el INTA son organismos fundamentales en el apoyo a la investigación, asistencia técnica e información que se requiere para mejorar los procesos tecnológicos vinculados a la alimentación animal.

Los otros instrumentos propuestos en la ley se condicen con el apartado siguiente, y tienen que ver con la educación ambiental y la participación ciudadana que, si bien las propicia el Estado, sólo son efectivas con la consecuente actitud del consumidor como aliado de sistemas económicos responsables para con el ambiente.

2.7.3 El rol de la sociedad civil

El papel de la sociedad civil en el problema global es también un eje significativo, si se considera la relación de que las fuerzas del mercado son las principales propiciadoras del cumplimiento de las metas ambientales de la sociedad (Juliá, 2009), y que, en consecuencia, a mayor demanda de productos lácteos o cárnicos derivados de bovinos, mayor será la necesidad de sostener los stocks ganaderos. Entonces, puede decirse que la creación de una conciencia de consumo responsable es posible en aliciente a una merma en las emisiones de gases de efecto invernadero en los procesos productivos.

También la Constitución Nacional Argentina hace recaer sobre “todos los habitantes” el “deber” de preservar el ambiente (artículo 41), mientras que el artículo 42 hace referencia a que el consumidor tiene derecho a la “protección de su salud, seguridad e intereses económicos” y a “una información adecuada y veraz”. Esto involucra una mirada de la sociedad civil que exceda lo meramente local y atienda a los efectos globales de los sistemas productivos que proveen sus alimentos.

En el mundo, han surgido desde la década de 1980 organizaciones que incentivan la agroecología, un modo de producción que promueve la soberanía alimentaria y que considera que la información que reciben los consumidores es determinante de sus hábitos. Según Migliorati (2016), el modelo agroecológico implica una transición de los establecimientos que comienza con “la reconexión entre el (...) productor y el consumidor” e implica “una nueva forma de trabajar”, prescindiendo de plaguicidas y minimizando el uso de insumos, para lograr finalmente “reducir los niveles de conflictividad en la sociedad sin reducir rendimientos”. Señala que el INTA cuenta con una estrategia “para trabajar la agroecología en los territorios”, la cual “involucra desarrollos tecnológicos que la transforman en una alternativa económicamente viable y beneficiosa para el ambiente” (Migliorati, 2016, p. 232, 233).

Entre los objetivos fundamentales de la agroecología a nivel mundial se encuentra la reestructuración de los mercados de modo que se puedan desarrollar mecanismos de control eficaces, como también la información al consumidor sobre las ventajas de adquirir productos que, desde su fuente primaria, respeten la sostenibilidad ambiental. Este tipo de organizaciones comprende, entre otras, la internacional Vía Campesina (con sede en Indonesia), la Community Supported Agriculture (CSA) en Estados Unidos, la Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne (AMAP) en Francia y decenas de organizaciones en África y Latinoamérica (Robin, 2014).

Una de las recomendaciones habituales que ellas efectúan es la de consumir menos carne. Sobre esto advierte Robin (2014) que el incremento de cárnicos en la alimentación ha sido constante en el mundo desde los inicios del siglo XX, en especial en países del Norte que pasaron de 20 kg consumidos por persona por año, a 80 kg en la actualidad. La autora recalca que se suma a esto el *boom* de consumo que se observa en China y la India, y cita la estimación de la FAO de que la demanda mundial se duplicará hacia mediados de siglo, pasando de 229 de hoy a 465 millones de toneladas. Este crecimiento de consumo de proteína animal en países asiáticos es atribuido a tres factores: el crecimiento de ingresos, el aumento poblacional y la mayor urbanización²⁰.

²⁰ www.agroindustria.gob.ar

“Comer menos carne es bueno para el planeta”, señala Robin, y añade que se ha estimado en el equivalente a 4758 km recorridos en automóvil el efecto de una comida a base de carne bovina, contra 629 km a los que equivaldría la misma comida a base de vegetales (Robin, 2014, p. 272).

2.7.4 La prevención como herramienta superadora

Es importante hacer referencia al papel preponderante que pueden tener las acciones de prevención, si se trata de emisiones en el ganado. No obstante el control puede resultar beneficioso en materia económica por sobre acciones correctivas - que si se trata de gases de efecto invernadero no son posibles en el corto y mediano plazo-, la prevención es una estrategia menos onerosa aún, incluso hasta ventajosa frente a la posibilidad de que las alternativas como modificaciones en la dieta puedan redundar en una maximización del beneficio para el productor o una alternativa de agregado de valor para escenarios de consumidores con conciencia ambiental.

Esto se respalda por lo que postulan Spiegel y Maystre (2012), y es que el control de fuentes emisoras puede implicar el riesgo de que la contaminación se transfiera de un medio a otro (por ejemplo, a zonas marginales u otras provincias con diferente legislación o autoridad de aplicación débil).

Asimismo, los autores afirman que el control puede aumentar considerablemente los costos de producción sin añadir valor alguno (por ejemplo, si se exigiera que en los tambos o cabañas se instalaran equipos de medición de gases emitidos). Finalmente, añaden que, si bien el control de contaminantes ha sido exitoso en la resolución de problemas locales de corto plazo, no ha sido tan eficaz a la hora de resolver situaciones acumulativas como lluvia ácida o adelgazamiento de la capa de ozono. Es por ello que defienden como prioritarias las estrategias preventivas, que se centran en el empleo de “procesos, prácticas, materiales y fuentes de energía que eviten o reduzcan al mínimo la creación de contaminantes y residuos en la fuente, en lugar de tener que recurrir a otras medidas de control” (Spiegel y Maystre, 2012).

3 Conclusiones

Los rodeos bovinos inciden en el efecto invernadero debido a las emisiones de metano que se generan en el rumen como resultado de la fermentación anaeróbica durante la digestión.

Los datos disponibles sobre la cantidad de metano emitida por los rumiantes son aproximados, ya que se trata de fuentes biológicas para las cuales no es posible realizar una medición exacta de sus emisiones, sino sólo estimaciones proyectadas. No obstante, algunos países han desarrollado sistemas más refinados de medición que permiten incluso brindar incentivos a los productores que reducen las emisiones en sus rumiantes. Estas técnicas no se encuentran disponibles en la Argentina aún, excepto de manera experimental.

El consumo de carne y lácteos crece a ritmo sostenido en el mundo, por lo cual, de continuar con los actuales niveles de emisión de metano, el problema tiende a agravarse. Entonces, se concluye en que es imperioso mitigar las emisiones, en especial atendiendo a los compromisos internacionales asumidos por la Argentina en materia de emisiones de GEI. Esto es posible. Existen experiencias exitosas de mitigación en distintos países del mundo, las cuales se han logrado gracias a políticas públicas que incentivan la innovación tecnológica en el manejo animal.

A la hora de diseñar planes de mitigación, debe considerarse que la composición de la dieta animal es determinante en la cantidad de metano que se genera y emite al ambiente, por lo que las dietas deberían contener mayor proporción de suplementos con ácidos grasos como el Omega 3 en reemplazo de forrajes groseros y otras pasturas.

Experiencias en el mundo han demostrado que la incorporación de semillas de lino u otra variedad con alto contenido de tanino no sólo permite reducir las emisiones hasta en un 30%, sino que también conserva la calidad de la leche. Aplicado a las emisiones actuales de la cuenca lechera de Córdoba, un sistema de mitigación tal permitiría reducir las emisiones anuales de GEI causadas por fermentación entérica en 0,3 MtCO₂eq.

La realidad de los últimos años en la Argentina muestra una tendencia al incremento de carga animal por hectárea, reduciendo la superficie dedicada

a pastoreo. Frente a esto y a lo antedicho sobre estudios dietarios, el aporte de un suplemento como el lino –cultivo recomendado por el INTA como de bajo costo de producción y versatilidad geográfica- fortalecería los sistemas de alimentación locales, manteniendo o mejorando la calidad en la producción de leche o carne y contribuyendo positivamente al factor ambiental al reducir las emisiones de metano entérico. En todos los casos, la experimentación deberá tener en cuenta, además de los posibles efectos en la calidad de la leche, aquellos en otras funciones del animal como la reproductiva.

Con un estudio de costos que permita la eficiencia a pesar del cambio de dieta, la modificación puede ser beneficiosa para el productor: más allá de que estará contaminando menos el planeta, la reducción en las emisiones de metano implican una reducción asociada en las pérdidas energéticas y, éstas a su vez, a una mayor producción proteína en leche y carne.

Al mismo tiempo, la sociedad civil puede contribuir con un consumo responsable que estimule la agroindustria amigable con el ambiente, mientras que el Estado es responsable del control y la prevención de emisiones que afecten la sostenibilidad ambiental tanto local como global, esto en consonancia con lo establecido por la Constitución Nacional, las normas ambientales y los acuerdos internacionales suscritos.

Por último, es fundamental el diseño de políticas que atiendan integralmente la problemática, basadas en el incentivo al productor y acompañadas de un control efectivo, sin descuidar la situación económica por la que atraviesa el sector productivo lácteo y ganadero en la Argentina.

4 Glosario

bienestar animal: modo en que un animal afronta las condiciones en las que vive y que se encuentra en armonía con el medio, considerando sus necesidades específicas y tendiendo a un buen estado de salud física y mental.

efecto invernadero: aumento de temperatura atmosférica por presencia de gases, en especial, dióxido de carbono, vapor de agua, metano, ozono y óxidos de nitrógeno.

emisiones: liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo específicos.

fermentación anaeróbica: proceso de fermentación que se produce en ausencia de oxígeno.

metano entérico: gas producido en el rumen de los rumiantes y que es lanzado al ambiente por medio del eructo.

metanogénesis: formación de grandes cantidades de metano como producto principal del metabolismo energético de ciertos microorganismos.

Omega 3: ácidos grasos poliinsaturados que suelen incorporarse al organismo como suplemento dietario.

potencial de calentamiento global (GWP): indicador que refleja el efecto relativo de un gas de efecto invernadero en términos de cambio climático, considerando un periodo de tiempo fijo como 100 años, y comparado con similar masa de dióxido de carbono.

retenciones: derechos de exportación que gravan las mercaderías, por ejemplo, cereales y oleaginosas.

sistemas estabulados: sistemas intensivos de cría de ganado en el que éste es alimentado dentro de un establecimiento, en un espacio determinado en función de su tamaño y peso. En la Argentina se identifican dos modalidades: *feedlot* y engorde a corral.

sistemas pastoriles o extensivos: cría de ganado en grandes extensiones de tierra, de cuyas praderas los animales obtienen al menos la mitad de sus requerimientos nutricionales mediante el consumo directo de pasturas y cultivos anuales.

5 Bibliografía

- ABURRÁ, R. y FERREIRO, A. Departamento General San Martín: Uso del suelo y principales actividades productivas. Artículo en revista *Producción Sustentable de leche bovina en la Provincia de Córdoba*. Boletín N° 9. INTA, Manfredi. 2010
- ALMADA G., CENTENO A., COMERON E., ENGLER P., ESNAOLA I., GASTALDI I., GILETTA M., LITWIN G., MAEKAWA M. y MANCUSO W. *Situación actual y proyectada del sector lechero primario argentino*, INTA, Rafaela (sin publicar). 2016
- ANTONIACCI, L.E., WILLINER, M.R., GERSTNER, C., BERNAL, C.A. y GAGLIOSTRO, G.A. Modulación del perfil de ácidos grasos de la leche de vacas lecheras en pastoreo. Artículo en *Revista Argentina de Producción Animal - AAPA*. Vol. 35, Supl. I, p. 269. Balcarce. 2015
- BAIRD, C. y CANN, M. *Química ambiental*. Editorial Reverté. 2da. Edición, Barcelona. 2012
- BARROS, V. *El Cambio Climático Global. ¿Cuántas catástrofes antes de actuar?* Libros del Zorzal, Buenos Aires. 2006
- BIANCIFIORI, F. *Benessere animale*, Istituto Zooprofilattico Sperimentale Umbria e Marche Editore; Città di Castello, Perugia, Italia. 2010
- CANCIO, H. *Cultivo de Alfalfa*. Ediciones INTA. Allen, Río Negro. 2016. Recuperado de www.inta.gov.ar 19-12-2017
- CANTET, J.M., NEUMANN REITER, A.M., MARTÍNEZ, R.S., COLOMBATTO, D. WAWRZKIEWICZ, M. y JAURENA, G. Efecto de la adición de taninos condensados de quebracho en la producción de metano in vitro. Artículo en *Revista Argentina de Producción Animal - AAPA*. Vol. 35, Supl. I, p. 263. Balcarce. 2015
- CARMONA, J.; BOLIVAR, D.; GIRALDO, L. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus mediciones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Artículo en *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Universidad de Antioquía, Colombia. 2005
- CENTENO A., ALMADA G., ESNAOLA I., GASTALDI L., ENGLER P., y SUERO, M. La alimentación en el tambo y el impacto del nuevo escenario. Artículo en *Boletín Lechería Sustentable N°1*, INTA. 2016

- Constitución Nacional Argentina. 1994
- Constitución de la Provincia de Córdoba. 2001
- CRAMPTON, E.W. y HARRIS, L.E. *Nutrición animal aplicada*, Ed. Editorial Acribia, Zaragoza. 1979
- GALLO, C. Bienestar animal y buenas prácticas de manejo animal relacionadas con la calidad de la carne. Capítulo en *Introducción a la Ciencia de la Carne*. BIANCHI, G. y FEED, O. Coord. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo. 2010.
- JULIÁ, M.; DEL CAMPO, M.C. y FOA TORRES, J.G. *La institucionalización ambiental en Argentina*, Lerner Editora SRL, Córdoba. 2009
- Ley General de Ambiente 25.675.
- McDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D. y MORGAN, C.A. *Nutrición animal*, Ed. Acribia S.A., Zaragoza. 2002
- MIGLIORATI, M. Agroecología, una alternativa viable. Artículo en *Revista RIA - INTA*, Vol 42, N° 3, Buenos Aires. Diciembre 2016.
- MILLER, G. T. *Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible. Un enfoque integral*. Cengage Learning , 8va. Edición, México. 2007
- OWEN, J. *Alimentación del ganado vacuno*, Librería El Ateneo Editorial, Buenos Aires. 1983
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. *Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020*. s.f.
- REDFERN, M. *50 cosas que hay que saber sobre la tierra*, Ed. Ariel, Buenos Aires. 2013
- ROBIN, M.M. *Les moissons du futur. Comment l'agroécologie peut nourrir le monde*, La Découverte, Arte Éditions, París. 2014
- SPIEGEL, J. y MAYSTRE, L. Control de la contaminación ambiental. Capítulo en *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo de la Organización Internacional del Trabajo*, p. 55.2. 2012
- SPIRO, T. y STIGLIANI, W. *Química medioambiental*, Pearson-Prentice Hall, Buenos Aires, 2da. Edición. 2012
- TYLER MILLER Jr., G. *Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible. Un enfoque integral*, CENGAGE Learning Ed., 8va. Edición, México D.F. 2009
- URRUSPURU, M.L. La situación del sector en la voz de sus protagonistas. Artículo en *Revista Infortambo*, N° 328, Buenos Aires. Setiembre 2016.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*, Cornell University Press, 2nd Edition, New York. 1994

Documentos y artículos en línea

Ambiente, le mucche del futuro a impatto zero. Recuperado de www.repubblica.it 10-04-2014

BOARI, R., CHUARD, N., FERNÁNDEZ, V. y POUILLER, P. *Mercado de Ganados y Carnes Proyecciones 2023 OCDE-FA*. 2014. Recuperado de www.agroindustria.gob.ar 12-12-2017

Centro de Economía Política Argentina - CEPA. *Informe de economías regionales, mayo 2016*. Recuperado de www.centrocepa.com.ar 20-08-2016

CHAUVEAU, L. *Les vaches françaises émettent autant de gaz en un an que 15 millions de voitures*, Revista digital Sciences et avenir, Francia, 22-02-2013. Recuperado de www.sciencesetavenir.fr 23-08-2016

Diario Registrado. *El calentamiento global alcanzó un record y lo que se viene es peor*. 02-08-2016. Recuperado de www.diarioregistrado.com 20-08-2016

Dollé, J.B., AGABRIEL, J., PEYRAUD, J.L., FAVERDIN, P., MANNEVILLE, V., RAISON, C, GAC, A. y LE GALL, A. *Les gaz à effet de serre en élevage bovin: évaluation et leviers d'action*. INRA Prod. Anim. 24 (5), 2011. Recuperado de www6.inra.fr 15-12-2017

El stock argentino creció en 800 mil cabezas a 2017. Recuperado de www.valorcarne.com.ar. 20-04-2017

EPA. *Overview of Greenhouse Gases. Methane Emissions*. Recuperado de www.epa.gov 18-12-2017

FAO. *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment*. Roma, 2010. Recuperado de www.fao.org. 12-12-2017

FAO & New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. *Reducing Enteric Methane for improving food security and livelihoods*. Recuperado de www.fao.org/in-action/enteric-methane 20-08-2016

FAO & New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. *Low-emissions development of the beef cattle sector in Argentina - Reducing enteric methane for food security and livelihoods*. Roma. 2017. Recuperado de www.fao.org 12-12-2017

Global Methane Initiative. *Emisiones Mundiales de Metano y Oportunidades de Atenuación*. 2010. Recuperado de www.globalmethane.org 19-12-2017

INRA. *Consortium GES: une alliance entre l'INRA et 10 acteurs privés pour réduire la production de gaz à effet de serre chez le ruminant*. 05-06-2015. Recuperado de www.inra.fr 17-12-2017

INRA. *Nouveau complément alimentaire pour réduire la production de méthane par les ruminants*. 26-09-2013. Recuperado de www.inra.fr 21-08-2016.

INRA. *Réduire la production de méthane chez les ruminants*. 09-09-2008. Recuperado de www.inra.fr 20-08-2016

INTA Informa. *El gas de las vacas puede alimentar un motor*. 11-10-2013. Recuperado de intainforma.inta.gov.ar 13-12-2017

INTA. *Monitoreo de metano*. s.f. Recuperado de sepa.inta.gov.ar 01-10-2017

INTI. *Plan Estratégico para la Cadena Láctea Argentina 2008-2020*, p.27-28. 2008. Recuperado de www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/PEL_PlanEstrategico2008-2020.pdf. 11-12-17

IPCC. *Climate Change 2014. Synthesis Report*. Recuperado de www.ipcc.ch. Ginebra, 2015, p. 58. 12-12-17

La Voz del Interior. *Subsidios a la lechería: pagan compensaciones a otros 2.000 tambos*. 01-06-2016. Recuperado de www.agrovoz.com.ar, 11-12-17

Le Huff Post. *Gaz à effet de serre: avec ce complément alimentaire, les vaches émettent 30% moins de méthane*. Quebec. 06-08-2015. Recuperado de http://quebec.huffingtonpost.ca/2015/08/06/reduire-les-pets-de-vaches-et-les-gaz-a-effet-de-serre_n_7948360.html 17-12-2017

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina. *Segundo Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 2017. Recuperado de <https://inventariogei.ambiente.gob.ar> 18-12-2017.

OCLA-Observatorio de la Cadena Láctea Argentina. *Lechería Argentina - Producción y destino*. Recuperado de www.ocla.org.ar 27-11-2017

PISANI CLARO, N. y MIAZZO, D. *El campo argentino en números*. FADA - Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina. Río Cuarto, noviembre de 2017. Recuperado de <http://fundacionfada.org/informes/el-campo-argentino-en-numeros-3/> 13-12-2017

- PRIETO MANRIQUE, E., MAHECHA-LEDESMA, L., ANGULO-ARIZALA, J. y VARGAS-SÁNCHEZ, J.E. *efecto de la suplementación lipídica sobre ácidos grasos en leche de vaca, énfasis en ácido ruménico*. Revista Agronomía Mesoamericana, vol. 27, núm. 2, pp. 421-437 Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. 2016 Recuperado de www.redalyc.org 17-12-2017
- RIA - Revista de Investigaciones Agropecuarias - INTA. *Cambio climático: El INTA mide emisiones de gases en ganado con cámaras de respiración*. 13-12-2016. Recuperado de ria.inta.gov.ar. 30-10-2017
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Noviembre de 2015. Recuperado de www.ambiente.gov.ar 29-10-2017
- SENASA. *Bienestar animal*. Recuperado de <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/bovinos-y-bubalinos/produccion-primaria/establecimiento-productivo/bienestar-animal> 14-12-2017
- SENASA. *Informes y estadísticas*. Recuperado de <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/bovinos-y-bubalinos/informacion/informes-y-estadisticas> 27-11-2017
- Tubiello, F. *et al. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. FAO. Roma. 2015. Recuperado de www.fao.org 18-12-2017

Otros sitios consultados

www.agresearch.co.nz

www.cambioclimatico.com

www.greenfacts.org

www.veterinariargentina.com