

# Análisis de Circularidad en los Establecimientos de Producción de Leche e Identificación del Valor Percibido de la Economía Circular en Uruguay

Investigación, Desarrollo y Despliegue de tecnologías para la reducción de emisiones de GEI en establecimientos productores de leche, mediante la circularidad de flujos y materiales y el uso de tecnologías climáticas

United Nations Environment Programme (UNEP) · Climate Technology Centre & Network (CTCN)

## **Uruguay**

Resultado 3: Análisis de Circularidad en los Establecimientos de Producción de Leche (tambos) e Identificación del Valor Percibido de la Economía Circular y sus Beneficios en el Sector Lechero de Uruguay



## RD&D para la reducción de emisiones de GEI en el sector lácteo, mediante circularidad de flujos y materiales y el uso de tecnologías climáticas en Uruguay

Resultado 3: Análisis de Circularidad en los Establecimientos de Producción de Leche (tambos) e Identificación del Valor Percibido de la Economía Circular y sus Beneficios en el Sector Lechero de Uruguay

D3.1: Informe que identifica los flujos de materiales y energía subutilizados en las granjas lecheras, y alternativas de gestión

D3.2: Informe sobre tecnologías, conceptos, políticas, estrategias de participación y mejores prácticas que mejoran la circularidad en el flujo de residuos priorizados

D3.3: Informe que presenta el análisis de mercado para la adopción de las vías de circularidad

D3.4 Informe con modelos de negocio alternativos y escenarios de rentabilidad

D3.5. Informe sobre el involucramiento de los grupos de interés

**País: Uruguay**

# Índice

1. Introducción	4
2. Componentes Resultado 3	5
2.1. Subcomponentes: consideraciones y restricciones	5
2.2. Reseña de las actividades desarrolladas	6
3. Informes Resultado 3	8
3.1. Informe sobre los flujos de materiales y energía, y alternativas de gestión	8
3.2. Informe sobre tecnologías, conceptos, políticas, estrategias de participación y mejores practicas	16
3.2.1. Tecnologías y conceptos que mejoran la circularidad en el flujo de residuos priorizado, requisitos y beneficios	16
3.2.1.1. Flujos de Materiales y Energía en los Establecimientos de Producción de Leche	16
3.2.2. Políticas, estrategias de participación y mejores prácticas de circularidad	52
3.5 Informe de las reuniones mantenidas con los grupos de interés	58
Anexo 1 · Revisión del Marco Legal vigente y aplicable al sector lácteo en Uruguay en temas de género	61
Marco Normativo General	61
Marco normativo referido a género y cambio climático	64
Normativas dentro del sector agropecuario	65
Bibliografía	68

# 1. Introducción

La presente Asistencia Técnica apunta a la realización de aportes para la “Investigación, Desarrollo y Despliegue de tecnologías para la reducción de emisiones de GEI en establecimientos productores de leche, mediante la circularidad de flujos y materiales y el uso de tecnologías climáticas”. El abordaje propuesto es integral, basado en los siguientes principios:

- ▲ Aplicación del análisis de gestión por procesos, componentes principales e interacciones
- ▲ Identificación y análisis de experiencias exitosas (y no) de incorporación de acciones circulares en el flujo de materia y energía (mitigación de emisiones de GEIs) a nivel nacional e internacional
- ▲ Incorporación del análisis de la factibilidad ambiental, técnica, económica y financiera de experiencias exitosas y promisorias
- ▲ Estudio y valoración de opciones de viabilidad para aquellas alternativas de circularidad que siendo ambiental y técnicamente promisorias presenten limitaciones económicas – financieras
- ▲ Consideración de factores y particularidades territoriales en el análisis (concentración de la gestión de residuos), y
- ▲ Consideración de la factibilidad de integrar consideraciones de Género en las alternativas a proponer

Tomando como punto de partida el Plan de Trabajo aprobado por la contraparte del MA-MGAP, en este entregable se presentan los avances en las actividades desarrolladas para cubrir los aspectos relativos a los cinco subcomponentes del resultado 3 de “Análisis de Circularidad en los Establecimientos de Producción de Leche (tambos) e Identificación del Valor Percibido de la Economía Circular y sus Beneficios en el Sector Lechero de Uruguay”. Luego de una breve reseña de las restricciones – consideraciones relativas a los aspectos desarrollados de los subcomponentes (informes) del Resultado 3, se presenta la secuencia de actividades realizadas y su contribución a cada uno de éstos.

Dado que en el informe anterior se presentó una breve reseña relativa a los aspectos de Género - en esta instancia con plena integración de la Especialista en esta temática - se presenta la profundización en los aspectos del marco legal y conceptual que formarán parte del sistema de interacción y referencia durante el proceso de selección y priorización de las alternativas de circularidad a proponer.

## 2. Componentes Resultado 3

El Resultado 3 consta de **cinco subcomponentes** (Informes) abajo listados, para los cuales se presentan consideraciones específicas que aplican al enfoque sistemático del trabajo y que dada su etapa de desarrollo en algunos casos ameritan su abordaje en las etapas siguientes de esta AT.

### 2.1. Subcomponentes: consideraciones y restricciones

Tabla 1. Componentes Resultado 3: Análisis de circularidad en el sector lácteo de Uruguay e identificación del valor percibido de la economía circular y sus beneficios

Subcomponentes	Consideraciones y restricciones
<p><b>D3.1.</b> Informe que identifica los flujos de materiales y energía subutilizados en las granjas lecheras, y alternativas de gestión, incluidas las soluciones centralizadas y/o compartidas entre las diversas cadenas de valor agrícolas relacionadas, incluidas las variables económicas y financieras desde una perspectiva de desarrollo sostenible.</p>	<p>Completado, en el desarrollo se explica la metodología utilizada para la actualización de la matriz de residuos de las distintas actividades.</p>
<p><b>D3.2.</b> Informe que presenta tecnologías, conceptos, políticas, estrategias de participación y mejores prácticas que mejoren la circularidad en el flujo de residuos priorizados, incluidos los requisitos y los beneficios</p>	<p>Completado, se amplió la matriz tecnológica incorporando todas las manejadas, así como también se presentan los aspectos de políticas, estrategias de participación y mejores prácticas disponibles en tres niveles: macro – regional; nacional (con sus instrumentos y articulaciones específicas) y comentarios pertinentes a las tecnologías de gestión consolidada de residuos y generación de nuevos productos en el marco español-neozelandés</p>
<p><b>D3.3.</b> Informe que presenta el análisis de mercado para la adopción de las vías de circularidad, dado que se está en la etapa de revisión</p>	<p>Se considera que en este punto donde todavía estamos en las etapas de recolección, análisis de los aspectos técnicos, ambientales, estado evolutivo (investigación aplicada, transferencia, en implementación, implementada), la realización del análisis de mercado aplicaría a la etapa que sigue donde reduciríamos el número de herramientas disponibles a las más avanzadas y disponibles para su transferencia-implementación. Se presentan consideraciones generales respecto de los productos que se pueden obtener mediante la gestión de residuos de los sectores de interés, sin llegar a valorar el detalle las condiciones de los mercados a los que se dirige: energía eléctrica, energía calórica, enmienda de suelos, fertilizantes orgánicos, concentrados de aplicación foliar para nutrición y/o sanidad vegetal).</p>
<p><b>D3.4.</b> Informe de modelos de negocio alternativos y escenarios de rentabilidad</p>	<p>Se considera que en este punto donde todavía estamos en las etapas de recolección, análisis de los aspectos técnicos, ambientales, estado evolutivo (investigación aplicada, transferencia, en implementación, implementada), la realización del análisis de mercado aplicaría a la etapa que sigue donde reduciríamos el número de herramientas disponibles a las más avanzadas y disponibles para su transferencia-implementación.</p>
<p><b>D3.5.</b> Informe de la reunión con los grupos de interés.</p>	<p>Avanzado y en proceso (con reuniones ya programadas) desde la reunión de mediados de Julio. Se presenta información completa con</p>

Tabla 1. Componentes Resultado 3: Análisis de circularidad en el sector lácteo de Uruguay e identificación del valor percibido de la economía circular y sus beneficios

Subcomponentes	Consideraciones y restricciones
	relación a las reuniones con los distintos actores con los que se interactuó. Cumplido - Se han mantenido reuniones presenciales y virtuales, y vistas de campo a nivel del sector privado e institucional, cubriendo los diferentes sectores de interés, salvo el sector porcino con el que no se ha conseguido concretar entrevistas. Informaciones sobre la actividad han sido recabadas de manera indirecta.

El avance en el estudio de los aspectos componentes del Resultado 3 implicó el desarrollo de una serie de actividades, las cuales se listan en el punto siguiente.

## 2.2. Reseña de las actividades desarrolladas

Las principales actividades realizadas y su relación con los productos concretos reportados en el presente documento son detalladas a continuación:

1. Participación en reuniones presenciales y virtuales con empresarios y profesionales vinculados a las instituciones y gremiales más destacadas de los sectores de interés para el trabajo, a los efectos de avanzar en la actualización del Mapa de Generación de Residuos (vinculado a los entregables D3.1. y D3.5.).

Realización de reuniones con referentes extranjeros de en Nueva Zelanda y España (entregables D3.2). En esta dirección se destacan las reuniones mantenidas con:

- ▲ INALE – Producción de Leche
- ▲ AUPCIN – Producción de Carne en Corral
- ▲ Avícola Sur
- ▲ CUPRA - Producción de Pollos
- ▲ APAS - Producción de Huevos
- ▲ CONAPROLE – Cooperativa Nacional de Productores de Leche
- ▲ ONUDI, FAGRO
- ▲ Comité Interinstitucional de Manejo y Gestión de Efluentes de Tambo – Público – privado, producción de Leche
- ▲ Centro Beta (España, Cataluña) Dr. Sergio Ponsá; Dra. Mabel Mora
- ▲ Dr. Surinder Saggar (Manaaki Whenua - Landcare Research · Ecosystems and Global Change Team, NZ) & Dr. Stewart Ledgard (AgResearch, Hamilton, NZ)
- ▲ **Nota:** Se está en gestiones para concretar la reunión con APCU – Producción de Cerdos

2. Se revisaron documentos publicados en el país con datos técnicos sobre diferentes tecnologías de gestión de residuos en aplicación a nivel de predios de producción primaria de los sectores referidos (en particular documentos de investigación, ej. FPTAs, y Biovalor). También se revisaron documentos referidos por los especialistas internacionales de Nueva Zelanda y España que apoyan al equipo nacional, a los efectos de identificar alternativas tecnológicas superadoras/complementarias de las conocidas (aplicadas) a nivel país. Con esa base **se ha revisado la matriz de tecnologías** que se presentó junto al Plan de Trabajo aprobado y **se actualizaron las estimaciones de generación de residuos por sector a nivel territorial y sus características para potenciales destinos de utilización** (vinculado al Entregable D 3.2.).

3. Identificación de casos de procesamiento de residuos a nivel de predios productivos, que serán visitados para relevar datos técnicos y económicos actualizados. Esto incluye tambos de diferentes escalas y sistemas productivos que

gestionan residuos de manera individual, encierros/engordes a corral de diferentes tamaños y condiciones de piso-recolección/manejo/distribución de excretas, tambo ovino estabulado, concentrado-procesado de cama de pollos y ponedoras, industrias procesadoras de efluentes grasos (vinculado a los **Entregables D 3.3 y D 3.4**). Las iniciativas visitadas generan diferentes tipos de productos: energía eléctrica, energía calórica, enmiendas de suelo, fertilizantes derivados del compostaje promovido con microorganismos y/o lombrices, concentrados líquidos de aplicación foliar para la mejora de la nutrición y/o sanidad vegetal.

4. Atendiendo la sugerencia de la Oficina de Naciones Unidas Centro América se contactó al representante residente de **UNIDO Uruguay (Manuel Albaladejo)**, por sus experiencias previas en la temática (a través del Proyecto Biovalor). Se realizaron reuniones virtuales e interacciones con el Equipo de UNIDO Uruguay y Manuel Albaladejo, y recogiendo algunas recomendaciones de su parte se realizaron un par de reuniones con los Gerentes de las Áreas Financiera; Industrial; Calidad Innovación y Sustentabilidad; Producción Lechera y Gestión de Sistemas Integrados de CONAPROLE (vinculado al **Entregable D 3.5**).

5. Presentación de reporte compilado de los progresos alcanzados hasta mediados de Julio que fueran discutidos y considerados por el Grupo Focal en la reunión virtual sostenida, donde se intercambió información referente:

- ▲ Mapa de generación de residuos de los sectores de interés.
- ▲ Tecnologías de gestión de residuos con mayor potencial de circularidad.
- ▲ Casos de interés identificados en Uruguay para el análisis técnico y económico del uso de residuos (+ experiencias internacionales (NZ-ESP))
- ▲ Información no publicada que posiblemente esté disponible a nivel de las instituciones parte del Grupo Focal, para ajustar aspectos de los contenidos que habrán de volcarse en los Entregables de la fase 3.
- ▲ Trabajos programados para terminar de darle forma a los entregables previstos para fin de Julio.

## 3. Informes Resultado 3

### 3.1. Informe sobre los flujos de materiales y energía, y alternativas de gestión

Según INECC (2020) “la **economía circular (EC)** es un modelo que se orienta a mantener los materiales y energía en uso continuo como parte del ciclo de la producción de bienes y servicios de la economía”. De esta manera, se procura lograr la regeneración de los ecosistemas que son fuente de los recursos naturales y que satisfacen las necesidades de la población y los mercados de consumo. De esta forma, “la vinculación que existe entre una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático y un modelo económico circular sustentable favorece el desacoplamiento entre el crecimiento económico y los impactos socioambientales causados por la emisión de agentes contaminantes hacia el aire, suelos y agua asociados al actual modelo económico lineal.”

A su vez, la Fundación Ellen MacArthur, afirma que “el presente modelo económico de ‘extraer, producir, desperdiciar’ está llegando ya al límite de su capacidad física. La economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad. Esto implica disociar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño. Respaldada por una transición a fuentes renovables de energía, el modelo circular crea capital económico, natural y social y se basa en tres principios:

- ▲ Eliminación de residuos y de la contaminación desde el diseño
- ▲ Mantenimiento del uso continuo de los productos y materiales
- ▲ Regeneración de los sistemas naturales

En esta visión de la economía, los productos al final de su vida útil, así como los residuos generados durante su fabricación, deben integrarse en ciclos de regeneración, restauración y valorización, tanto de los materiales no renovables que integran el producto (mediante los llamados “ciclos técnicos” de gestión de stock), como de los materiales renovables (mediante los llamados “ciclos biológicos”).

Se parte de la premisa de que los materiales no renovables (p.ej. recursos minerales, metales y petróleo) son finitos en el planeta. Los datos disponibles sobre las reservas inexploradas de algunos minerales indican que en ciertos casos se agotarán en pocas décadas al ritmo de extracción actual. Por lo tanto, se considera que aquellos materiales no renovables usados en un determinado producto deben estar disponibles nuevamente para su uso al fin de su vida útil, ingresando en ciclos de reciclado o recuperación. Este hecho ya está teniendo consecuencias importantes en el desarrollo de algunos productos, que desde el momento de su concepción y diseño tienen en cuenta esta característica. Así, ya existen dispositivos electrónicos, como por ejemplo algunos modelos de teléfonos celulares, que al final de su vida útil pueden ser devueltos al fabricante, para ser desensamblados en componentes reaprovecharles en nuevos modelos, o reciclables con mayor facilidad.

En el caso de los materiales renovables y de base orgánica, el principal objetivo es encaminarlos adecuadamente en los ciclos biológicos que permitan preservar o incluso mejorar la calidad del “capital natural”, entendiéndose por tal a la Biósfera y sus componentes (suelos, aguas superficiales y subterráneas, etc.) y evitando la generación de impactos ambientales negativos, como por ejemplo la eutrofización de cursos de agua por manejo inadecuado de macronutrientes (nitrógeno y fósforo).

Se incluye en la Figura 1 un esquema general que ejemplifica estos conceptos, tomado de la web de la Fundación Ellen MacArthur, reconocido centro internacional dedicado al estudio y la difusión de la Economía Circular.

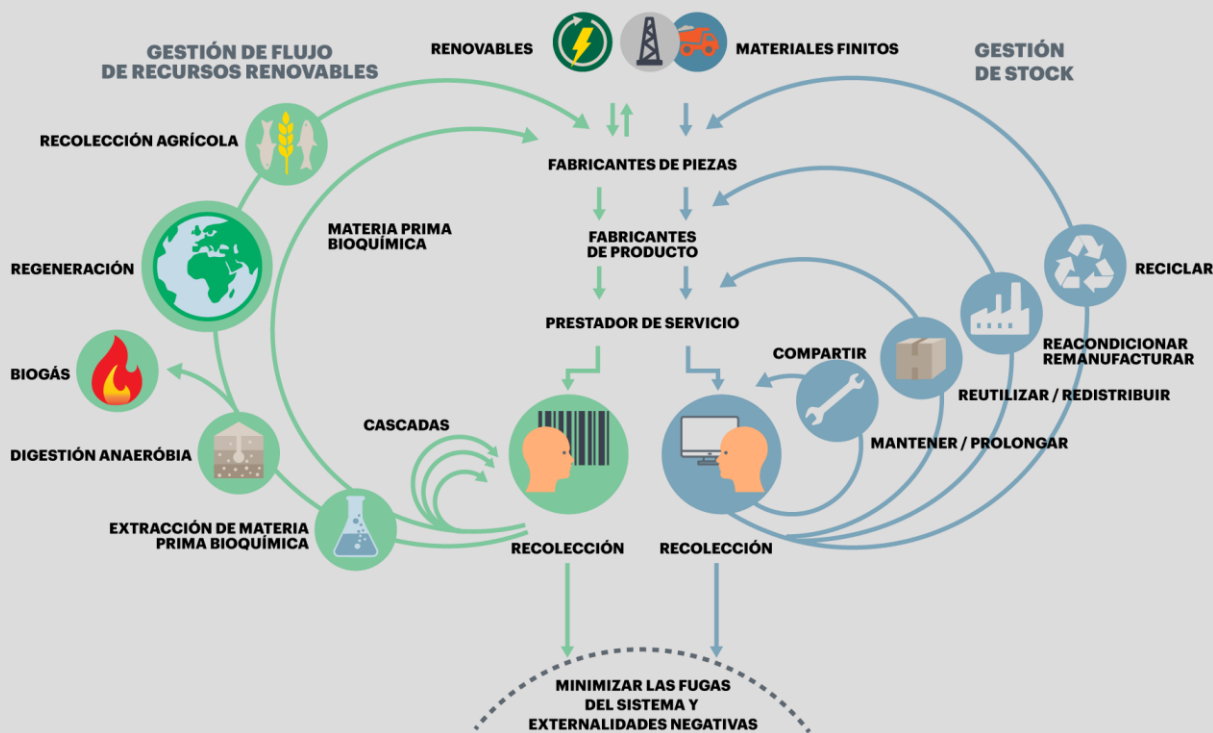


Figura 1. Diagrama del Sistema de Economía Circular. Fuente: Ellen MacArthur Foundation

Dentro de estos ciclos biológicos regenerativos se consideran diferentes etapas de valorización, como ser: extracción de productos útiles de origen bioquímico que pudieran estar presentes en los “residuos”; valorización energética mediante digestión anaerobia con recuperación y uso del biogás como combustible renovable; uso de los productos de la digestión anaeróbica como mejoradores de suelo o agentes de reciclaje de nutrientes.

Si bien no resulta explícito en el esquema anterior, es esperable que los modelos de producción basados en conceptos de economía circular tiendan a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en comparación con los sistemas lineales de producción y consumo. Esto se logra por ejemplo a través del uso de energías renovables (solar, eólica, geotérmica, etc.) que sustituyan el consumo de combustibles fósiles. En el caso de la captura de emisiones de metano proveniente de la digestión anaerobia de materiales orgánicos (por ejemplo, de lagunas anaerobias de tratamiento de efluentes) al efecto anterior se suma además una reducción directa de emisiones de GEI por el uso energético del biogás. Desde la Fundación Ellen MacArthur (2019) se afirma que “La economía circular completa la imagen sobre que se necesita para enfrentar la crisis climática. Ofrece un enfoque que no solo se basa en la energía renovable, sino que transforma la manera en la que se diseñan y utilizan los productos. Este marco reduce las emisiones de GEI en la economía mediante estrategias que: reducen las emisiones en las cadenas de valor, retienen la energía incorporada en productos y capturan carbono en el suelo y productos.”

## La Economía Circular en los establecimientos de producción de leche de Uruguay

En Uruguay la gestión de los residuos de los tambos se ha realizado tradicionalmente desde una óptica de “tratamiento de efluentes”, por medio de sistemas lagunares pasivos, combinando lagunas anaerobias y facultativas, con vertido de efluente hacia los cursos de agua (Figura 2). El objetivo de estos sistemas de tratamiento era la remoción de Materia Orgánica (expresada habitualmente como DBO5 o DQO) y de Sólidos Suspendedos.<sup>1</sup>

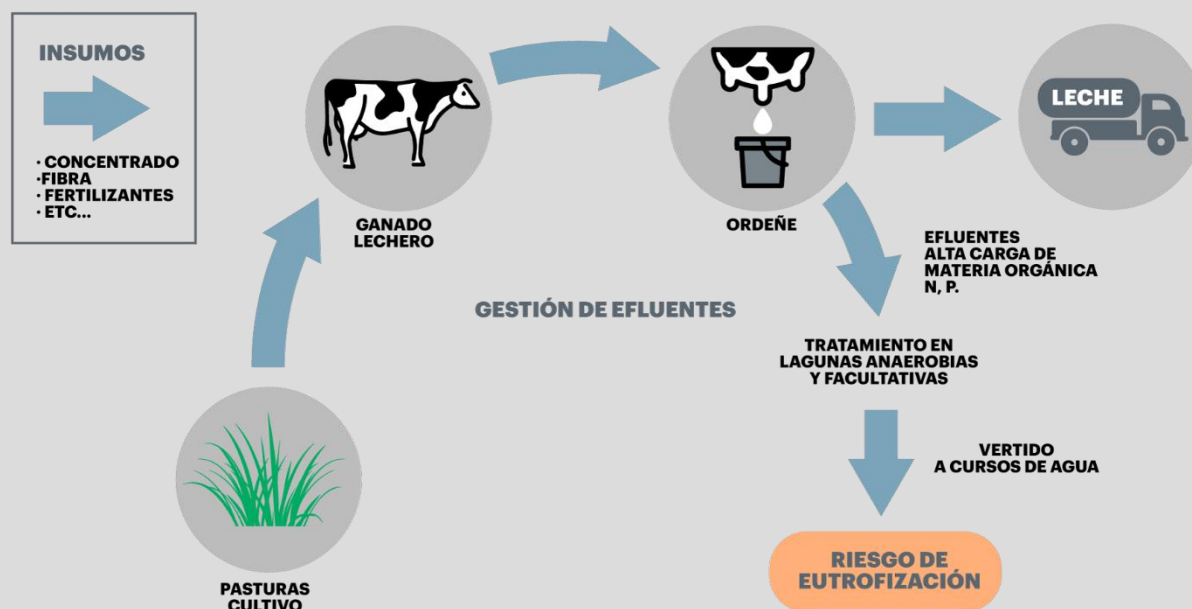


Figura 2 – Esquema conceptual de Tratamiento de Efluentes de Tambo y vertido a curso de agua (Economía Lineal).  
Fuente: BIOVALOR – PRAXIS LAB (2020)

La visión de la gestión ambiental del sector lechero se modificó en los últimos años, especialmente a partir de 2013, ante el deterioro constatado en la calidad del agua en la cuenca del río Santa Lucía (coincidentalmente una de las zonas con mayor concentración territorial de tambos del país) por aporte de macronutrientes (Nitrógeno y especialmente, Fósforo), que incrementaron los riesgos de eutrofización y crecimiento de cianobacterias. Esto llevó al establecimiento de un **“Plan de Acción para la Protección del Agua en la Cuenca del Santa Lucía”** en mayo de 2013, por el entonces existente Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. La información de ese Plan está disponible actualmente en el sitio web de Ministerio de Ambiente (<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/plan-accion-para-proteccion-del-agua-cuenca-del-santa-lucia>). En ese marco, se aprobaron **Medidas de Control** de la degradación ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Santa Lucía, dirigidas a varios sujetos de control. En lo que es relevante para el alcance de esta AT, mencionamos:

- a) **Medida 5:** “Exigir el tratamiento y manejo obligatorio de efluentes a todos los Tambos ubicados en toda la cuenca hidrográfica del Río Santa Lucía”, que fue reglamentada mediante la Resolución Ministerial 1479/2013 del entonces existente Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- b) **Medida 3:** “Declarar como zona prioritaria sensible la cuenca hidrográfica declarada ZONA (A) y exigir en forma obligatoria a todos los padrones rurales ubicados en dicha cuenca, el control de la aplicación de nutrientes y plaguicidas conjuntamente con la presentación de los Planes de Uso, Manejo y Conservación de Suelos ante el MGAP. Se exigirá fertilizar en base a análisis de suelos para alcanzar y mantener la concentración debajo de 31 ppm de Fósforo Bray 1.

<sup>1</sup> El texto del documento explica la evolución que ha tenido el abordaje de la gestión de excretas en los tambos, partiendo justamente de la visión inicial de “residuo” a ser “tratado”, que fue el paradigma técnico imperante en Uruguay hasta la década de 2010, para llegar finalmente a la visión actual de gestión de efluentes en un marco de Economía Circular, y en particular, con Circularidad de Nutrientes. El comentario recibido hace foco en el primer párrafo de la explicación, referido a lo que “se ha realizado tradicionalmente”, al parecer sin considerar la referencia a la evolución técnica de la gestión de excretas de los tambos, que se expone en los párrafos siguientes. Quizás se puede mejorar la redacción, para hacer más explícito ese concepto de evolución hacia una gestión circular, que en los hechos está muy lejos de estar ampliamente difundido y aplicado, más allá de que exista un consenso técnico al respecto en el ámbito del Comité Técnico de Gestión y Manejo de Efluentes. En ese marco, efectivamente el estiércol y el efluente de los tambos no se consideran residuos, sino recursos a ser gestionados.

c) **Medida 7:** “Restringir el acceso directo del ganado a abreviar en los cursos de la cuenca hidrográfica declarada ZONA (A). Construir un perímetro de restricción en el entorno de los embalses de Paso Severino, Canelón Grande y San Francisco. El acceso al agua se realizará en forma indirecta mediante toma de agua.”

d) **Medida 8:** “Instaurar una zona de amortiguación o buffer en la cuenca hidrográfica declarada ZONA (A) sin laboreo de la tierra y uso de agroquímicos, (para la conservación y restitución del monte ribereño como forma de restablecer la condición hidromorfológica del río) en una franja de 40 metros a ambas márgenes de los cursos principales (río Santa Lucía y río San José), 20 metros en los afluentes de primer orden (ej: A° Canelón Grande) y 100 m entorno a los embalses.”

Además, en junio de 2013 el Poder Ejecutivo promulgó el Decreto 182/013 que reglamenta la gestión de los residuos sólidos industriales y asimilados en todo el país. El Artículo 4º del mencionado Decreto establece cuáles son las actividades que quedan comprendidas dentro de su alcance, y menciona en el Numeral 4) la cría intensiva de ganado y tambos. También menciona específicamente otros tipos de emprendimientos de interés para esta AT, como ser la cría intensiva de porcinos (Numeral 5) y la cría intensiva de aves y establecimientos avícolas de producción (Numeral 6). Corresponde mencionar también, por ser de aplicación en el marco de esta AT, al Decreto 152/013 que dicta normas referidas a la gestión de los residuos derivados del uso de productos químicos o biológicos en la actividad agropecuaria, hortofrutícola y forestal. Por otra parte, se modificó el paradigma imperante sobre el manejo de los residuos de los tambos, que pasó de la visión tradicional de “tratamiento” a la de “**gestión y reciclaje**”.

Es factible abordar el análisis sistémico de la producción primaria de leche con una visión de Economía Circular. Para ello es necesario identificar los flujos de materiales y energía existentes en los tambos, y especialmente, identificar, detectar y en lo posible, cuantificar, aquellos materiales secundarios o “residuos” que pueden incorporarse en ciclos de circularidad. Con esta óptica, los materiales orgánicos generados en los procesos de gestión ambiental de la producción láctea pueden, en varios casos, dejar de considerarse residuos (“externalidades negativas” que se busca eliminar o minimizar), y pasar a ser considerados como recursos, que por su contenido de materia orgánica y macronutrientes (nitrógeno y fósforo), permiten su valorización mediante incorporación en el ciclo de preservación y mejoramiento del capital natural que está en la base de la producción agropecuaria: el suelo.

El sistema de gestión propuesto de “Circularidad de nutrientes” se esquematiza en la Figura 3, indicando el reciclado productivo de nutrientes presentes en el efluente del tambo. Una variante de este modelo, dictada por cuestiones de conveniencia operativa, consiste en la incorporación de etapas de gestión separativa de los sólidos orgánicos presentes inicialmente en el efluente de lavado (y/o los provenientes de la limpieza en seco) de los corrales de espera y de los patios de alimentación (ver Figura 4).

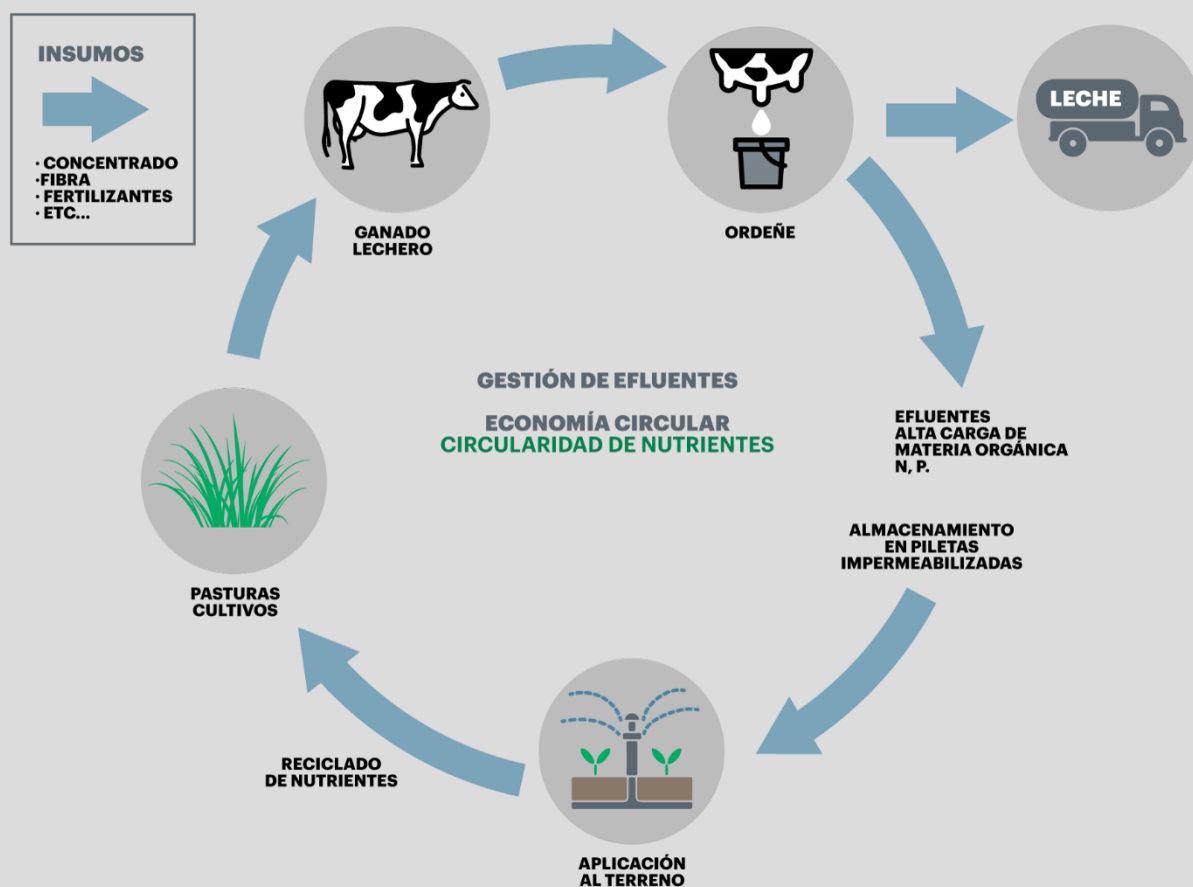


Figura 3 – Esquema conceptual de Gestión de Efluentes de Tambo con aplicación de efluente al terreno para reciclado de nutrientes (Economía Circular). Fuente: BIOVALOR – PRAXIS LAB (2020)

Estos conceptos se han venido promoviendo en Uruguay en los últimos años. Así, por ejemplo, el “Manual para la gestión ambiental de tambos” (DINAMA, 2016), al abordar el diseño de sistemas de gestión de efluentes, establece que: “Se privilegia el vertido de efluente a terreno por sobre las demás alternativas, en los casos que esto sea posible, ya que permite valorizar el agua, la materia orgánica y los nutrientes contenidos en el efluente, redundando en un ahorro de fertilizante químico.”

En el mismo sentido, se destaca el amplio nivel de consenso técnico existente en Uruguay acerca de la conveniencia de la aplicación del efluente de tambo al terreno. Ello quedó plasmado en el documento denominado “Cartilla sobre criterios de aplicación de efluente a terreno y su implicancia práctica en el diseño e implementación” (INALE et al., 2019), elaborado en el marco del Comité Técnico Interinstitucional sobre Manejo y Gestión de Efluentes de Tambos<sup>2</sup>.

En la mencionada Cartilla se establece que: “El efluente generado en los tambos es una fuente de nutrientes y materia orgánica que puede ser revalorizada al incorporarla en forma controlada al suelo. Esta actividad tendrá cierto impacto en el crecimiento vegetal y en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Considerando esto, se debe buscar para cada tambo en particular, la forma más adecuada de aplicar los efluentes al terreno y al mismo tiempo maximizar la eficiencia de su utilización ajustando las cantidades y formas de aplicación.”

<sup>2</sup> Nuclea a instituciones públicas y privadas relacionadas al sector: MGAP mediante la Dirección General de Recursos Naturales (DGRN) y la Dirección General de Desarrollo Rural (DGDR), MA mediante la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA) (anteriormente por MVOTMA –DINAMA), proyecto BIOVALOR (MGAP, MVOTMA y MIEM), la Universidad de la República (UDELAR) a través de Facultad de Agronomía (FAGRO) y Facultad de Veterinaria (FVET), Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC), Cooperativa Nacional de Productores de Leche (CONAPROLE), la Sociedad de Productores de Leche de Florida (SPLF), el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el Instituto Nacional de la Leche (INALE) quien actúa como órgano coordinador, asesor y difusor.

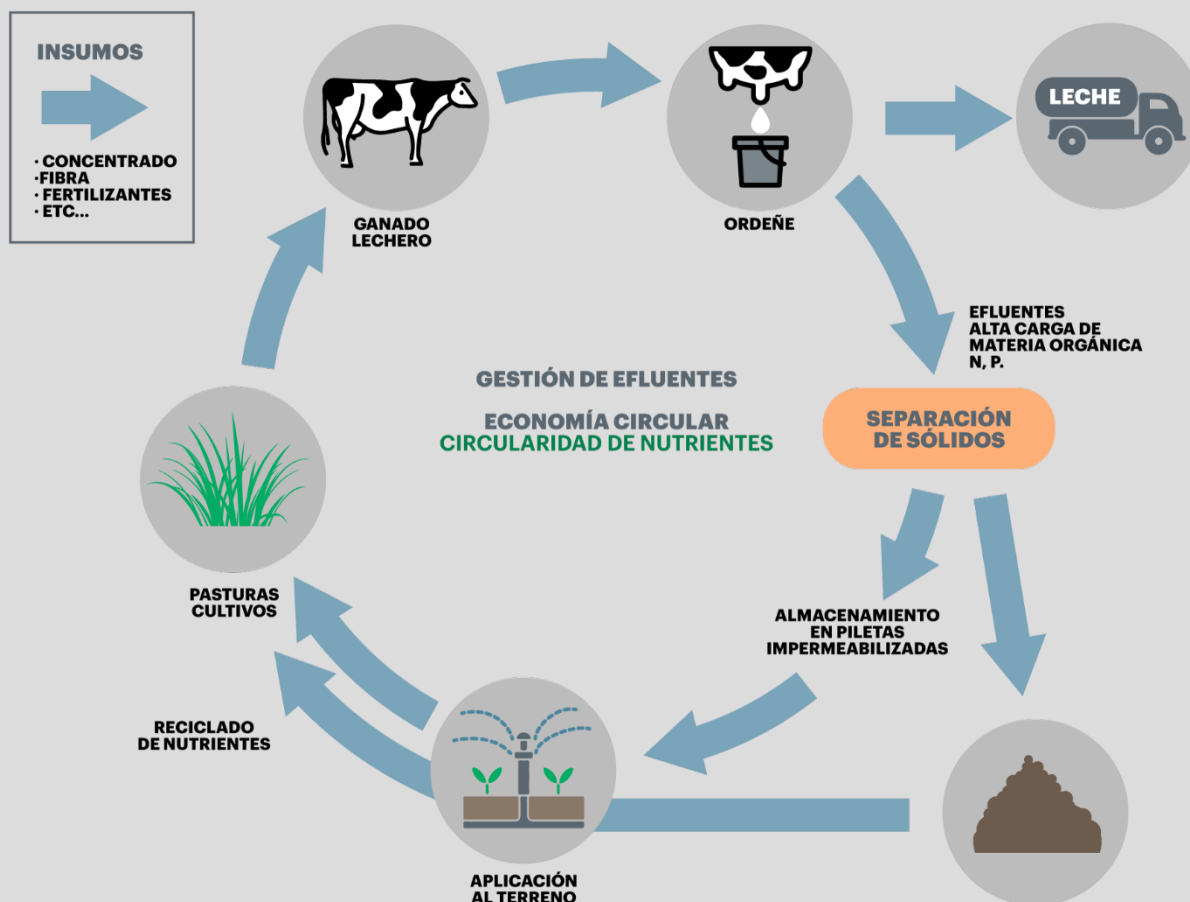


Figura 4 - Esquema conceptual de Gestión de Efluentes de Tambo con aplicación de efluente al terreno para reciclado de nutrientes, incorporando además la separación y gestión de sólidos (Economía Circular) Fuente: BIOVALOR – PRAXISLAB (2020)

Esto ha llevado a desarrollar diferentes proyectos de investigación y/o de estudio de casos de sistemas de gestión de efluentes de tambos, con el objetivo de validar localmente tecnologías, y evaluar sus eventuales impactos ambientales en comparación con “sistemas lineales”.

Así, por ejemplo, en el marco de BIOVALOR, se desarrolló el Proyecto denominado “Circularidad de Nutrientes en Tambos - Estudio de casos de sistemas de gestión de efluentes de tambo implementados por la academia y evaluados en un proyecto multiinstitucional”.

Mediante co – financiamiento de Biovalor, se instalaron Sistemas de Gestión de Efluentes de Tambo (SGET) en cinco unidades experimentales dependientes de instituciones académicas y de investigación:

- Estación Experimental “Dr. Alberto Boerger” del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria -- La Estanzuela (INIA LE)
- Campo Experimental No. 2 - Facultad de Veterinaria –UdelaR (FVet)
- Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” - Facultad de Agronomía-UdelaR (EEMAC)
- Centro Regional Sur - Facultad de Agronomía-UdelaR - (CRS)
- Escuela Superior de Lechería Colonia Suiza (UTU-UTECE)

El objetivo general del proyecto fue la evaluación de los aspectos ambientales, sanitarios y económicos de los tambos con sistemas de gestión de efluentes basados en el aprovechamiento de los nutrientes, a los efectos de generar información nacional objetiva, que pudiera emplearse con fines educativos y también como insumos para la elaboración de normas nacionales. (BIOVALOR (2019). pág. 3).

La condición “inicial” para todos los casos consistió en un sistema con doble laguna de almacenamiento y vertido no controlado del efluente, en tanto la situación “con proyecto” se refiere a sistemas con desarenador, separador de sólidos

orgánicos, pileta impermeable de almacenamiento, y sistema de distribución controlada de efluente al terreno. Se ensayaron diferentes modelos de desarenadores, de separadores de sólidos y sistemas de distribución.

Son productos de este proyecto las publicaciones Informe de Avances (BIOVALOR, 2020) y el Reporte de Resultados (INALE et al., 2021). Como principales conclusiones generales, se afirma que “*Considerando las estimaciones de GEI y potencial de eutrofización en cada caso de estudio, es notoria la reducción en ambos indicadores al incorporar adecuados Sistemas de Gestión de Efluentes de Tambo (SGET). Comparando con Sistemas de Gestión Convencionales, la implementación de Sistemas Adecuados de Gestión de Efluentes mostró **potenciales de reducción del orden del 60% para emisiones de GEI y 72% para el Potencial de Eutrofización***” (INALE et al., 2021).

Las estimaciones de emisiones de GEI y potencial de eutrofización se realizaron en cada caso con la herramienta de “Estimación de emisiones en los sistemas de gestión de efluentes de establecimiento lecheros” desarrollada por BIOVALOR (2020c). En la misma se consideran las emisiones de directas de metano, las emisiones directas e indirectas de óxido nitroso, las emisiones evitadas por sustitución de fertilizantes sintéticos, y las emisiones de dióxido de carbono a partir de combustibles fósiles.

En términos relativos, el mayor impacto se explica por la disminución en las emisiones como resultado de la sustitución de dos lagunas de tratamiento, por una sola pileta de acumulación, que almacena efluente clarificado con menor contenido de sólidos y por un período de tiempo menor. También existe disminución de emisiones de GEI al sustituir fertilizantes sintéticos por fertilizantes orgánicos (efluente, sólidos). El menor potencial de eutrofización se debe a que el efluente se devuelve al terreno en forma controlada, evitando su llegada a los cursos de agua.

En el año 2016 BIOVALOR realizó un llamado a proyectos demostrativos de valorización de residuos y economía circular, con el objetivo de probar y validar tecnologías a escala real, así como identificar barreras y desafíos a resolver con instrumentos de políticas públicas, y realizar aprendizajes para la promoción de su implementación por parte del sector privado. Los proyectos seleccionados fueron apoyados técnicamente y cofinanciados por Biovalor. Uno de ellos fue el Proyecto en el establecimiento lechero “Rincón de Albano”, ubicado en Villa Rodríguez, departamento de San José. Este cuenta con un total de 500 vacas en ordeño asociadas a una sala de 30 órganos, donde se realizan 2 ordeños al día. El proyecto (aún en funcionamiento) consistió en la implementación de un sistema de biodigestión de los efluentes generados para la producción de biogás, el cual es aprovechado para la generación de energía eléctrica. El lavado del corral de espera y el patio de alimentación se realiza por arrastre por inundación con agua recirculada del sistema de tratamiento de efluentes, mientras que la sala de ordeño se lava con agua fresca. El lavado se realiza dos veces al día luego de cada ordeño, a excepción del patio de alimentación, el cual se lava solo una vez al día. El sistema cuenta con una primera unidad desarenadora del efluente para la retención de arena y otros sólidos de mayor densidad, y un separador mecánico del tipo prensa extrusora, a través de la cual se separan las fibras más largas del estiércol que son de baja degradabilidad y se podrían acumular en el biodigestor reduciendo su volumen útil. El efluente clarificado ingresa al biodigestor a través de una fosa de calentamiento donde se recircula agua caliente que recupera energía del moto-generator. El biogás producido es conducido por medio de un soplador al sistema de purificación (deshumidificación y desulfuración), para ser luego utilizado en un moto-generator para la generación de energía eléctrica que es consumida en el propio establecimiento, mientras que los excedentes son inyectados a la red. El proyecto culminó su implementación y comenzó la operación en octubre de 2019, con una generación media de 240 kWh/día de energía eléctrica. (BIOVALOR, 2020b).

Los avances resultantes del Proyecto BIOVALOR, facilitaron la implementación de nuevos desarrollos que contribuyen aún más a la circularidad de flujos de materiales y energía, con beneficios económicos y ambientales, tales como: i) menor uso de agua por litro de leche producida, ii) menor uso de fertilizante en las chacras por compostaje de los sólidos separados en la extrusora, iii) mayor aprovechamiento de las instalaciones de manejo de efluente procesando residuos de otro tambo propio distante 5 kilómetros, con todo lo cual el productor está avanzando en la certificación de leche orgánica, cumpliendo los protocolos correspondientes.

Como otra iniciativa concurrente en el mismo sentido, corresponde mencionar que el Instituto Nacional de la Leche (INALE) cofinancia y patrocina ante el Centro Tecnológico del Agua (CTAagua) un Proyecto sobre “*Evaluación de la disminución de aportes de nutrientes (Fósforo y Nitrógeno) a los recursos hídricos, mediante tecnologías de aplicación al terreno de efluentes de tambo (circularización productiva de nutrientes)*”. (CTAagua, 2019)<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> En dicho proyecto participan INALE, Facultad de Agronomía UDELAR, Facultad de Ingeniería UDELAR, Facultad de Veterinaria UDELAR, Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Ambiente (MA) (antes Dirección Nacional de Medio Ambiente del MVOTMA) y la Sociedad de Productores de Leche de Florida.

En este proyecto se propone realizar una evaluación cuantitativa de la mejora ambiental de los recursos hídricos asociada al reciclado de nutrientes, en 10 casos de tambos comerciales, seleccionados de acuerdo a criterios de riesgo ambiental (predial o geográfico), a su grado de intensificación productiva, a los diferentes tipos de suelo, y a las tecnologías de gestión del efluente. La metodología a aplicar consiste en: realización del balance de masa de nutrientes en cada tambo; muestreo y análisis de efluente y agua subterránea en parcelas de aplicación; monitoreo continuo, muestreo y análisis de aguas superficiales, aguas arriba y aguas abajo de la zona de influencia de cada tambo; cálculo del Índice de Pérdidas de Fósforo, que se contrastará con determinaciones experimentales de pérdidas por escurrimiento (superficial y subsuperficial) y por arrastre erosivo en parcelas de aplicación de efluente. (..) Se evaluará la Huella Hídrica y la Huella de Carbono para los distintos sistemas. Se desarrollará una lista de chequeo ambiental, como insumo para la realización de futuras auditorías ambientales. (CTAgua, 2019). El proyecto se encuentra en ejecución, con fecha prevista de finalización en diciembre de 2022.

A nivel de la implementación de estos Sistemas de Gestión de Efluentes de Tambo con circularidad de nutrientes en establecimientos lecheros comerciales, corresponde mencionar el programa de apoyo para proyectos presentados por productores familiares y medianos del sector lechero, con menos de 300 vacas en ordeño, en el marco del “Plan de lechería sostenible en la Cuenca del río Santa Lucía” dentro del Proyecto de Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático del MGAP (BM 8099-UY) que fue realizado entre 2018 y 2020.

El principal objetivo de esta convocatoria fue “contribuir a asegurar la calidad del agua en la cuenca del Río Santa Lucía mediante la ejecución de subproyectos (...) dirigidos al control y aplicación de medidas de manejo sobre los efluentes: i) en forma directa (ej. piletas, captación y distribución, entre otros), o ii) indirectas (ej. agua para abrevadero, delimitación de zonas buffer, entre otros).”

En este marco, se evaluaron y cofinanciaron más de 400 proyectos de gestión de efluentes con aplicación al terreno (circularidad de nutrientes).

También a nivel del sistema productivo, corresponde mencionar el Proyecto “Tambo Sustentable” cofinanciado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y CONAPROLE ([www.sustentable.eleche.com.uy/efluentes/](http://www.sustentable.eleche.com.uy/efluentes/)). El objetivo principal de este proyecto es *“fortalecer la resiliencia y adaptación del sector lechero a los efectos del cambio climático a través de la adecuación de la infraestructura para responder al contexto productivo, ambiental y normativo. Se brinda soporte y asesoramiento en temas que requieren un enfoque desde varias disciplinas y que se visualizan importantes para asegurar un desarrollo competitivo y sustentable desde el punto de vista económico, ambiental y humano.”*

Aborda los siguientes temas:

- ▲ Gestión de efluentes, con aprovechamiento agronómico de la materia orgánica y nutrientes contenidos en el efluente y estiércol
- ▲ Caminería interna
- ▲ Eficiencia energética
- ▲ Agua en la parcela
- ▲ Patios de alimentación
- ▲ Gestión de Residuos sólidos

El Proyecto Tambo Sustentable está alineado con los conceptos ya expuestos, y consensuados técnicamente a nivel de la institucionalidad del sector, referidos a la circularidad de nutrientes mediante su aprovechamiento agronómico.

**En resumen, puede afirmarse que, a nivel de la institucionalidad vinculada al sector lechero y de la academia, existe un reconocimiento de los beneficios la economía circular, en particular aplicada a los casos de circularidad de nutrientes, materia orgánica y agua. También se constata que han existido iniciativas concretas para el financiamiento, asistencia técnica e implementación de Sistemas de Gestión de Efluentes de Tambos basados en conceptos de Economía Circular. No obstante, corresponde mencionar que la difusión e implementación de estos sistemas alcanza un porcentaje reducido de la totalidad de los establecimientos de producción de leche de Uruguay.**

En lo que respecta a los otros sectores pecuarios de interés, no se observa un apoyo institucional similar al del sector lácteo. No obstante, en el sector avícola se observan experiencias incipientes de aplicación de criterios de circularidad en el manejo de los residuos, con algunos ejemplos de emprendimientos asociativos de estabilización de residuos fuera de los predios donde se genera, que involucran además residuos de otros sectores, con productos finales orientados al mercado.

## 3.2. Informe sobre tecnologías, conceptos, políticas, estrategias de participación y mejores practicas

### 3.2.1. Tecnologías y conceptos que mejoran la circularidad en el flujo de residuos priorizado, requisitos y beneficios

#### 3.2.1.1. Flujos de Materiales y Energía en los Establecimientos de Producción de Leche

##### **Marco conceptual y metodológico**

A los efectos de la identificación de flujos de materiales y energía en los tambos uruguayos, se tomó como base la estructura conceptual del modelo "Agroenergía" (Llanos et al, 2013). Según dichos autores, el modelo "es utilizado para cuantificar las entradas y las salidas de energía del sistema de producción de leche a nivel del predio. El productor puede incidir en al menos tres puntos para mejorar la eficiencia energética del sistema:

1. La cantidad de insumos entrantes,
2. La cantidad de alimento comprado como una fuente externa de energía y
3. La salida de producto como una variable productiva propia del predio.

El objetivo principal del modelo es evaluar la eficiencia energética, definida como el cociente entre la energía producida (equivalente energético de la leche y la carne producidas) y la energía consumida. En el Cuadro 1 se muestran las bases de cálculo empleadas por los autores. Nótese que en las "Entradas" se cuantifican consumos directos de energéticos fósiles y renovables (diésel, electricidad, leña), así como los equivalentes energéticos de insumos (semillas, fertilizantes, agroquímicos). Si bien no se menciona explícitamente en la publicación, al momento de aplicar el modelo a casos concretos, en principio es posible extender (o detallar) el alcance, e incluir en los consumos energéticos aquellos asociados a la gestión de excretas (estiércol sólido y efluentes). Las operaciones de aplicación y/o distribución de excretas al terreno, si bien son internas al predio, implican consumos de energía eléctrica y/o diésel, de origen externo. El modelo puede ser extendido al caso de los tambos con quesería artesanal, que habitualmente consumen GLP como combustible primario para el calentamiento de las ollas de cocción de la leche (consumo de GLP por quema directa, o mediante calderas a GLP para generación de agua caliente o vapor).

Tabla 2. Criterios, coeficientes energéticos utilizados para el cálculo de energía fósil y no fósil incluida en el modelo Agro-energía. Fuente: Llanos et al. 2013

Tipo	Entrada (unidad)	Energía (MJ/Unidad)	Criterio	Cita
<b>Energía no fósil</b>	Mano de obra (jornada)	15,4	Consumo de energía en una jornada de trabajo diaria de una persona de entre 18-30 años	Funes (2009)
	Electricidad (kW-h)	2,45	Representa un 68% energía proveniente de hidroeléctrica-eólica, promedio 2000-2009	MIEM Uruguay (2011)
	Leña (kg)	11,3	Para el proceso de industrialización en la preparación de alimentos balanceados	MIEM Uruguay (2011)
<b>Energía fósil</b>	Diesel (l)	38,5	Poder calorífico superior del diésel utilizado en Uruguay, analizados por en bomba calorimétrica	MIEM Uruguay (2011)
	Electricidad (kW-h)	1,15	Representa un 32% energía proveniente de fuentes de energía fósil, promedio 2000-2009	MIEM Uruguay (2011)
	Herbicidas (kg)	266,6	Incluye la formulación de los principios activos en aceites emulsionables, polvos mojables, o gránulos, embalaje y transporte	West y Marland (2002)
	Insecticidas (kg)	284,8		
	Fungicidas (kg)	288,9		
	Urea 46-0-0 (kg)	54	El modelo de IFA simplificado utiliza gas natural como fuente de producción de amoniaco (80% de la producción mundial)	IFA (1998)
	Amonio Nitrato 35-0-0 (kg)	46,6		
	Mono Amonio Fosfato 11-52-0 (kg)	4,3		
	Triple Superfosfato 0-48-0 (kg)	7		
	Semilla Sorgo (kg)	43,5	Incluye la limpieza y envasado de la semilla. Consiste en un 50, 20 y 30% mezcla de fuel-oil, gas natural y electricidad, respectivamente (Börjesson, 1996)	West y Marland (2002)
Semilla Trigo (kg)	6,6			
Semilla Maíz (kg)	53,3			
Semilla Trébol Rojo (kg)	87			
Semilla Raigrás (kg)	27,4			

También es posible, en principio, utilizar el modelo como base conceptual para cuantificar las emisiones de GEI, y en particular, la Huella de Carbono, en un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) “desde la cuna a la portera”, en forma similar a lo realizado por Lizarralde et al. (2014<sup>a</sup>). Así como para realizar balances de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) “a nivel de portera” (Lizarralde y Astigarraga, 2014b; INALE, 2021).

Este modelo puede ser trabajado en conjunto con la herramienta de “Estimación de emisiones en los sistemas de gestión de efluentes de establecimiento lecheros” desarrollada por BIOVALOR (2020c). Según sus autores, “la herramienta desarrollada tiene como objetivo modelar las distintas posibles alternativas de gestión de los efluentes y residuos en establecimientos lecheros, a través de la selección de las unidades que los componen, y cuantificar emisiones e impactos ambientales asociados. (...) Los impactos seleccionados para la evaluación de los sistemas son el Calentamiento Global

y la Eutrofización, dado que estos son los que reflejan los efectos ambientales de mayor significancia vinculados a estos establecimientos.”

El modelo “Agroenergía”, con los agregados mencionados previamente, permitirá un análisis comparativo de diferentes tecnologías de producción de leche, pero también de diferentes tecnologías o métodos de gestión de los efluentes y sólidos. Por ejemplo, permite identificar claramente y cuantificar la disminución de consumo de fertilizantes químicos, si se realizan prácticas de circularidad de nutrientes. Algo similar puede ocurrir con el consumo de energía eléctrica, en aquellos casos en que la misma se genere dentro del predio, por ejemplo, mediante la adopción de paneles solares fotovoltaicos o mediante motogeneradores a biogás proveniente de las excretas. En el caso de los tambos con quesería artesanal, resulta de interés el uso de biogás para generación térmica, en sustitución del GLP.

**Se propone utilizar esta herramienta en un estado más avanzado de esta AT, como herramienta de comparación entre diferentes tecnologías para la reducción de emisiones de GEI en establecimientos productores de leche, mediante la circularidad de flujos y materiales y el uso de tecnologías climáticas.**

## Flujos de materiales y energía subutilizados

Del análisis del modelo expuesto previamente, surge con claridad que existen flujos de materia que, en principio y desde una perspectiva de la economía lineal, no aportan a la producción de carne y leche en el establecimiento: los residuos. Esos materiales de desecho, de diversos tipos, constituyen flujos de materiales no utilizados o subutilizados. En algunos casos, por sus características propias o por origen, puede tratarse de residuos Categoría I (según la clasificación del Decreto 182/013) (MVOTMA, 2013b), por lo cual su destino debe ser la incorporación a Planes Maestros de gestión de residuos peligrosos o especiales. Las posibilidades de valorización de flujos de materiales subutilizados deben encaminarse entonces a los residuos Categoría II.

En el “Manual de Gestión Ambiental de Tambos” (MVOTMA et al., 2016) se presenta un listado de los residuos más significativos encontrados en los tambos, basado a su vez en el “Catálogo de Residuos Industriales y Asimilados” (MVOTMA, 2018), que se reproduce a continuación:

### Residuos categoría I (peligrosos)

14101. Restos de productos rodenticidas  
 14102. Restos de productos zooterápicos (medicamentos)  
 14103. Restos de productos químicos y reactivos  
 14107. Residuos de atención veterinaria (jeringas, pomos de secado)  
 14111. Animales muertos por enfermedades infecciosas  
 Categoría 9999. Residuos generados en las tareas de mantenimiento de los vehículos de la empresa: aceite usado, filtros de aceite y baterías plomo -ácido, residuos de tubos fluorescentes y lámparas conteniendo mercurio (lámparas bajo consumo).

### Residuos categoría II (no peligrosos)

14104. Excretas de animales (estiércol, orina)  
 14105. Residuos de alimentos, camas  
 14106. Placentas generadas en el parto  
 14108. Residuos sólidos provenientes de las unidades de retención de sólidos, sedimentadores, etcétera.  
 14109. Lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales  
 14110. Animales muertos  
 14112. Leche de descarte  
 14113. Silo bolsa  
 Categoría 9999- Envases de plásticos descontaminados (envases de agroquímicos con triple lavado), residuos sólidos de actividades de administración, cantina, etcétera (asimilables a domésticos), basura domestica

El citado Manual presenta una tabla que indica los Procesos en los cuales potencialmente se generan los distintos residuos:

Figura 5: Potenciales residuos generados en los tambos, y procesos en los cuales se generan. Fuente: "Manual de Gestión Ambiental de Tambos" (MVOTMA et al., 2016)

### Potenciales residuos generados en los establecimientos lecheros

Proceso de generación		Residuos generados
Tambo (Sala de espera, Playa de alimentación)	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Excretas (Estiércol, orina, tierra, etc.)</li> <li>▲ Leche de descarte</li> </ul>
Manejo del rodeo lechero	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Animales muertos</li> <li>▲ Animales muertos, productos de enfermedades infectocontagiosas</li> </ul>
Unidades del sistema de gestión de efluentes y de su limpieza	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Residuos sólidos provenientes de las unidades de retención de sólidos</li> <li>▲ Lodos/barros resultantes del tratamiento de aguas residuales</li> </ul>
Atención veterinaria a los animales	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Envases de productos de atención veterinaria</li> <li>▲ Residuos provenientes de atención veterinaria (jeringas, ampollas, agujas, etc.)</li> </ul>
Control de plagas y vectores	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Restos de rodenticidas</li> <li>▲ Restos de productos zooterápicos</li> </ul>
Mantenimiento de maquinaria	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Neumáticos fuera de uso</li> <li>▲ Aceites hidráulicos, lubricantes, aislamiento, filtros usados</li> </ul>
Instalaciones de acopio y generación de alimentos	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Residuos de alimentos</li> <li>▲ Silo bolsas</li> </ul>
Producción de cultivos	➔	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Envases de agroquímicos triple lavados</li> <li>▲ Restos de productos químicos y reactivos</li> <li>▲ Envases de agroquímicos sin triple lavado</li> </ul>

Debe tenerse en cuenta que, en mayo de 2013, el MVOTMA estableció un "Plan de acción para la protección de la calidad ambiental y la disponibilidad de las fuentes de agua potable. Cuenca Hidrográfica del Río Santa Lucía". El mismo fue reglamentado mediante varias Resoluciones Ministeriales. Y en particular, la RM 1479/2013 (MVOTMA, 2013<sup>a</sup>) estableció la obligatoriedad de presentación de Solicitud de Autorización de Desagüe y de un Plan de Gestión de Residuos Sólidos, para los tambos con más de 500 vacas en ordeño en una misma sala, ubicados en la Cuenca del Río Santa Lucía. Puede afirmarse entonces que los productores lecheros de ese estrato de tamaño deben conocer este listado de residuos, gestionarlos según buenas prácticas, e informar a la DINACEA, mediante Declaraciones Juradas anuales, de las cantidades de residuos generados, transportados y gestionados. A nivel de otros estratos de tamaño de establecimientos lecheros, la situación es diferente, y se constata una menor adopción de buenas prácticas de gestión de residuos sólidos. La preocupación por la necesidad de una mayor difusión de estas prácticas es un tema que está presente a nivel del Comité Interinstitucional de Gestión y Manejo de Efluentes de Tambo.

De los residuos listados de la Figura 5, existen casos de Residuos Categoría I que admiten opciones de valorización, como por ejemplo los aceites usados, que pueden ser valorizados energéticamente en hornos de Clinker.

En el caso de los Residuos Categoría II, los materiales plásticos pueden ser incorporados a cadenas de reciclaje, ingresando a lo que la Fundación Ellen MacArthur ha dado en llamar “gestión de stock” o “ciclos técnicos” en el diagrama de la Figura 1, correspondientes a circularidad de materiales finitos (en este caso, generados a partir del petróleo). Así, por ejemplo, los envases de agroquímicos triple-lavados y las silobolsas son susceptibles de reciclado y posterior uso para fabricación de otros objetos plásticos. Existen gestores autorizados que se dedican a esas actividades, como ser el Programa de Manejo de Envases Vacíos “Campo Limpio”, o la planta de reciclado de plásticos que gestiona la Unión Rural de Flores (URF) en el predio del Ecoparque Industrial de Flores. En su página web, Campo Limpio informa que en 2021 recolectaron 1532 toneladas de residuos, distribuidos en: 652 ton de bidones de fitosanitarios, 467 ton de plastillera, 242 ton de silobolsas, 119 ton de cartón, y 52 ton de otros residuos. Si bien ha existido una evolución favorable en la recolección y reciclado de estos materiales, se considera que la adopción por parte de los productores lecheros de estas buenas prácticas de gestión está todavía poco difundida.

Un caso similar es el de la gestión de neumáticos y cámaras fuera de uso, que en Uruguay está regulada y reglamentada a través del Decreto 358/2015 (MVOTMA, 2015), con el objetivo de minimizar la generación de este tipo de residuos, promover la reutilización, el reciclaje y demás formas de valorización. En ese marco, se han formulado Planes Maestros de gestión de neumáticos fuera de uso, por parte de actores de la cadena de comercialización de neumáticos. Actualmente, cuentan con aprobación del Ministerio de Ambiente los Planes Maestros del Centro de Comerciantes de Neumáticos (CE.CO.NE.U) y de la Cámara de Importadores de Neumáticos del Uruguay (CINU). Más allá de lo mencionado, es una práctica habitual en el medio rural el uso de neumáticos usados como elementos de contrapeso de lonas o similares, empleadas para cubrir pilas de silo u otros elementos similares. Para que esta práctica sea adecuada y no genere impactos medioambientales, debe tenerse la precaución de que los neumáticos estén perforados, como forma de evitar que acumulen agua de lluvia y puedan ser centros de proliferación de vectores (en particular, mosquitos como el *Aedes aegypti*, transmisor del dengue y otras enfermedades).

En el listado de la Figura 5 es posible identificar varios residuos provenientes de las excretas, o relacionados con su gestión (excretas, sólidos provenientes de sistemas de separación, lodos resultantes del tratamiento de efluentes). Por tratarse mayoritariamente de materiales orgánicos con un origen en ciclos naturales (y, por lo tanto, renovables), en el esquema de Economía Circular representado en la Figura 1, su gestión corresponde al lado izquierdo del diagrama, es decir, a la gestión de flujos de materiales renovables. En tal caso, los destinos posibles para estos materiales son: la incorporación en ciclos de recuperación de materias primas bioquímicas, o la digestión anaerobia con captura de biogás para generación de energía, o la regeneración de la Biósfera (en particular, de los suelos) y/o la valorización productiva en ciclos de recolección agrícola (cultivos, pasturas, alimentación animal). Por su importancia en función de los volúmenes generados, en el apartado siguiente se profundiza en la cuantificación de estos residuos, así como de otros análogos provenientes de la producción de aves, suinos y corrales de engorde de vacunos.

## Mapa de generación de residuos orgánicos sectores de interés con efectos sobre la emisión de GEI

El abordaje teórico para desarrollar este tema se basó en la información contenida en dos trabajos publicados por Biovalor:

- ▲ IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN EL URUGUAY PASIBLES DE SER VALORIZADOS POR DIGESTIÓN ANAEROBIA Y ESTIMACIÓN DE SU POTENCIAL DE METANIZACIÓN. Informe elaborado por: BIOPROA (Biotecnología de Procesos para el Ambiente) Instituto de Ingeniería Química Facultad de Ingeniería Universidad de la República. Octubre 2015.
- ▲ CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN SECTORES AGROINDUSTRIALES URUGUAYOS. Unidad de Gestión de Proyecto Biovalor. MSc. Ing. Agr. Florencia Benzano Ing. Quím. Víctor Emmer Ing. Ma. José González. Setiembre 2016.

Tomando en cuenta los datos técnicos presentados en ambos trabajos, en los que se definen parámetros para los cálculos de generación de residuos, y considerando la evolución productiva de cada una de las actividades (leche, encierros/engordes a corral, parrilleros, huevos, cerdos) se realizó una estimación para la situación al año 2021 (último para el cual se dispone de cifras anuales). Ello fue posible utilizando los datos publicados (MGAP; DIEA; DICOSE) sobre la evolución de las actividades primarias, que resultan suficientes para recalcular la generación, restando aún ajustes por hacer respecto de la localización precisa de los mismos. Es un asunto pendiente de ajustar a partir de la reunión de mitad de Julio con el Grupo Focal que sirvió para acceder a información de mejor calidad sobre la localización de las explotaciones primarias, la cual aún se encuentra en procesamiento al momento de cerrar este documento.

No fue posible hacer el mismo trabajo en el caso del sector lácteo industrial, que reviste interés potencial, por la posibilidad de considerar los residuos que genera a la hora de manejar alternativas de concentración donde puedan sumarse a los originarios en los predios productivos. No se encontraron publicados algunos datos indispensables para hacer una actualización de la estimación de generación, pero ello sería posible accediendo a información adicional que está disponible a nivel del MA. Es un asunto pendiente de ajustar a partir del acceso a la información que se acordó en la reunión con el Grupo Focal.

La tabla a continuación muestra, de manera simplificada, los valores estimados de generación de residuos publicada en el año 2016 (Fuente: Biovalor op. cit.). En la misma se puede constatar que aproximadamente el 80 % de la generación (Base Seca) corresponde a los sectores productivos de interés y la industria láctea. Si bien el sector de engorde a corral no se menciona explícitamente en los TdR de esta AT, se lo incluye por su relevancia cuantitativa a nivel país.

Tabla 3. Valores estimados de generación de residuos (2016). Fuente: BioValor

Actividad	Tipo de Residuo	% del Total Nacional	Toneladas Base Seca.
Engorde en Corral	Excretas	28,1%	114.998
Tambos	Excretas	17,9%	73.071
Porcinos Intensivos	Excretas	7,7%	31.333
Pollos Parrilleros	Camas	25,4%	103.652
Gallinas Ponedoras	Camas	0,6%	2.501
Industrias Lácteas	Barros Grasos	0,4%	1.820
	Lodos	0,3%	1.397
Subtotal sin Industria		79,6%	325.555
Subtotal con Industria		80,4%	328.772
<b>Total, Nacional</b>			<b>408.752</b>

A la luz de los datos precedentes, y las cifras principales sobre la evolución de los diferentes sectores de actividad, entendimos oportuno focalizar el trabajo en las actividades primarias, para las cuales existe información publicada suficiente como para actualizar la estimación de generación, y dejar el trabajo sobre la industria láctea para una etapa posterior. *Si bien la participación porcentual de los residuos de las industrias lácteas es mucho menor que la de los otros sectores considerados, reviste importancia por condición de estas industrias centralizan en su radio de influencia la producción primaria de leche, y eventualmente podrían cumplir un papel relevante al momento de pensar en sistemas centralizados de gestión.* Además, por su composición química, presentan potencialidades mayores de valorización por digestión anaerobia en comparación con los otros residuos de interés.

Cabe aclarar que, en las visitas de campo, a los varios casos de gestión centralizada de residuos, no se observó el manejo de los barros/lodos de la industria láctea, pero sí el de residuos industriales de variada naturaleza de otros sectores (fundamentalmente la industria frigorífica de carne vacuna y aves, y la pesca).

La información general más destacable sobre la evolución de la producción de los sectores de interés, en cuyo marco encuadramos las nuevas estimaciones de generación de residuos, es la siguiente:

1. **Engorde a corral.** Actividad en clara expansión. Siete años atrás refería a unos 90 encierros de escala que cumplían un turno básico de unos 100 días, y actualmente cuenta con más de 120 encierros de este tipo que cumplen en general dos tipos de turnos (100 y 200 días). El

crecimiento de la actividad es claro en términos de cantidad de encierros, cantidad de animales encerrados y días promedio de encierro de los animales preparados. La estimación actualizada de generación de residuos eleva el volumen de 115.000 Ton Base Seca/año a 201.000 Ton. Base Seca/año. Esta estimación está sujeta a revisión, de acuerdo con lo comentado en la reunión mantenida con el Comité Interinstitucional de Gestión de Residuos, en cuyo marco se anotó que hay un cálculo oficial hecho con motivo de la estimación de Huella de Carbono sectorial que difiere y que justifica ser analizado para un ajuste final de las cifras a manejar.

2. **Tambos.** Esta actividad se encuentra relativamente estabilizada en cuanto a la producción de leche remitida a planta industrial (que es el grueso de la producción primaria), que se ubica en los 2.200 Millones Litros/año. Esta relativa estabilidad está asociada a cambios al interior del sector, marcan una reducción de la cantidad de tambos remitentes que pasan de 2.900 a 2.500, con una pequeña reducción de las vacas en ordeño que bajan de 330.000 a 320.000. Estas aumentan su productividad a partir del incremento de la proporción de animales que se alimentan en plazas en el entorno de las salas de ordeño. Ello implica una generación de residuos que pasó de 73.000 Ton. Base Seca al año a 72.000 Ton. Base Seca al año 2020, considerando exclusivamente los residuos generados en corrales de espera y sala de ordeño. Si se considera la generación y colecta de residuos de los patios de alimentación, que es un componente tecnológico que se ha difundido en los últimos años, la estimación de residuos de los tambos se incrementaría en unas 10.000 Ton. Base Seca/año.
3. **Porcinos.** Actividad en clara retracción debido a la creciente competencia de las importaciones. En el corto plazo no se tienen expectativas ciertas de cambio de dicha tendencia (Durán V et al, 2020). El stock de cerdos se redujo de casi 210 mil animales a algo más de 160 mil (-24 %) en los 7 años considerados. Y en ese mismo período la faena cayó de 250 mil cabezas a 190 mil (-24 %). Si bien hay algunos avances en el sentido de observar una mayor cantidad de animales en sistemas más intensivos de producción, la dimensión del retroceso del sector supone una reducción de la generación de 31.000 Ton. Base Seca al año a 25.000 Ton. Base Seca al año (-20 %). Hay un trabajo pendiente por hacer con los actores empresariales a los efectos de ajustar la estimación.
4. **Parrilleros.** Esta actividad muestra progresos tecnológicos en su base productiva en el período de referencia, pero que al igual que los porcinos está expuesto a una creciente competencia de importaciones en el mercado local, la cual no logra ser compensada por la apertura de algunos canales de exportación (en los que hay expectativas de mejora, pero no al punto de poder revertir un ajuste-reducción del sector en general). La faena cayó de 42 millones a 33 millones de pollos en los 7 años (- 21 %), y la generación acompaña casi linealmente dicha reducción. La estimación para la situación actual no alcanza a 81 mil Ton Base Seca, en comparación con las 103 mil Ton Base Seca calculadas 7 años atrás. La estimación ha sido compartida con la gremial empresarial que se encuentra haciendo un relevamiento por muestreo, y está acordada una próxima reunión para hacer un análisis comparativo que sirva para afinar las cifras a manejar.
5. **Ponedoras.** La producción de huevos se encuentra en franco ascenso, habiendo pasado de 1,9 millones de cajas de 30 docenas a 2,5 millones (+32 %). La generación de cama de gallina se ha incrementado casi linealmente, pasando de 2.500 Ton. Base Seca al año a 3.300 Ton. Base Seca al año. Pese al aumento en la generación, la dimensión de esta no es significativa en el mapa de residuos que se muestra a continuación. Aún no se repitió la reunión con el sector empresarial para analizar de manera conjunta las cifras.
6. **Industrias Lácteas.** Como ya se indicó, no se encontraron datos publicados sobre este sector como para poder actualizar la información de BioValor. No obstante, corresponde mencionar que en el lapso considerado se han producido actualizaciones tecnológicas de relevancia en las Plantas de Tratamiento de Efluentes de varias industrias lácteas, en particular las ubicadas en la cuenca del Río Santa Lucía. A partir de esas innovaciones, es esperable una modificación de la cantidad de lodos biológicos a gestionar. Pero al no disponerse de datos, se asumió en primera instancia que no se modificaron los valores del 2016. Está pendiente una revisión de

las cifras, una vez que se haya ajustado la estimación para la industria por medio del acceso a la información del MA acordado con el Grupo Focal.

A modo de resumen de las cifras referidas en los puntos anteriores, se presenta la tabla que sigue, correspondiente a la actualización a 2020/2021:

Tabla 4. Valores estimados de generación de residuos, actualización de 2022. Fuente: Equipo consultor

Actividad	Tipo de Residuo	Toneladas Base Seca.
Engorde a Corral	Excretas	201.000
Tambos	Excretas	82.000
Porcinos Intensivos	Excretas	25.000
Pollos Parrilleros	Camas	81.000
Gallinas Ponedoras	Camas	3.300
Industrias Lácteas	Barros Grasos	1.820
	Lodos	1.397
Subtotal sin Industria		392.300
Subtotal con Industria		395.517

Además de las actividades previstas para validar las estimaciones cuantitativas presentadas, que en algunos sectores (los más evidentes Engorde a Corral, Tambos y Pollos) presentan cambios tecnológicos en la fase productiva que condicionan cambios en los parámetros/ecuaciones de cálculo utilizados como referencia (base Biovalor), se trabajará en acceder al geo-referenciamiento de los puntos de generación para poder así reducir la incertidumbre en la identificación de las zonas que presentan mayores oportunidades de concentración para una gestión colectiva. Esto será posible gracias a la información provista por el MGAP que aún no hemos procesado en profundidad cómo para presentar en este informe el mapa detallado previsto.

## Medidas de Mitigación de GEI en Animales Complementarias a la Gestión de Residuos

Además de las medidas de reducción de emisiones de GEI que se puedan adoptar en la gestión de los residuos identificados en el ítem B, existen medidas de mitigación que pueden ser implementadas en el rodeo lechero responsable de la producción primaria de la leche, en forma previa a la generación de los residuos del proceso. Esto ha sido mencionado en diversos trabajos de análisis sistémico, o incluso ha sido recogido en guías de buenas prácticas.

Así por ejemplo en el *“Reporte de Evaluación- Proyecto: Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay”* elaborado por Factor/ASDF/CTCN, se mencionan (entre otras) las siguientes opciones para la reducción de emisiones en la fase primaria de la producción láctea (Factor/ASDF/CTCN, 2020):

- ▲ “El manejo de la alimentación,
- ▲ La gestión de los residuos animales, su almacenamiento y aprovechamiento,
- ▲ El uso de la energía,
- ▲ La cría y salud del rodeo, la producción de leche y manejo de los fertilizantes”

Por su parte, en la Guía sobre “Mejores Técnicas Disponibles Para Reducir las Emisiones de Amoníaco y GEI del Sector Lácteo en España” (INLAC , 2020) se establecen 4 bloques de actuación en los cuales se plantean técnicas de reducción de emisiones: i) a nivel de gestión nutricional de los rumiantes; ii) a nivel de control de las emisiones en el alojamiento del ganado (de importancia para sistemas estabulados usados comúnmente en Europa, pero poco relevante para el caso de Uruguay); iii) control de emisiones en el almacenamiento y procesado de las deyecciones, y iv) control de las emisiones durante la valorización agronómica de las deyecciones ganaderas.

En este componente, se abordarán las medidas de manejo que se pueden adoptar en diferentes instancias de gestión del Sistema Productivo, que aportan a la reducción del GEI. Más adelante en este documento se abordarán las medidas de reducción de emisiones de GEI asociadas al almacenamiento y manejo de las excretas, y a la aplicación agronómica de los residuos.

Hasta el momento la revisión efectuada por el equipo técnico a cargo de la AT ha permitido identificar las medidas de mitigación de emisión de metano por parte de los rumiantes (que son el foco del trabajo) en las instancias del Sistema Productivo que se detallan a continuación:

- ▲ De genética.
- ▲ De nutrición animal.
- ▲ De manejo de pasturas.
- ▲ De aditivos en la dieta.
- ▲ De cambios ruminales.

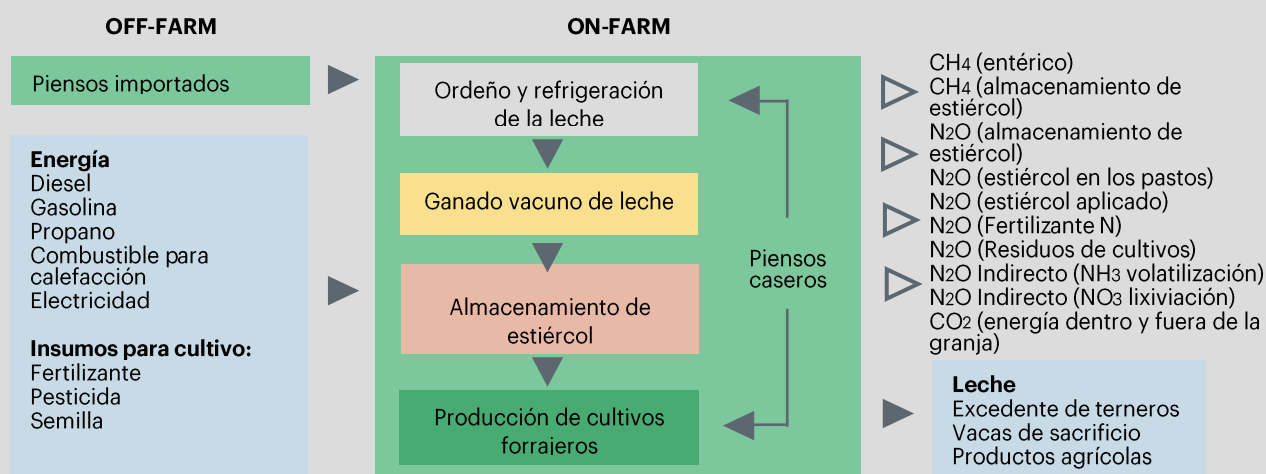
Si bien los rumiantes son la principal fuente de emisión de metano por parte del ganado, los no rumiantes también contribuyen con la producción del gas. Misiukiewicz et col. (2020) publican una muy completa revisión sobre la producción de metano en el organismo de los monogástricos. La consideración de los rumiantes como los principales emisores de metano se debe, básicamente, a su mayor número en el planeta.

En la Figura 6, Jayasundara et col. (2019) muestran las distintas fuentes de producción de gases de efecto invernadero (GEI) en predios de producción de leche de Canadá, visualizados como un sistema en el que se considera “el ciclo anual de vida del predio”. Los gases de efecto invernadero son estimados a partir de cuatro fuentes principales:

- I. Emisión de metano por la fermentación entérica.
- II. Emisión de metano y óxido nitroso por el manejo del estiércol
- III. Emisión de óxido nitroso por el sistema de producción de alimentos para el rodeo.
- IV. Emisión de dióxido de carbono por el uso de combustible fósil directamente en el predio y como consecuencia de la compra de alimento de fuera del predio.

La intensidad de las emisiones de GEI de las cuatro fuentes principales y su distribución se presenta en la Fig. 7. La mayor fuente corresponde a la fermentación entérica con un promedio de 0,441 kg de CO<sub>2</sub> eq/kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM); varía de 0,177 a 0,800 kg de CO<sub>2</sub> eq/kg FPCM, con un coeficiente de variación de aproximadamente 25%. La intensidad de las emisiones de las otras tres fuentes reportadas fue de aprox. 0,2 kg de CO<sub>2</sub> eq/kg FPCM, y un coeficiente de variación del 35% (Jayasundara et col., 2019).

Figura 6 - Gases de efecto invernadero en predios lecheros analizados como sistema. Fuente: Jayasundara et col., 2019



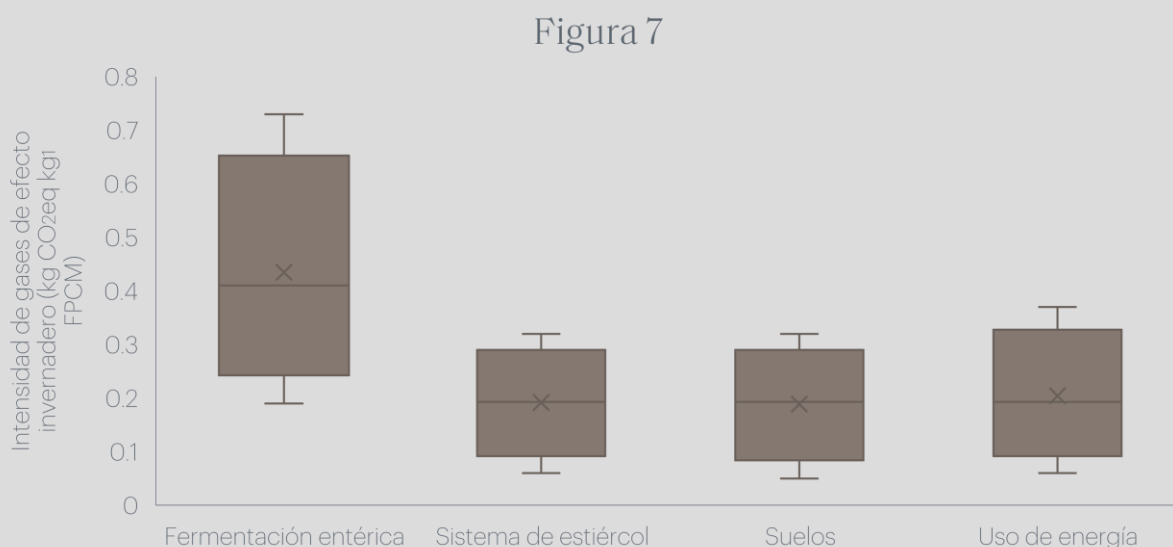


Figura 7 - Variación en la intensidad de emisión de las cuatro fuentes principales que contribuyen a la huella de carbono de la leche en 142 predios lecheras en Ontario, Canadá en 2010 a 2012.

La diferencia en la producción de metano en el tracto digestivo de los animales es debido a distintas causas: i) tipo de animal (por el tipo de sistema digestivo), ii) características de la dieta (digestibilidad, nivel de procesamiento, relación forraje-concentrados, contenido en proteína, presencia de grasas y aceites, entre otros) y iii) cantidad de alimento consumido.

Pamanes-Carrasco et col. (2019) publicaron una completa revisión del tema e incluyen información específica sobre la acción sinérgica entre los diferentes microorganismos del rumen. Por su parte, Van Gastelen et col. (2018) analizaron las diferencias entre los distintos rumiantes y concluyeron que “si el modo de acción de una estrategia de mitigación de CH<sub>4</sub> en base a la dieta está relacionada con factores específicos de rumiantes, como por ejemplo la ingesta de alimento o la fisiología ruminal, su efectividad difiere entre los tipos de rumiantes”. Por el contrario, “si la estrategia con la dieta está basada en el modo de acción sobre el proceso de metanogénesis, la estrategia es igualmente efectiva entre los distintos tipos de rumiantes”.

Cabezas Garcia et col. (2017) concluyen que la digestibilidad de las diferentes dietas puede ser, en parte, atribuibles a diferencias entre animales en la tasa de pasaje de la dieta por el tracto digestivo, aspecto que a su vez influye en la eficiencia de los microorganismos en la distribución de carbono, producto del metabolismo, entre la producción de ácidos grasos volátiles, la producción de gas y de células microbianas.

Existe abundante investigación sobre el efecto del tipo de dieta en la producción de metano. Para los **sistemas básicamente pastoriles** una estrategia eficiente es a través de la selección de gramíneas de alta calidad (es decir, alta concentración de carbohidratos solubles en agua), de leguminosas forrajeras que contengan metabolitos secundarios como taninos y de especies que contengan saponinas, siempre que no afecten a la ingesta por parte de los animales y la digestibilidad de la dieta. La mejora de la nutrición del ganado a través de la alimentación de forrajes de alta calidad puede resultar en un alto rendimiento animal y en reducciones significativas de CH<sub>4</sub> emitido por unidad de ingesta de materia seca y por unidad de producto producido (Banik et col., 2013; Lascano y Cardenas, 2010; Jackson. 2021; Jayanegara et col., 2011; Sanchez-Zubieta et col., 2021; Singh et col., 2018).

Jiao et col. (2014) reportan una emisión de metano constante en vacas en pastoreo de Ryegrass y suplementadas con 2 a 8 kilos de grano, base húmeda. Los autores concluyen que la emisión de metano disminuye cuando se expresa por kilo de materia seca consumida, o por kilo de Energía Bruta consumida o por kilo de leche corregida por grasa. Por consiguiente, animales más productivos producen similar cantidad absoluta de metano por unidad de tiempo que animales menos productivos, pero menos emisión cuando la unidad de medida es por kilo de producto producido.

Los sistemas de producción de leche en el país son altamente dependientes de la complementación de las pasturas con granos y subproductos a lo largo del año. Los niveles promedio de producción de leche del rodeo comercial en el país

exigen el suministro de complemento energético y proteico a los animales a lo largo de la lactancia. Por consiguiente, es muy importante identificar la acción de los distintos suplementos usados y su influencia en la producción de gases en el rumen. Benchaar et col. (2021) reportan que, en comparación con la harina de Soja, la inclusión de harina de Canola en las dietas de las vacas lecheras puede desempeñar un papel clave en la reducción en la emisión de metano y en la cantidad de Nitrógeno excretado en la orina. Por su parte, Hatew et col. (2015) reportan que un aumento en la cantidad y velocidad de fermentación del almidón en vacas lecheras (Trigo y Cebada vs Maíz) efectivamente reduce la producción de metano por unidad de materia orgánica fermentable en el rumen. En este aspecto es muy importante definir la cantidad y el tipo de almidón incluido en la dieta por la importancia del almidón que escapa al metabolismo ruminal y se digiere en el intestino (almidón de menor velocidad de fermentación en el rumen).

Los aditivos y suplementos para dietas mixtas que reducen la producción de metano, inhiben los metanógenos en el rumen (organismos anaerobios que habitan en el rumen = arqueas) y, de esa forma, reducen las emisiones de metano entérico. Los aditivos y suplementos para dietas reductoras de metano son más efectivos cuando se suministran con dietas mezcla con grano, subproductos o ensilaje.

Los aditivos y suplementos para dietas reductoras de metano pueden ser (CSIRO, 2022):

- A. Productos químicos sintéticos,
- B. Suplementos y compuestos naturales, como taninos y algas marinas, y
- C. Grasas y aceites.

Los **productos químicos sintéticos**, como los antibióticos, son muy usados para mejorar la eficiencia de la conversión alimenticia en el ganado, pero su utilización no es una práctica recomendada con el fin de reducir las emisiones de metano. Existen restricciones legislativas y resistencia de parte de los consumidores al uso de los antibióticos en la dieta de los rumiantes, por el posible efecto negativo sobre la salud humana.

Recientemente se han publicado diversos artículos científicos que muestran el potencial de reducción en la producción de metano por el ganado mediante el **suministro de compuestos y materiales naturales** (aún no han sido ampliamente comercializados). Incorporar un tipo de algas marinas al 3% de la dieta ha resultado en una reducción de hasta el 80% en las emisiones de metano del ganado (CSIRO, 2022). Almeida et col. (2021) realizaron un metaanálisis basado en 108 publicaciones arbitradas de recientes estudios con animales (2000 a 2020) con relación a la producción, rendimiento e intensidad de emisión de metano en base a 8 dietas diferentes. *Los autores concluyen que las macroalgas y el 3-nitrooxipropanol mostraron la mayor eficacia en la reducción del rendimiento de CH<sub>4</sub> (g CH<sub>4</sub>/kg de ingesta de materia seca) a las dosis probadas.* Por su parte, Roque et col. (2019) concluyeron que la inclusión de *Asparagopsis armata* (alga roja) en la dieta de vacas lecheras puede reducir en 50% la emisión de metano entérico y hasta 80% en novillos (Roque et col., 2021). Por su parte, Stefenoni et col. (2021) reportan que niveles de 0.5% de *Asparagopsis taxiformis* (otra especie de alga roja) en la dieta reduce la emisión total e intensidad de metano, pero limita el consumo de las vacas, reduciendo la producción individual de leche (además de aumentar la concentración de Iodo en la leche). Min et col. (2020), por su parte, hacen una muy completa revisión sobre las opciones que ofrecen los taninos como estrategia de mitigación.

Las **grasas y los aceites** muestran el mayor potencial de aplicación práctica a los sistemas agrícolas y han demostrado reducciones de emisiones de metano del 15-20% (CSIRO, 2022). Durmic et col. (2013) reportan una reducción de la producción de metano con aditivos para raciones (hasta 40% de reducción), con los ocho aceites esenciales evaluados (hasta 75% de reducción) y con dos extractos de plantas (14% de reducción) en comparación con los controles utilizados. Si bien el uso de grasas y aceites en la dieta de vacas lecheras no ha sido una estrategia usada hasta el presente en nuestro país, es muy común su utilización en rodeos de alta producción en el hemisferio norte como forma de atenuar el desbalance entre los requerimientos de los animales y el aporte de energía de la dieta. En la siguiente figura (Figura 8) se muestra la importancia de la incorporación de grasas y aceites en la dieta de las vacas en producción y su efecto en la disminución de la producción de metano por kilo de materia seca consumida (Beauchemin et col., 2008). La reducción de la emisión de metano, expresada como porcentaje del consumo de materia seca, es mayor a medida que el consumo de grasa y aceite aumenta.

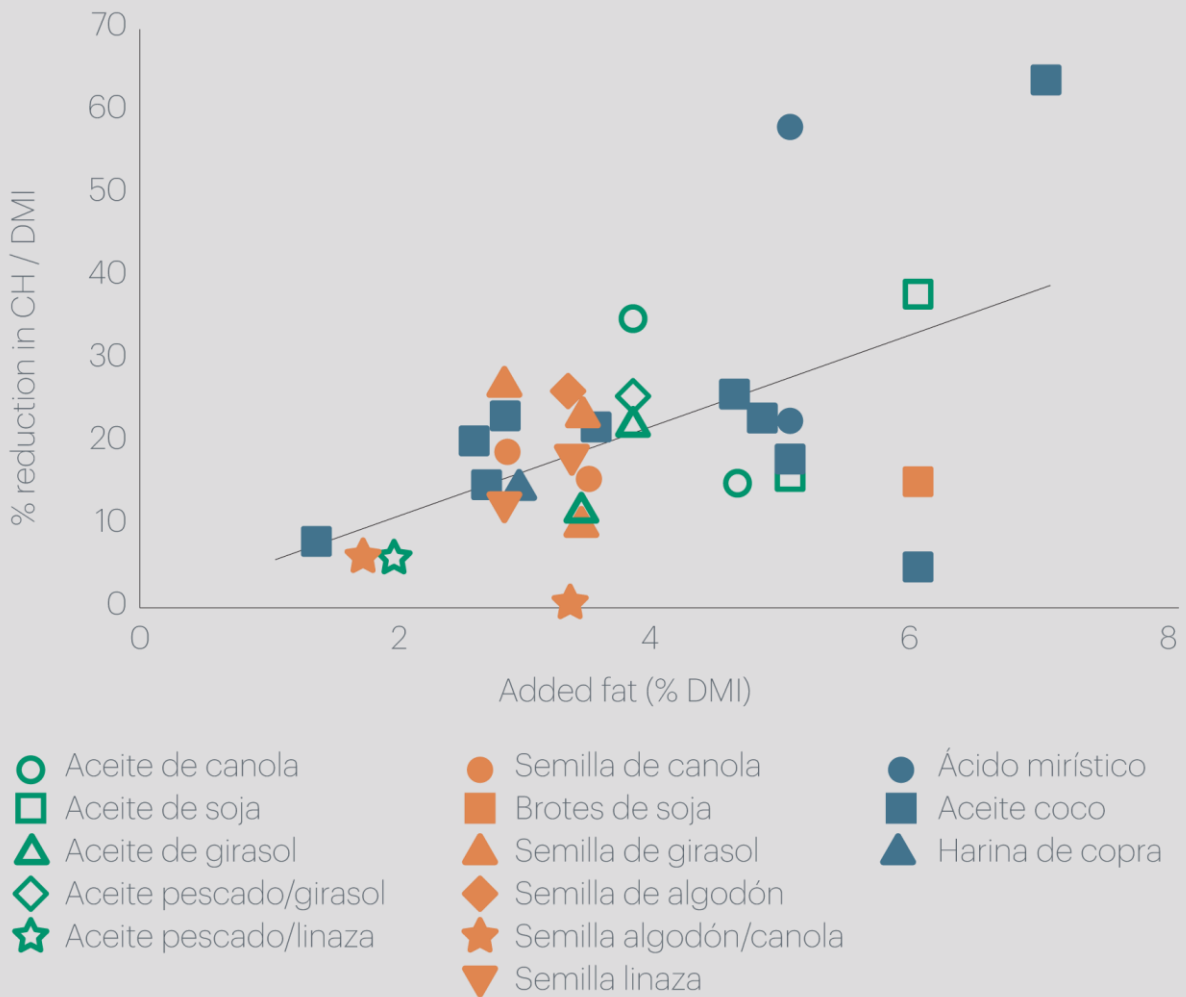


Figura 8- Resumen de 33 ensayos con distinta fuente de grasa y aceite en la dieta y su efecto en la reducción de producción de CH4 por kilo de materia seca consumida.

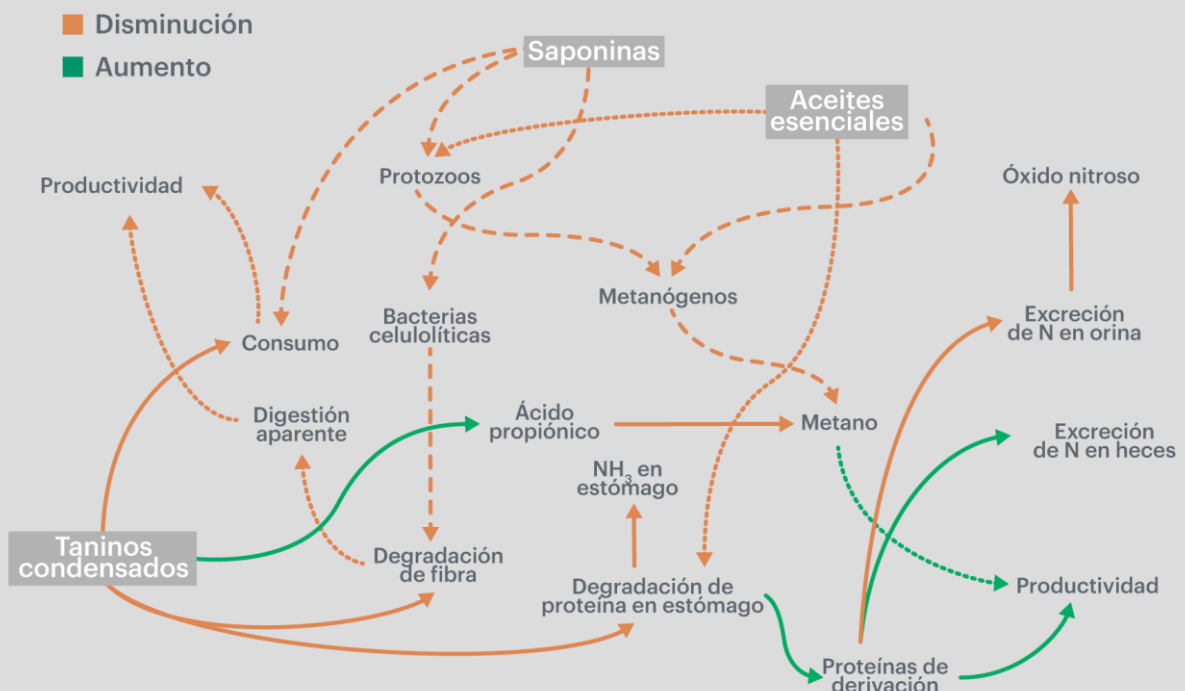


Figura 9 - Efectos metabólicos y digestivos de los taninos condensados, aceites esenciales y saponinas sobre la síntesis de metano y la producción animal. (-): disminución; (+): aumento.

Ku-Vera et col. (2020) presentan un interesante resumen de los efectos metabólicos y digestivos de los aceites esenciales, taninos y saponinas en la emisión de metano y productividad de rumiantes (Figura 9).

Los autores sostienen que los compuestos secundarios de las plantas (taninos, saponinas, flavonoides) deberían inducir a una reducción de la emisión de metano sin provocar cambios en el metabolismo ruminal, sin afectar negativamente la producción ni ser tóxicos a los animales. La efectividad de los compuestos secundarios (hay más de 200.000 compuestos secundarios en las plantas) depende del tipo, concentración y cantidad ingerida. La efectividad de estos productos naturales de las plantas ha servido para el desarrollo de su uso en la confección de las dietas mezcla.

Para la situación específica de América Latina y el Caribe, De Souza Congio et col. (2021) publicaron un estudio muy detallado en el que resumen 103 trabajos de investigación publicados entre 2011 y 2021. *Las estrategias de mitigación potencial fueron clasificadas en tres categorías principales (mejoramiento genético animal, manejo de la dieta y manipulación ruminal) y hasta con tres subcategorías, con un total de 34 estrategias evaluadas.* Los estudios preliminares mostraron que 16 de las 34 estrategias finalmente probadas lograron disminuir alguno de los parámetros de emisión de metano y seis de las estrategias lograron reducir la emisión de metano en 27% en promedio y, al mismo tiempo, aumentar en promedio la producción animal en 68% (ejemplo: la cruce Gyr x Holstein disminuyó la emisión de metano en 38% y aumentó la productividad en 99%).

Pitta et col (2022) contribuyen al esclarecimiento del complejo metabolismo ruminal y su relación con la producción de metano. Los autores resumieron los resultados de distintos trabajos de investigación en los que se relacionó la emisión de CH<sub>4</sub> con la población metanogénica del rumen en distintas razas y sistemas de alimentación. Distintos autores han postulado la relación entre la constitución genética de los animales y la población microbiana del rumen y la dependencia de esta última de la primera. En el cuadro siguiente se resumen los estudios que relacionan el microbiota ruminal con el fenotipo de los hospedadores.

Tabla 5. Resumen de investigación utilizando estudios moleculares para relacionar microbiota ruminal y fenotipo del hospedador<sup>4</sup>

Raza animal	Método empleado	Resultados	Referencias
Ganado vacuno	Secuenciación de la biblioteca de clones del gen 16S rRNA, qRT-PCR	Los animales ineficientes desde el punto de vista de la alimentación tenían más diversidad en sus comunidades metanogénicas ruminales que los animales eficientes desde el punto de vista de la alimentación, pero las poblaciones totales de metanógenos eran similares entre ambos grupos. La cepa AtM4 de <i>Methanosphaera stadtmanae</i> y <i>Methanobrevibacter</i> sp. fue más prevalente en los animales ineficientes desde el punto de vista alimentario	Zhou et al., 2019
Ganado vacuno	Secuenciación de la biblioteca de clones del gen 16S rRNA, qRT-PCR	Las dietas de bajo y alto forraje afectaron a la abundancia ruminal de <i>Methanobrevibacter smithii</i> y <i>Methanosphaera stadtmanae</i> , mientras que los animales de alta y baja ingesta de alimento residual tuvieron una abundancia ruminal diferente de <i>Methanobrevibacter smithii</i> independientemente de la dieta	Carberry et al., 2014
Ganado vacuno	Secuenciación del ARNr 16S, análisis PCR-DGGE y qPCR	La diversidad metanogénica ruminal se vio fuertemente afectada por la dieta y se asoció fuertemente con la eficiencia	Zhou et al., 2010

<sup>4</sup> PCR-DGGE = PCR-denaturing gradient gel electrophoresis; OTU = operational taxonomic units

Tabla 5. Resumen de investigación utilizando estudios moleculares para relacionar microbiota ruminal y fenotipo del hospedador<sup>4</sup>

Raza animal	Método empleado	Resultados	Referencias
		alimentaria del animal. <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> NT7 se asoció predominantemente con la dieta de baja energía, y <i>Methanobrevibacter smithii</i> , <i>Methanobrevibacter</i> sp. AbM4, y <i>M. ruminantium</i> NT7 se encontraron en asociación con la dieta de alta energía.	
Aberdeen-Angus y ganado cruzado con Limousin	Secuenciación del 16S rRNA, qPCR, base de datos Greengenes	Las <i>Methanobrevibacter</i> estaban presentes en abundancia en el rumen de las vacas con alta emisión de CH <sub>4</sub> , mientras que las <i>Succinivibrionaceae</i> eran más frecuentes en las de baja emisión. Los genes arcaicos relacionados con la producción de metano eran más abundantes en las vacas con altas emisiones de CH <sub>4</sub>	Wallace et al., 2015
Ganado vacuno de leche (Holstein and Swedish Red)	Secuenciación del 16S rRNA y qPCR	A nivel de género, <i>Methanomassiliicoccaceae</i> fue más abundante en los emisores bajos de CH <sub>4</sub> , y no hubo diferencias entre los grupos en cuanto a la abundancia de <i>Methanobrevibacter</i> o <i>Methanosphaera</i> . A nivel de especies, <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> fue más abundante en los emisores bajos y <i>Methanobrevibacter gottschalkii</i> fue más abundante en los emisores altos.	Daniellson et al., 2017
Ganado vacuno de leche	Secuenciación del ADNr 16S y metagenómica	<i>Megasphaera elsdenii</i> se encontró enriquecida en las muestras de rumen de los animales eficientes en la alimentación, mientras que <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> se enriqueció en los animales ineficientes	Shabat et al., 2016
Ganado vacuno	Metatranscriptómica	Cuatro clados de arqueas, a saber, <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> , <i>Methanobrevibacter gottschalkii</i> , <i>Methanosphaera</i> y <i>Methanomassiliicoccales</i> , formaron parte del núcleo de la microbiota ruminal activa. Las <i>Methanomassiliicoccales</i> tendían a ser más abundantes en las vacas de alta eficiencia alimentaria.	Li and Guan, 2017
Ganado vacuno	Secuenciación del ARNr 16S, qPCR, y análisis metagenómico	La abundancia metanogénica en la digesta ruminal está bajo control genético del huésped y puede utilizarse para seleccionar animales genéticamente bajos y altos emisores de CH <sub>4</sub> .	Roehe et al., 2016

Tabla 5. Resumen de investigación utilizando estudios moleculares para relacionar microbiota ruminal y fenotipo del hospedador<sup>4</sup>

Raza animal	Método empleado	Resultados	Referencias
Oveja	Secuenciación del ARNr 16S y creación de redes a nivel de UOT y de genes	<i>Methanobrevibacter smithii</i> , <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> , and <i>Methanosphaera stadtmanae</i> tenían una diferencia significativa en su abundancia en las muestras de rumen de ovejas con alta y baja emisión de CH <sub>4</sub> .	Maman et al., 2020

La mejora genética es una solución atractiva para disminuir la emisión de metano porque los cambios producidos por la vía de la genética son los únicos permanentes y acumulativos a través de las generaciones. Sin embargo, este enfoque requiere de la existencia de variación genética aditiva para la característica en cuestión y un largo tiempo para tener efecto. Lassen y Difford (2020) resumen las estimaciones de heredabilidad de distintos autores para la característica emisión de metano (Cuadro 2). En términos generales, las estimaciones reportadas por los distintos autores y según diferentes métodos de registro son similares a los valores de la literatura científica para características como la producción de leche.

Table 6. - Heredabilidad de la emisión de metano

Autores	Número de vacas	Unidad de medida	Raza	Tipo de medida	Heredabilidad = SE
Lassen et al. (2012)	1745	g/día	Holstein	Sniffer	0.21±0.06
Pickering et al. (2015)	1308	mg/ día	Holstein	Detector de metano por láser	0.05±0.07
Lassen et al. (2016)	339	g/ día	Holstein	Sniffer	0.25±0.16
Manzanilla-Pech et al. (2016)	205	g/día	Holstein	Hexafluoruro de azufre	0.23±0.23
Pszcola et al. (2017)	485	g/día	Holstein	Sniffer	0.27±0.09
van Engelen et al. (2018)	355	ppm/día	Holstein	Sniffer	0.11 (0.02)
Difford et al. (2018)	750	g/día	Holstein	Sniffer	0.21±0.09
Breider et al. (2019)	184	g/día	Holstein	Sniffer	0.12±0.16 to 0.45±0.11
Difford et al. (2019)	434	ppm/día	Holstein	Sniffer	0.26±0.11
Saborio-Montero et al. (2019)	337	ppm/día	Holstein	Sniffer	0.12±0.01

Un punto importante es conocer la correlación genética entre la producción de metano y las características de importancia económica que son objeto de mejoramiento. Distintos estudios se han realizado relacionando emisión de metano y características de importancia económica en el sector lácteo. En términos generales la producción de metano tiene alta correlación con producción de leche, peso vivo, eficiencia de conversión del alimento (Manzanilla-Pech et col., 2021). Eso significa que animales que producen más leche y sólidos por lactancia y son más eficientes en la conversión de alimento (menos consumo por kilo de producto), producen menos metano. Estos buenos valores de correlación con las características económicamente importantes para el sector permiten desarrollar índices de selección con ponderaciones negativas para la producción de metano, sin afectar significativamente otras características de importancia económica. Pryce y Haile-Marian (2020), para las condiciones de producción de Australia, reportan una importante mejora en la emisión de metano a través de la selección directa por productividad, longevidad y eficiencia. Por su parte, de Haas et col. (2022) estiman que, incluyendo la producción de metano dentro de los criterios de selección para las condiciones de los Países Bajos, para el 2050 se podría disminuir la intensidad de producción de metano en 24%.

Si bien la mayoría de los trabajos de investigación indican valores de correlación medios a altos con características de importancia económica, existen reportes en la literatura que sugieren la necesidad de hacer investigación adicional que incluya mayor número de animales para lograr resultados más consistentes. Lovendahl et col (2018) concluyen que existen muchos factores que interactúan y que no se miden en forma directa (tasa de pasaje, tasa de digestión, tipo de microbioma ruminal, etc.) que pueden influir sobre las estimaciones de la eficiencia de conversión y sobre la producción de metano. Pszczola et col. (2018) reportan valores de correlación menores a 0.3 con las características de producción de leche y sólidos para los registros productivos en Polonia. Posiblemente la diferencia de este trabajo con la mayoría de las publicaciones sobre el tema se deba al diseño de la toma de registros y/o a la dificultad en poder hacer registros precisos de la producción individual de metano. Pryce et col (2014) son muy claros al hacer mención a la importancia de tener un sistema de registros completos y estimaciones de correlación precisas entre las distintas características al momento de definir los criterios a incluir en un Índice de selección como forma de lograr la mejora que se busca con su aplicación.

A nivel nacional se han hecho estudios relacionando características productivas, consumo de alimento, eficiencia de conversión de alimento en producto comercial y producción de metano en bovinos de carne y en lanares.

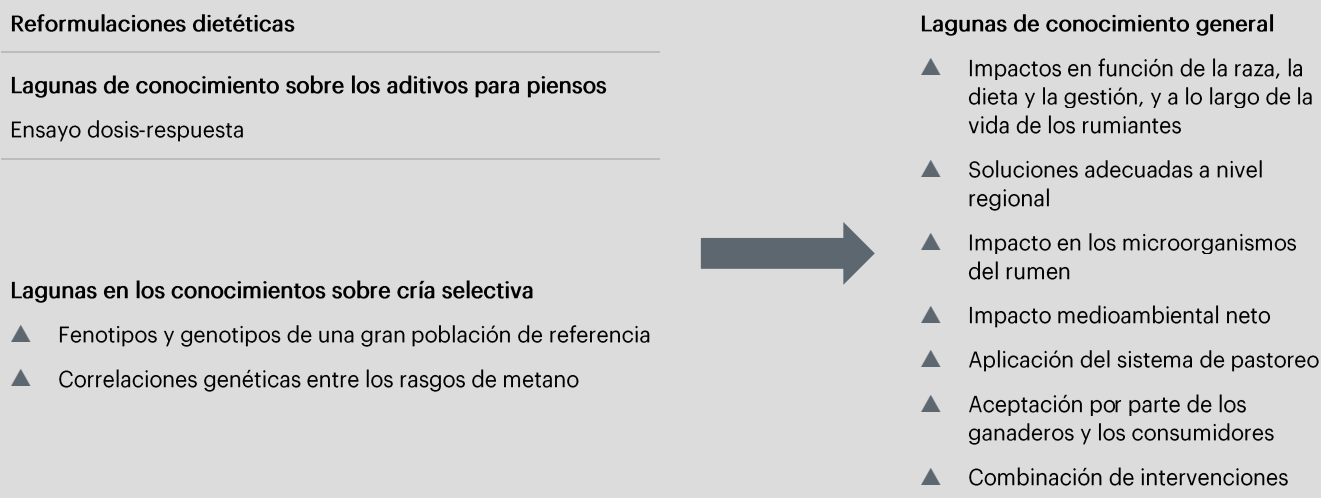
En ganado bovino Uruguay es de los pioneros a nivel mundial en el uso de la información Genómica en el sistema de evaluación de reproductores (comenzó en 2016). INIA y la Sociedad de Criadores de Hereford han desarrollado un proyecto para incluir las características "eficiencia de conversión" y "emisión de metano" en las evaluaciones genéticas y así disponer del mérito genético individual de los reproductores para ambas características (el uso de la genómica mejora la precisión de las estimaciones de los EPD) (Navajas, 2021). Los primeros resultados de investigación, usando novillos Hereford en recría con consumo residual contrastante, muestran una menor emisión de metano en animales más eficientes (menor consumo residual): 26.8% menos en consumo diario, 27.9% menos por kilo de materia seca consumida, y 26.7% menos expresada como porcentaje de la energía bruta consumida (Dini et col., 2019).

En lanares De Barbieri et col. (2022) reportan diferencias significativas en producción de metano, expresado en gramos por día y por kilo de peso vivo ganado, entre grupos de animales de mayor (25% superior) y menor (25% inferior) eficiencia de conversión del alimento, sin afectar las características productivas evaluadas (ganancia de peso, producción de lana y características de la canal), con excepción del engrasamiento que fue menor en el grupo de animales de mayor eficiencia de conversión. Se usaron animales de cuatro razas de amplia distribución en el país y fueron alimentados exclusivamente en base a pasto. Los autores mencionan que estos resultados son similares a los encontrados en ensayos realizados en otros países con alimentación en base a concentrados.

El "Council of Dairy Cattle Breeding" de Estados Unidos comenzó a publicar los parámetros de DEP (Diferencia Esperada en la Progenie) para "ahorro de alimento" de cada animal evaluado a partir del año 2020 (CDCB, 2020). El objetivo es mejorar la eficiencia de conversión del alimento y reducir la emisión de metano por parte del sector lechero. Las estimaciones de los DEP para ahorro de alimento surgen de los trabajos desarrollados por Van de Haar et col. (2016) y Van Raden et col. (2018, 2020) (citados por CDCB, 2020) con los registros del Sistema Oficial de Contralor lechero de Estados Unidos (DHIA).

Figura 8 - Brechas actuales en el conocimiento de las intervenciones de mitigación del metano entérico

**Brechas de conocimiento: intervenciones de mitigación del metano entérico**



Si bien existe un cumulo importante de trabajos de investigación con resultados concluyentes que incluyen distintos factores y su incidencia sobre la emisión de metano, aún restan aspectos a dilucidar con mayor contundencia. Fouts et col. (2022) resúmenes actuales “brechas en el conocimiento” con el fin de mejorar la eficiencia de las técnicas de mitigación en la emisión de metano entérico.

Considerando la necesidad de estructurar mecanismos de reducción de GEI y las complejas relaciones entre los distintos factores que actúan, se han desarrollados modelos que facilitan la toma de decisiones por parte de los productores de leche y carne. Uno de los trabajos más recientes y completos en el tema ha sido el publicado por Ouatahar et col. (2021). Los autores desarrollan distintos modelos matemáticos que permiten:

- D. Tener una visión general de la composición y calidad de la dieta sobre los GEI y el Nitrógeno excretado.
- E. Conocer la relevancia de los diferentes enfoques de los modelos para evaluar las emisiones de GEI y N de los sistemas de producción de ganado lechero y de carne,
- F. Resumir y complementar las revisiones existentes de los marcos de los distintos modelos para evaluar los GEI en los sistemas de producción de leche y de carne.

	<b>Estrategia de mitigación</b>	<b>Reducción potencial de emisiones</b>		<b>Sistema relevante de producción</b>			
<b>Reducción según producto</b>	Aumento de niveles de alimentación	CH4M CH4G	-17% Sin datos	Corral engorde Sistemas mixtos	Pastizales		
	Reducción crecimiento de pasto	CH4M CH4G	-13% Sin Datos	Corral engorde Sistemas mixtos	Pastizales		
	Disminución dieta de forraje hacia relación concentrada	CH4M CH4G	-9% -9%	Corral engorde Sistemas mixtos			
<b>Reducciones absolutas</b>	Inhibidores de CH4	CH4M CH4G	-32% Sin datos	CH4 Diario CH4Y	-35% -34%	Corral engorde Sistemas mixtos	
	Forrajes de taníferos	CH4M CH4G	-18% Sin datos	CH4 Diario CH4Y	-12% -10%	Corral engorde Sistemas mixtos	Pastizales
	Sumideros de electrones	CH4M CH4G	-13% -12%	CH4 Diario CH4Y	-17% -15%	Corral engorde Sistemas mixtos	

Aceites y grasas	CH4M	-12%	CH4 Diario	-19%	Corral engorde Sistemas mixtos
	CH4LG	-22%	CH4Y	-15%	
Semillas oleaginosas	CH4M	-12%	CH4 Diario	-20%	Corral engorde Sistemas mixtos
	CH4LG	Sin efecto	CH4Y	-14%	

Efecto relativo del tratamiento en el rendimiento de los animales					
	Estrategia de mitigación	Consumo	Digestibilidad	Leche	Ganancia
<b>Reducción según producto</b>	Aumento de niveles de alimentación	-58%	-7%	+17%	+162%
	Reducción crecimiento de pasto	Sin efecto	+15%	+9%	Sin datos
	Disminución dieta de forraje hacia relación concentrada	+9%	Sin efecto	+17%	+21%
<b>Reducciones absolutas</b>	Inhibidores de CH4	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto
	Forrajes de taníferos	Sin efecto	-7%	Sin efecto	Sin efecto
	Sumideros de elctrones	-2%	Sin efecto	+3%	Sin efecto
	Aceites y grasas	-6%	-4%	Sin efecto	Sin efecto
	Semillas oleaginosas	Sin efecto	-8%	Sin efecto	<b>-13%</b>

Figura 9 - Estrategias de mitigación de emisión de GEI, estimación potencial y efecto sobre los sistemas de producción (Arndt et col., 2022)

A manera de resumen, la Figura 9 (Arndt et col., 2022) ofrece un panorama completo en relación con la efectividad de las distintas alternativas y sus efectos sobre la mitigación de la emisión de metano, así como su efecto sobre los parámetros de producción animal.

## Mejoras en Gestión de Residuos: Tecnologías con Mayor Potencial de Circularidad Relevadas a Nivel Nacional

Considerando los resultados del relevamiento realizado y de la profundización en la revisión bibliográfica, *se adecuó la matriz de tecnologías de gestión de residuos sólidos que actualmente tienen aplicación nacional, que fuera presentada en oportunidad de la aprobación del Plan de Trabajo*. La adecuación supone un ordenamiento por tipo de residuo, por modalidad de gestión y por destino de los productos finales (en filas), como se detalla a continuación. Las tecnologías incluidas son aquellas que permiten una disminución (directa o indirecta) de emisiones de GEI, y/o una mayor circularidad en el flujo de materiales (p.ej. nutrientes).

### Comentarios sobre las categorías de la Matriz de Tecnologías

**Tipo de residuos:** En las columnas de la Matriz se consideran aquellos incluidos en el Mapa de Residuos presentado en el ítem V. En algunos casos, se agrupa más de un residuo en una misma columna, ya sea porque la tecnología a considerar es aplicable a cada uno de ellos o porque la gestión de varios tipos de residuos puede en forma conjunta (por ejemplo, co-digestión anaerobia, o compostaje conjunto).

**Tecnología:** Se refiere a las tecnologías de gestión de los residuos con potencial de circularidad y/o de reducción de emisiones de GEI, con ejemplos de aplicación identificados en Uruguay.

En el caso de la digestión anaerobia, existen ejemplos de diferentes tipos de biodigestores de variadas escalas y concepciones tecnológicas:

- I. Biodigestores tubulares de PEAD para pequeños tambos remitentes o de quesería artesanal, con procesamiento de la totalidad de las excretas (sólido orgánico y efluente)
- II. Biodigestores de tipo laguna cubierta, que procesan la fracción líquida del efluente, con posibilidad de calentamiento, recirculación de líquido y purgas de lodos, aplicables para tambos del orden de 500 vacas en ordeño
- III. Biodigestores de tipo “tanque agitado” con calentamiento, con tecnología europea de importante nivel de sofisticación operativa y de control, que procesan efluente concentrado (una parte de la fracción líquida y la totalidad del sólido) en un “megatambo” estabulado y con industria láctea (leche en polvo)
- IV. Biodigestor de tecnología similar a la anterior, aunque con menor grado de complejidad, que procesa el efluente de un tambo ovino estabulado y con industria láctea (quesería).

En todos los casos, el biogás es captado y utilizado como combustible renovable para generación de energía eléctrica y/o térmica. Los biodigestores anaerobios del tipo “tanque agitado” son aplicables tanto a efluentes de tambo como a la digestión anaerobia de lodos grasos, o de lodos aerobios a estabilizar, provenientes de las PTE de industrias lácteas.

Tabla 7. Uruguay – Matriz de Tecnologías aplicadas relevadas por la AT

<b>Tipo de residuo a gestionar</b>	Residuos sólidos de industria láctea (grasas y lodos) / Efluente de tambo / Residuos porcinos	Residuos sólidos de industria láctea (grasas y lodos) / Efluente de tambo / Residuos porcinos	Efluente de tambo/ Digestato	Residuo sólido de tambo	Camas de pollos Gallinaza
<b>Tecnologías</b>	Biodigestor y generación de energía eléctrica con biogás (autoconsumo y red)	Biodigestor y generación energía térmica con biogás	Aplicación de efluente/ digestato al campo = Reciclado de nutrientes y materia orgánica	Aplicación de sólidos al campo = Reciclado de nutrientes y materia orgánica	Estabilización/ Compostaje / Vermicompostaje en conjunto con otros residuos
<b>Sistema</b>	Separador de sólidos inertes / Separador de sólidos orgánicos (previo o posterior) / Biodigestor / Motogenerador a biogás	Separador de sólidos inertes / Separador de sólidos orgánicos (previo o posterior) / Biodigestor / Caldera a biogás	Desarenador/ Pileta(s) de acumulación / Bomba e irrigador, o estercolera de líquidos	Barrido en seco / Separador de sólidos (trampa de sólidos, extrusora, tamiz) / Estercolera de sólidos	Compostaje a cielo abierto o bajo cubierta, con manejo de lixiviados
<b>Asociatividad</b>	Sí	Sí	No en esta etapa	No	Sí
<b>Justificación ambiental</b>	Disminución de emisiones de GEI (CH4)	Disminución de emisiones de GEI (CH4)	Disminución de emisiones de GEI asociada a la producción y transporte de fertilizantes químicos hasta llegar a su punto de uso	Disminución de emisiones de GEI asociada a la producción y transporte de fertilizantes químicos hasta llegar a su punto de uso	Disminución de emisiones de GEI asociada a la producción y transporte de fertilizantes químicos hasta llegar a su punto de uso
	Sustitución de e.e. de la red, generada parcialmente a partir de combustible fósil	Sustitución de e. térmica generada con combustible fósil (fuel oil, GLP)	Incremento del contenido de MO en el suelo	Incremento del contenido de MO en el suelo	Reducción de contaminantes biológicos respecto al original
	Enmienda orgánica de características regulares (circularidad)	Enmienda orgánica de características regulares (circularidad)	Mejora en la estructura del suelo	Mejora en la estructura del suelo	Enmienda orgánica de características regulares (circularidad)
	Menor gasto por reducción de uso de e.e. de la red. Venta de e.e. a la red.	Menor gasto por reducción de uso de combustibles fósiles	Menor gasto de compra de fertilizantes químicos	Menor gasto de compra de fertilizantes químicos	Menor gasto de compra de fertilizantes químicos

<b>Justificación Económica</b>			Mayores ingresos por mayor capacidad productiva del suelo	Mayores ingresos por mayor capacidad productiva del suelo	Mayores ingresos por mayor capacidad productiva del suelo
--------------------------------	--	--	---	---	---

En el caso de los residuos porcinos, si bien no hay ejemplos concretos a nivel de Uruguay, en países vecinos (Brasil, Argentina) existen ejemplos exitosos de uso de biodigestores tubulares y de laguna cubierta.

La tecnología de **aplicación de efluentes a campo** permite el reciclado de nutrientes y materia orgánica a los suelos. En el caso de los tambos, luego de una etapa de separación de los sólidos groseros y los áridos (arena, pedregullo), el efluente se acumula en piletas o lagunas impermeabilizadas, para ser aplicado a campo cuando las condiciones agrometeorológicas lo permitan. También es posible gestionar de igual forma el líquido que sale de los biodigestores (digestato, biol). La aplicación se puede hacer por bombeo y distribución con irrigadores de diverso tipo (aspersor fijo, aspersor móvil, cañón autoenrollable) o mediante distribución con estercolera de líquidos, ya sea con aspersión en superficie o con inyección subsuperficial del líquido. En el caso de la **aplicación de sólidos al campo**, al igual que en el caso anterior, el objetivo es aprovechar productivamente el contenido de macronutrientes (fundamentalmente nitrógeno, fósforo) y la materia orgánica de la fracción sólida de las excretas vacunas, obtenida ya sea por barrido en seco de los corrales de espera y de los patios de alimentación, o los separados del efluente de tambo mediante trampas de sólidos, extrusoras, tamices, etc.

En los casos de las camas de pollo y la gallinaza de ponedoras, se ha identificado la aplicación de tecnologías que logran diferentes niveles de estabilización e inocuidad de los productos resultantes, ya sea mediante **estabilización por apilado, compostaje con inoculación de microorganismos, o vermicompostaje**. En todos los casos el objetivo buscado es lograr un material orgánico estabilizado y biológicamente inocuo, que pueda ser aplicado a campo como enmienda orgánica.

**Sistema:** Incluye un listado de los principales componentes (unidades o equipos) necesarios para el desarrollo y aplicación de cada tecnología.

**Asociatividad:** Se refiere a la posibilidad de gestionar conjuntamente más de un tipo de residuos. Así, por ejemplo, en el caso de los biodigestores de tipo tanque agitado, es posible el tratamiento en forma separativa de los residuos listados, pero también es posible (y en algunos casos, favorable) su tratamiento mediante co-digestión anaerobia. En el caso de la aplicación de efluente al terreno, se indicó como "No en esta etapa", con el significado de que no se trata de un proceso asociativo en sí mismo, pero puede realizarse la aplicación a terreno del efluente de un biodigestor que previamente haya procesado asociativamente más de un tipo de residuo. En el caso del compostaje de residuos avícolas, es habitual la asociatividad y tratamiento conjunto con residuos de la industria frigorífica (de vacunos, aves o pesca). Otra forma posible de asociatividad consiste en el tratamiento en una unidad centralizadora, de los residuos de más de un emprendimiento cercano. En el marco de la AT se detectó, por ejemplo, que un biodigestor que procesa efluente de tambo recibe el efluente generado en otro tambo del mismo productor, distante 5 kilómetros del biodigestor.

**Justificación ambiental:** Se refiere a aquellas mejoras ambientales resultantes de la aplicación de las tecnologías identificadas. Con particular énfasis en los mecanismos de disminución de emisiones de GEI, ya sea directos o indirectos. También se detallan los elementos de circularidad; en particular en lo referente al reciclado de nutrientes y al aporte de materia orgánica a los suelos, que redundan en una recuperación de características tales como la mejora de la estructura del suelo, mejor porosidad, mejor capacidad de retención de agua y nutrientes, todo lo cual redundan en aumento de productividad.

**Justificación económica:** Se mencionan los posibles retornos económicos resultantes de la aplicación de las tecnologías, en base a reducción de consumos de combustibles fósiles o de energía eléctrica, o a menor consumo de fertilizantes químicos, o en ciertos casos, a la obtención de productos de valor comercial para ciertos nichos de mercado, como enmiendas orgánicas o compost.

En una **próxima etapa dentro de esta Asistencia Técnica (Producto 4: Evaluación de la viabilidad de las tecnologías climáticas aplicables en los establecimientos productores de leche (tambos) y su sostenibilidad)** se presentará un **análisis en profundidad** de la evaluación de las tecnologías mencionadas, así como de las detectadas a nivel internacional, que se mencionan en el ítem VIII de este documento.

## **Casos de interés en Uruguay para el análisis técnico y económico del uso de residuos.**

En base a la revisión de documentos de diversa naturaleza disponibles en el país, y a las entrevistas (presenciales o virtuales) mantenidas con los referentes de los sectores, se han identificado una docena de casos de interés (por su trayectoria), a los cuales se está en proceso de visitar, con el objetivo de recoger datos técnicos y económicos que sirvan para valorar su potencial contribución al manejo circular de los residuos en un escenario de difusión de su utilización. No se ha logrado identificar ningún proyecto en el sector de producción de porcinos.

En una próxima etapa dentro de esta Asistencia Técnica (Entregable 4.3 Revisión de experiencias piloto con replicabilidad en tambos de Uruguay) se presentarán los resultados de la revisión en profundidad de las principales experiencias piloto con mayor potencial de replicabilidad entre las identificadas en la tabla anterior.

Lo mismos se muestra de manera simplificada en la tabla siguiente (Tabla 8).

Tabla 8. Casos de interés en Uruguay para el análisis técnico y económico del uso de residuos

Caso	Referente	Descripción	Comentarios
Rincón de Albano	Pablo Pérez	Tambo de más de 500 VO con separador de sólidos, biodigestor (origen: Brasil), y reciclo de efluente para lavado de corral de espera y patio de alimentación. El biogás se usa para generación eléctrica. Hace compost con los sólidos del separador.	Proyecto demostrativo apoyado técnica y económicamente por BIOVALOR, que realizó posteriormente un detallado informe de evaluación del proyecto. Se lo considera un caso exitoso, a tomar como línea de base.
10 proyectos de biodigestores en el marco de de la convocatoria realizada en 2017 por el MGAP “Manejo sostenible de la producción lechera dentro de la cuenca del Río Santa Lucía”	Ing. Agr. Nancy Montesdeoca (DGDR, MGAP)	Biodigestores tipo “bolsón” (origen: Colombia/ México) para tambos menos de 50 VO, incluyendo remitentes y queseros. El biogás se destina a calentamiento de agua mediante calefones a biogás, o uso en quemadores en la quesería (sustituyendo GLP). Estaba previsto aplicar al terreno el efluente del biodigestor.	El proveedor original de la tecnología era la misma empresa del caso de Rincón Blanco, aunque con otro diseño de biodigestores. La empresa puso en funcionamiento 1 biodigestor y no pudo cumplir con completar la instalación y puesta en marcha de los restantes. Posteriormente otra empresa se hizo cargo de la representación e instalación de los mismos. Se considera de interés visitar algún caso, en particular un productor quesero cercano a San José, que usa el biogás para calentamiento.
Estancias del Lago	Ing. Marcos Cardozo	Megatambo estabulado, con 8 biodigestores del tipo “tanque agitado” (origen: Alemania) para procesar las excretas vacunas y algunos residuos de la planta de leche en polvo. Usan el biogás como combustible en la industria, y también para generación de energía eléctrica. El efluente de los biodigestores lo aplican a cultivos (circularidad de nutrientes).	Es de interés conocer un caso que aplica tecnología de punta de biodigestión, que podría ser aplicable al caso de una planta centralizada de biodigestión (residuos de industria + excretas de tambos).
Granmolino	Ing. Agr. Pablo Jiménez de Aréchaga / Téc.Agr. Miguel Jiménez de Aréchaga	Tambo ovino estabulado (aprox 4000 ovejas Frisona Milchscaf) y quesería. Biodigestor tipo “tanque agitado” (origen: Brasil / Alemania). Procesan las excretas de las ovejas, efluente de la quesería y otros residuos. El efluente del biodigestor se aplica a riego de cultivos (circularidad de nutrientes). El biogás se usa para generación de energía eléctrica.	Tecnología del mismo tipo que en Estancias del Lago, pero en una versión de menor tamaño y grado de sofisticación, pero que puede ser de interés para tambos vacunos de más de 500 VO.
Lanas Trinidad	Ing. Quím. Marcelo Capeci / Ing. Quím. Alberto Hernández	Biodigestor del tipo “laguna cubierta” para procesar efluente de lavadero de lanas, y efluentes de terceras partes: industria de bebidas, residuos lácteos. El biogás se emplea en generación de energía eléctrica. El efluente del biodigestor se aplica a riego de forestación	El proyecto fue apoyado por ANII y el BROU. Consistió en la modificación de una laguna anaerobia existente, en un biodigestor, con calentamiento, distribuidores de flujo y captura y uso del biogás. Se considera que puede ser una tecnología replicable al caso de tambos que ya cuenten con lagunas anaerobias.

Tabla 8. Casos de interés en Uruguay para el análisis técnico y económico del uso de residuos

Caso	Referente	Descripción	Comentarios
		(eucaliptos) con destino a leña (circularidad de nutrientes).	
Proyecto CTAgua – INALE “Evaluación a nivel predial de la disminución de aportes de nutrientes (fósforo y nitrógeno) a los recursos hídricos mediante tecnologías de aplicación a terreno de efluentes de tambo (circularización productiva de nutrientes).”	Ing. Agr. Ernesto Triñanes	Proyecto interinstitucional coordinado por INALE, que nuclea a FAGRO, FING (IMFIA), FVET, MGAP, MA, SPLF. Se realiza una evaluación de 10 tambos que realizan circularización de agua y/o nutrientes (uno de ellos es Rincón de Albano). Entre otros aspectos, se evalúa la Huella de Carbono y la Huella Hídrica de los establecimientos.	Se considera que puede ser de interés mutuo para INALE y para esta Asistencia Técnica poder establecer un diálogo técnico e intercambio de información sobre el tema.
La Magdalena	Ing. Agr. Edgardo Cardozo	Sistema de Engorde a Corral de bovinos sobre piso de hormigón, con piletas de acumulación.	Distribución en campo de sólido y líquido, con balance de nutrientes
4 tambos “de la Academia”	FAGRO / FVET / INIA / UTU-UTEC	Proyecto de Circularidad de nutrientes en tambos de institutos de enseñanza o investigación, cofinanciado por BIOVALOR.	Diferentes tecnologías de separación de sólidos y aplicación de líquidos y sólidos a terreno. Existe abundante información analítica de los materiales aplicados, análisis de suelos, productividad de cultivos beneficiados, estimación de reducción de emisiones de GEI y de potencial de eutrofización.
Tambo San Marcos	Ing. Agr. Edgardo Cardozo	Barrido en seco/ Extrusora / Triple pileta / Aplicación a campo	Ejemplo de tambo comercial de más de 500 VO con la particularidad de realizar barrido en seco y bajo consumo de agua de limpieza.
Compostaje de camas avícolas	José Strazzarino Luis Menchaca Ing. Blas Melissari	Camas de pollos y gallinaza gestionadas conjuntamente con residuos de origen fundamentalmente industrial (frigoríficos de aves, carne y pesca)	Compost y lixiviados como productos comerciales

## Mejoras en Gestión de Residuos: Tecnologías con Mayor Potencial de Circularidad Relevadas a Nivel Internacional

Se realizó un relevamiento de tecnologías en uso a nivel internacional para la gestión de residuos de los sectores de interés, con énfasis en el sector lácteo y en las tecnologías ya validadas, de bajas emisiones y que prioricen la circularidad. Para esta etapa de la AT se contó con el apoyo del Dr. Stewart Ledgard, de AgResearch de Nueva Zelanda, y del Centro BETA (Biodiversitat, Ecología, Tecnología Ambiental i Alimentaria), vinculado a la Universitat de Vic / Universitat Central de Catalunya, España. En ambos casos, se priorizó la identificación de modelos de gestión que estén en funcionamiento y que sean exitosos. Más allá de ello, también se recibió información sobre: a) modelos de gestión recientemente ajustados que estén en etapas de Transferencia Tecnológica; b) modelos en las etapas finales de investigación aplicada (listos para pasar a Transferencia Tecnológica); c) casos no exitosos, pero con lecciones aprendidas importantes; d) Publicaciones de análisis financiero – económico de las anteriores, o de Políticas Públicas que hayan sido clave para la adopción de los modelos de gestión (si estuvieran disponibles).

Se presenta a continuación el listado de las Mejores Técnicas Disponibles a nivel de España para reducir las emisiones de amoníaco y de GEI en el sector lácteo, en las etapas de: almacenamiento y procesado de las deyecciones, y durante la valorización agronómica.

Tabla 9. Mejores Técnicas Disponibles a nivel de España para reducir las emisiones de amoníaco y de GEI en el sector lácteo

MTD	Técnica a aplicar (individual o en combinación)
Reducir las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero a la atmósfera, procedentes del almacenamiento de las deyecciones sólidas (estiércol). <sup>5</sup>	Cubrir los montones de estiércol sólido y recoger los lixiviados
	Almacenar el estiércol sólido en un cobertizo <sup>6</sup>
Reducir las emisiones de amoníaco a la atmósfera procedentes de las balsas de almacenamiento de deyecciones líquidas (purines). La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:	Cubiertas fijas para balsas de purines
	Cubiertas flotantes para balsas de purines
	Formación de costra natural
Reducir las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero a la atmósfera, procedentes del almacenamiento de las deyecciones sólidas y líquidas mediante la adición de sustancias químicas o productos microbianos	Ejemplos:
	Adición de sulfato de hierro Ajuste de pH para evitar desprendimiento de NH <sub>3</sub>
Tratamiento in situ de las deyecciones ganaderas con técnicas consolidadas. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:	Separación mecánica de los purines
	Compostaje del estiércol
	Digestión anaerobia de purines y estiércol
	Secado solar de purines y estiércol

<sup>5</sup> La reducción de las emisiones de NH<sub>3</sub> y de N<sub>2</sub>O se produce como consecuencia de impedir el contacto directo entre el estiércol y el aire, y por la reducción de la temperatura del estiércol al evitar la incidencia directa de la radiación solar durante el período de almacenamiento.

<sup>6</sup> Almacenamiento del estiércol: la reducción de NH<sub>3</sub> se basa en uno o más de los siguientes principios: (a) la disminución del área de la superficie en la que se puedan producir emisiones, p. e., cubrir el estiércol almacenado, favorecer la formación de costra e incrementar la profundidad de los almacenamientos; (b) la disminución del poder contaminante original de la superficie emisora, p. e., reduciendo el pH y la concentración de amonio (NH<sub>4</sub>); y (c) la minimización de cualquier alteración, como la aireación.

Tabla 9. Mejores Técnicas Disponibles a nivel de España para reducir las emisiones de amoníaco y de GEI en el sector lácteo

MTD	Técnica a aplicar (individual o en combinación)
Implementar sistemas de aplicación agronómica que eviten las emisiones al suelo, al agua, y a la atmósfera de nitrógeno, fósforo, gases de efecto invernadero, y microorganismos patógenos. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:	Eliminación de nitrógeno por nitrificación-desnitrificación (Si bien se aclara que es una tecnología no apta para nuevas granjas o la ampliación de existentes).
	Tratamientos innovadores de las deyecciones ganaderas ( <i>Técnicas emergentes, en evaluación</i> )
	Aplicación de purines diluidos mediante el riego
	Aplicación de los purines esparciéndolo en bandas
	Inyección de los purines al suelo
	Incorporación directa de las deyecciones sólidas y líquidas tras su aplicación
	Acidificación de los purines previa a su aplicación
Implementar prácticas agronómicas más sostenibles en el manejo de los cultivos fertilizados con deyecciones ganaderas. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:	Mejorar el pH del suelo
	Establecer planes de fertilización
	Uso de fertilizantes orgánicos frente a fertilizantes inorgánicos o de síntesis
	Uso de técnicas de no/mínimo laboreo
	Preservar las superficies de pastoreo/pastoreo rotacional
Elaboración de fertilizantes de la categoría RENURE (REcovered Nitrogen from manURE) ( <i>Técnica emergente, en evaluación</i> )	
Sembrar cultivos captadores para recuperar nutrientes excedentarios del suelo ( <i>Técnica emergente, en evaluación</i> )	

Como surge de la observación de la tabla anterior, varias de estas MTD están recomendadas o son de uso en Uruguay para la gestión de los efluentes (“purines”) de los tambos o de las excretas sólidas (“deyecciones”).

Por otra parte, se puede **analizar la viabilidad de considerar el concepto de biorrefinerías** aplicado al estiércol. El concepto de biorrefinerías se ha desarrollado, entre otros casos, para la industria de celulosa, buscando recuperar materiales valiosos a partir de residuos y efluentes. Esa visión se ha aplicado a otras industrias, como por ejemplo a las lácteas, para las que se ha estudiado la fabricación de plásticos biodegradables a partir del ácido láctico presente en los efluentes. Según indican los integrantes del centro de investigación BETA, este concepto se está utilizando en los últimos años en el caso de plantas de tratamiento que, a partir de un material orgánico, en este caso deyecciones ganaderas, generan distintos productos con valor añadido y comercializables. Un ejemplo es la planta piloto del proyecto **Fertimanure** que lidera el Centro Tecnológico Beta. Se puede consultar la siguiente página web: <https://www.lavanguardia.com/vida/20220121/8003486/cataluna-pone-marcha-biorrefineria-valoriza-deyecciones-ganaderas.html>

Desde la experiencia del Centro Beta, se presenta información – comentarios relativos a las experiencias de gestión concentrada de residuos, específicamente desde distintas perspectivas:

A) Donde los costos (económicos – financieros) se constituían en limitantes para la implementación:

- ▲ **Planta de compostaje de Alcarràs.** Con cofinanciación privada de los ganaderos. Actualmente están valorando aplicar para ayudas de financiación de los fondos europeos Next Generation UE para poder mejorar las instalaciones. Concretamente una línea de ayuda publicada recientemente por parte del Gobierno español con fondos europeos: Proyectos de Orden por la que se aprueban las bases reguladoras y programas de incentivos para la concesión de ayudas a proyectos singulares de instalaciones de biogás, en el marco del PRTR y de Resolución para una primera convocatoria. El gobierno autonómico también cofinanció la inversión inicial para la construcción de esta planta.
- ▲ **Planta de biogás de Valderrobles.** En esta planta el Gobierno de la Comunidad Autónoma de Aragón financio el 100% de la inversión (8M€) y posteriormente ha abierto un concurso público (concesión de carácter gratuito). Se prevé que la planta esté operativa en septiembre de este año.
- ▲ **Granja de vacas de leche Torre Santamaria.** La inversión de esta planta, ubicada en una granja de vacas de leche pero que gestiona tanto las deyecciones ganaderas de la propia granja como otros residuos externos, fue principalmente de capital externo. Concretamente de la empresa energética de otro país (Suiza) que le compra el biometano generado
- ▲ **Plantas de cogeneración de la empresa Capwatt.** Ayudas económicas para las plantas de tratamiento de purines. El modelo de estas plantas es la cogeneración térmica y eléctrica mediante la combustión de gas natural. El calor producido se utiliza para secar los purines. Plantas existentes en territorios con alta densidad ganadera pero el Gobierno Español no tiene la voluntad de continuar financiando estas plantas si estas continúan consumiendo gas natural. La solución sería que estas plantas generaran y consumieran 100% de biogás.

B) Donde factores culturales y/o socioeconómicos se constituyeron en limitantes<sup>7</sup>

- ▲ **Planta de compostaje de Alcarràs.** Les costó aproximadamente 14 años ponerse de acuerdo los 150 ganaderos propietarios y usuarios de la planta de compostaje. Básicamente, el factor que hizo avanzar este proyecto fue el disponer de unas subvenciones del Gobierno autonómico para poder cubrir parte de la inversión inicial y definir el modelo de gobernanza. Los inversores/propietarios de las plantas son 150 familias ganaderas. La inversión/participación económica para la construcción de la planta fue variable, en función de las toneladas a gestionar, para cada familia. Los socios eligen 7 personas que conforman la junta y esta toma las decisiones. Cuando se debe tomar una decisión importante se convoca una Asamblea General donde se invita a todos los socios. Cada socio un voto. Otros ganaderos pueden traer las deyecciones a la planta, pero en este caso el ganadero debe pagar el servicio.
- ▲ **Plantas de cogeneración de la empresa Capwatt.** Un problema de las plantas colectivas de las que los propios ganaderos no son los propietarios (como es este caso) es que no pueden participar en la toma de decisiones de la empresa. Esto provoca situaciones de conflictos de interés debido a que la empresa gestora y propietaria de la planta, prioriza los beneficios económicos y la toma de decisiones puede poner en riesgo la gestión sostenible de las deyecciones.
- ▲ **Planta de biogás de Valderrobles.** Es un caso de éxito de un consorcio de empresas: La empresa ganadera (cooperativa de ganaderos) + Gestor de residuos + Empresa valorizadora. La planta de tratamiento fue construida con fondos del gobierno de Aragón y fue puesta en marcha por medio del procedimiento público de licitación y la concesión realizada por el Instituto Aragonés del Agua (IAA), con unos condicionantes de operación determinadas (mínimo de un 50% del material a tratar debe ser purín, prioridad de las granjas a 7,5 km, etc.). El consorcio BioSelval Gestión Medioambiental está participado por grupos empresariales que representan a cada una de las etapas de la cadena de valor de residuos. El consorcio está integrado por el Grupo Arcoiris, Selev Biogroup y Genia Bioenergy, tres empresas líderes en sus ámbitos de actuación que se unen para complementarse y así lograr un modelo de negocio que auna la gestión sostenible de purines, la valorización de biorresiduos y la producción de biogás y biometano. En concreto, es la primera vez que se unen empresas productoras de biorresiduos (Grupo Arcoiris, referente en el sector ganadero) con un grupo empresarial especializado en su gestión (Selev Biogroup, expertos en sostenibilidad y líderes

<sup>7</sup> Se trata de proyectos conjuntos de ganaderos asociados y consorcios de empresas.

en la gestión integral de bioresiduos) y con una empresa especializada en valorizar los residuos mediante su conversión en gases renovables (Genia Bioenergy). Su objetivo es integrar los procesos de producción, de gestión y de valorización sostenible de los biorresiduos de toda la comarca dentro de un modelo de ciclo de economía circular en la actividad agropecuaria de Matarranya. Se propone un coste de 3€/m<sup>3</sup> de purín, priorizando las granjas a un radio de 7,5 km, respecto al resto de las granjas. Y se establecerá un precio de entrada según la tipología de material orgánico. En cuanto al digerido, se realiza una separación sólido-líquido, la fracción sólida se puede aplicar a campo y la fracción líquida se va a tratar con un sistema de nitrificación-desnitrificación para poder utilizarse posteriormente como agua de riego.

- ▲ **En la comarca de Osona algunos de los factores limitantes han sido:** legales (ej. Legislación muy restrictiva para la ubicación, especialmente distancia entre la planta y las granjas), de inversión inicial y retorno de la inversión, de la coordinación entre actores (la Mesa para la Gestión Sostenible de la Ganadería a Osona está coordinando a estos actores para impulsar un proyecto de una planta colectiva de tratamiento de purines en que los ganaderos sean los propietarios).

Una sentencia en junio de 2006 por las ilegalidades urbanísticas llevó a ordenar la demolición de esta planta. Concretamente, la planta solo tenía 36.000 metros cuadrados de los 45.000 necesarios para la parcelación de fincas rústicas y estaba a menos de 2.000 metros del núcleo de población más cercano. La orden de derribo encendió alarmas debido a que la comarca tiene un excedente importante de purines y su cese podría afectar gravemente la continuidad de 140 granjas usuarias. Sin embargo, en 2010 el Tribunal Superior de Justicia de Catalunya dictaminó que el equipamiento ya no incurre en estas ilegalidades. En caso de haberse ejecutado la resolución judicial, el grupo Guascor, propietario de la planta, podría haber reclamado la suma de 12 millones de euros al ayuntamiento.

En concreto, la RD 306/2020 (Artículo 7 y Anexo 5) establece la distancia entre granjas porcinas y plantas colectivas de tratamiento de purín de 500 metros (Normativa del país). El Decreto 40/2014 establece la distancia entre plantas de tratamiento de deyecciones ganaderas y granjas del resto de especies, la distancia puede variar entre 100 y 500 metros (Normativa autonómica de Catalunya). A nivel europeo hay otros países como por ejemplo Dinamarca que no existe una distancia mínima entre granjas y plantas colectivas de tratamiento de deyecciones ganaderas.

- ▲ **Las plantas de compostaje pueden ser un problema social** debido a los olores que pueden generar a las poblaciones cercanas y también en referencia a las emisiones de GEI y amoníaco. Siempre que sea posible, es necesario poder considerar opciones de tratamiento de emisiones gaseosas. Hay distintas estrategias para reducir los males olores, pero una opción es la instalación de una planta de biogás previa al compostaje de estas deyecciones junto con otros residuos orgánicos.

### C) Identificación de barreras de otro tipo que afectaron el éxito /fracaso en la implementación de procesos de gestión concentrada – valorización y generación de nuevos productos

La falta de interés de los ganaderos en invertir en estas plantas. Entre otras cosas se podría justificar debido a una legislación laxa en cuanto a la correcta gestión de las deyecciones.

La negociación con otras entidades inversoras no siempre es fácil.

Una legislación muy restrictiva para garantizar la bioseguridad de las granjas que no permite encontrar ubicaciones en zonas con alta densidad ganadera.

Falta de una entidad que coordine y asesore a los distintos actores (ganaderos, empresas promotoras de plantas, administración pública) para promover un proyecto de una planta de tratamiento. Se hacen imprescindibles la existencia de actores que sean facilitadores y dinamizadores de estas iniciativas, consensuado objetivos e intereses y definiendo modelos de gobernanza adecuados que sean aceptados por todas las partes implicadas.

Trámites administrativos: complejidad de todos los trámites con las administraciones públicas competentes.

Una de las principales barreras es la de la definición de un modelo de negocio que haga viable a largo plazo la gestión sostenible de las deyecciones ganaderas. Es decir, la valorización de las deyecciones implica en la mayoría de las

ocasiones la necesidad de recuperar y valorizar los nutrientes contenidos en éstas. En este sentido, se hace necesario encontrar un buen modelo de negocio que permita la aplicación posterior de estos nutrientes y si es posible, en un contexto que considere de manera adecuada el valor añadido que estos productos recuperados puedan tener.

**D) Viabilización de alternativas tecnológicas (concentración / nuevos productos) que eran viables del punto de vista tecnológico y medioambiental, pero que presentaban limitaciones económicas y financieras para su implementación**

La producción de biogás y concretamente de biometano no siempre ha sido viable económicamente, pero debido a la subida de los precios de los combustibles fósiles y al conflicto geopolítico entre Rusia y Ucrania ha generado una situación favorable para ese tipo de productos, por lo menos en contexto europeo. La situación de postpandemia de la COVID-19 juntamente con el contexto anteriormente citado ha llevado a políticas de recuperación económica, pero con el compromiso de una transformación verde y digital. Estas políticas encajan perfectamente con la promoción de plantas de biogás y biometano, en este sentido, existen distintas líneas de ayudas para la financiación de este tipo de infraestructuras en el marco del *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno Español* financiado con fondos europeos. El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia es un proyecto que traza la hoja de ruta para la modernización de la economía española, la recuperación del crecimiento económico y la creación de empleo, para la reconstrucción económica sólida, inclusiva y resiliente tras la crisis de la COVID, y para responder a los retos de la próxima década. El Plan comporta un importante volumen de inversión pública y privada en los próximos años con los fondos del Plan Next Generation EU, por lo cuales se estima obtener hasta 140.000 millones. A su vez, la canalización de dichos fondos se efectúa a través de los instrumentos principales de los que consta el Fondo de Recuperación Europeo: el Mecanismo para la Recuperación y la Resiliencia y REACT-EU. Entre las 10 políticas palanca de reforma estructural se encuentran una transición energética justa e inclusiva, en la cual se ha desarrollado la hoja de ruta del biogás para favorecer la valorización de residuos para la obtención del biogás sostenible para generación eléctrica, usos térmicos y de movilidad. Primera convocatoria del Programa de ayudas a proyectos singulares de instalaciones de biogás es de 150 millones de euros. La convocatoria está abierta entre el 12 de septiembre y el 14 de octubre de 2022. Los proyectos se deberán finalizar antes del 31 de octubre de 2025. Régimen de concurrencia es competitiva, como subvención a fondo perdido. Los beneficiarios pueden realizar una actividad económica (Programa de incentivos 1) o no (Programa de incentivos 2). Serán subvencionables una o varias de las siguientes subvenciones:

- Instalaciones para la producción de biogás
- Instalaciones que produzcan calor/frío, generación de energía eléctrica, cogeneración a partir del biogás o depuración del biogás para obtener biometano
- Instalaciones para el tratamiento del digerido

El importe de la ayuda se establece en función de los costes subvencionables, del tipo de materia primera que se utilice y de la aplicación energética. Según el tamaño de las empresas el porcentaje de ayuda puede incrementar. Para las medianas empresas será de un 5%, para las pequeñas de un 10%. I para proyectos ubicados en zonas de reto demográfico será del 5%. En ningún caso se podrán superar los 15 millones de euros para el mismo proyecto y la misma empresa.

Mas información está disponible en: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/programa-de-incentivos-proyectos-singulares-de-instalaciones-de-biogas>

El purín, debido a su alto contenido en agua, es más difícil de valorizar. Por ello, actualmente resulta importante que el ganadero asuma un coste para su gestión. Si bien es verdad que, debido a la subida de precios de los fertilizantes de síntesis química su valorización ha aumentado recientemente.

Hay distintos motivos que pueden explicar que algunas estrategias de valorización de deyecciones no hayan acabado implementándose. Una de obvia es el coste de operación, pero muchos expertos coinciden que en ocasiones este no es el motivo principal. En este sentido, y en la línea de potenciar la bioeconomía circular, es necesario generar nuevas cadenas de valor y trabajar para potenciar determinados productos al mercado. En Cataluña, por ejemplo, hay determinados territorios con alta densidad ganadera, y por tanto con gran volumen de generación de deyecciones, y territorios deficitarios e importadores netos de fertilizantes. En este sentido es necesario trabajar para poder abastecer estos territorios con un modelo sostenible desde un punto de vista económico, pero también ambiental. Desde el territorio de Osona, con alta producción de deyecciones, estamos trabajando con distintas estrategias de valorización, juntamente con los agricultores (especialmente de viña) de los territorios de destino (como por ejemplo el Penedès):

- ▲ Dar a conocer las ventajas que suponen los fertilizantes orgánicos versus los inorgánicos, sobre todo a largo plazo y para aumentar la resiliencia al cambio climático.
- ▲ Poder ofrecer evidencias técnicas y científicas, que, con el tratamiento adecuado, las deyecciones de ganadería intensiva pueden cumplir los requisitos para ser fertilizantes para la producción ecológica.

- ▲ Generar productos que cumplan con las necesidades de los agricultores: fácil aplicación, fertilizantes orgánicos hechos a medida al cultivo de destino (Tailor Made Fertilizers) mediante la formulación a partir de distintas materias primas.

Por otra parte, en la Tabla 10 se presentan **otras técnicas disponibles**, que están siendo utilizadas en otros países con diferente nivel de avance.

A pesar de que el tema del Lombricompostaje está incorporado en las opciones tecnológicas de la matriz de tecnologías promisorias en Uruguay, los comentarios de varios de algunos de los actores al respecto van en la dirección de la "inexistencia de un mercado". En Esta dirección existen casos exitosos de modelos de negocio industrial de lombricompostaje (Colombia, Ecuador, España) y de integración de esta tecnología en Sistemas de Gestión Territorial de Cadenas de Valor Agroalimentarias Agroecológicas donde los criterios aplicados para su diseño han sido la disminución de pérdidas y la optimización del balance de flujos de materia y energía.

Como cierre de esta sección se presenta en forma separada el tema de los usos potenciales del **Biochar (Bio-carbón** en español) en la producción lechera. Si bien el estado de desarrollo de la misma presenta aún varios aspectos a profundizar, en los últimos años los estudios y revisiones realizadas para el uso de este material han mostrado un enorme potencial de uso en varias de las instancias de la producción láctea y/o de las de gestión de efluentes y residuos.

Tabla 10. Otras tecnologías en uso, relacionadas con el tema

Tecnología	Descripción	Referencias
<p>ECOPOND - El sistema de tratamiento de efluentes EcoPond de Ravensdown elimina prácticamente todo el metano emitido por los estanques de efluentes y, como tecnología emergente de mitigación, ya está disponible</p>	<p>Tecnología desarrollada por la Universidad de Lincoln en Nueva Zelanda, y comercializada a través de la empresa Ravensdown. Consiste en el agregado controlado de sulfato poli férrico en las lagunas de acumulación de efluente. Inhibe a las metanogénicas, precipita los sulfuros. Se afirma que también reduce la presencia de <i>E. Coli</i> y la posibilidad de lixiviación de fosfatos.</p>	<p><a href="http://www.ravensdown.co.nz/products/ecopond">www.ravensdown.co.nz/products/ecopond</a></p>
<p>CIRCULAR AGRONOMICS - El objetivo general de Circular Agronomics es facilitar un desarrollo hacia economías inteligentes, sostenibles, resilientes e inclusivas que sean parte de sociedades circulares y sin desperdicio.</p> <p>Se centra en 4 objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Aumentar la comprensión de los flujos de C, N, P y el potencial relacionado para reducir los impactos ambientales a nivel de finca y regional bajo diferentes condiciones biogeográficas</li> <li>▲ Cerrar ciclos dentro de la agricultura en tierras de cultivo, desde la ganadería hasta la agricultura en tierras de cultivo y aumentar la reutilización de desechos/aguas residuales de la industria alimentaria para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes</li> <li>▲ Destacar el rendimiento de diferentes prototipos de sistemas agroecológicos y aumentar la sostenibilidad de la producción de alimentos en la UE</li> </ul> <p>Contribuir a la mejora de las Políticas Agrícolas Europeas proporcionando recomendaciones basadas en evidencia, dirigidas por agricultores y relevantes para el consumidor para la cadena agroalimentaria.</p>	<p>En su conjunto, el proyecto propone una amplia gama de medidas para mejorar los flujos de nutrientes y carbono en la UE, entre las que se incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Producción de nuevas enmiendas orgánicas para el suelo a partir de subproductos agrícolas e industriales para desacoplar las corrientes de C, N y P y facilitar el secuestro de C en el suelo, reduciendo las pérdidas de N y P y las emisiones de GEI, y mejorando la eficiencia del uso de N y P.</li> <li>▲ Investigación de las prácticas de gestión de tierras de cultivo y pastizales para optimizar el ciclo de nutrientes N&amp;P y minimizar las pérdidas, incluida la agricultura de precisión, la labranza de conservación, la rotación de cultivos, la estimulación de la biodiversidad, las estrategias de aplicación de fertilizantes, los genotipos de plantas para una mayor eficiencia en el uso de nutrientes, la gestión de residuos agrícolas y la fertirrigación.</li> <li>▲ Gestión del ganado para minimizar las emisiones de GEI y optimizar las características del estiércol, incluidas las estrategias de alimentación y los aditivos para piensos.</li> <li>▲ Múltiples <b>técnicas de valorización de estiércol, digestato y residuos de alimentos para la recuperación de fertilizantes</b>, incluida la recuperación de N mediante extracción de amoníaco con desgasificación al vacío, recuperación de N como solución de sulfato de amonio, co-digestión, separación S/L, postratamiento de la fracción líquida, secado solar y térmico de sólidos, adición de fitasa a desechos sólidos de alimentos o aguas residuales de alimentos para aumentar la fracción de fosfato soluble, agotamiento de P de desechos de alimentos/aguas residuales y recuperación como estruvita</li> </ul> <p>Tratamiento de aguas residuales de la industria alimentaria para la recuperación de compuestos ricos en C (celulosa, lignina y proteínas) para su reutilización en granjas, hacia la economía circular</p>	<p><a href="http://www.circularagronomics.eu">www.circularagronomics.eu</a></p>

Tabla 10. Otras tecnologías en uso, relacionadas con el tema

Tecnología	Descripción	Referencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Industrias de Producción de Humus y Bioles: Gestión concentrada de residuos en zonas lecheras, ganaderas generando dos líneas de productos (Colombia; Ecuador; España)</li> <li>▲ Cadenas de Valor Agroalimentarias Territoriales, con articulación de unidades productivas que integran la producción de frutas, hortalizas, ganado menor, bovinos de leche y de carne. Reutilización de los residuos de la ganadería (mayor y menor) en producción de lombricomposta con sistemas de humidificación automatizada (solar), y utilización del humus y lixiviados dentro de sistemas de producción vegetal y animal de manejo agroecológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Modelos de negocio con estudios de factibilidad técnica, económica y de mercado. Básicamente desarrollados en zonas de concentración actividades productivas con ganado mayor (carne y leche); equinos; ovejas; cabras; y cerdos.</li> <li>▲ Sistema productivo que tiene sus bases en la ocurrencia de la crisis alimentaria sufrida por Cuba luego de la caída de la Unión Soviética donde se desplomó el sistema de producción del país (diciembre, 1991). Modelo que ha ido evolucionando en varios países (Colombia, Brasil, Ecuador, Cuba) a partir de la concepción de agroecología de Altieri (1999) y que en su proceso de transición – evolución ha ido incorporando integralmente paquetes de medidas diseñadas para asegurar la gestión territorial proactiva (con los actores locales) ante los impactos potenciales del Cambio Climático, la circularidad en la gestión de los flujos de materia y energía (desde las cadenas de valor) dentro de los sistemas territoriales de producción alimentaria.</li> </ul>	<p><a href="https://www.elperiodicoextremadura.com/extremadura-agraria/2022/05/12/vermicultura-economia-circular-cien-cien-65918636.html">https://www.elperiodicoextremadura.com/extremadura-agraria/2022/05/12/vermicultura-economia-circular-cien-cien-65918636.html</a></p> <p><a href="https://bonga.unismon.edu.com/bitstream/handle/20.500.12.442/9325/Estudio_Mercado_Uso_Fertilizante_Humus_Lombriz_Resumen.pdf?sequence=2">https://bonga.unismon.edu.com/bitstream/handle/20.500.12.442/9325/Estudio_Mercado_Uso_Fertilizante_Humus_Lombriz_Resumen.pdf?sequence=2</a></p> <p><b>Altieri, M.A. 1999.</b> Applying agroecology to enhance productivity of peasant farming systems in Latin America. <i>Environment, Development and Sustainability</i>, 1, 197–217.</p> <p><b>Altieri, M. &amp; V.M. Toledo. 2011.</b> The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. <i>The Journal of Peasant Studies</i> Vol. 38, No. 3, July 2011, 587–612. T</p> <p><b>Vázquez, L.; Fuentes, A; Rodríguez, Y &amp; Frommel, M (2020)</b> Gestión Medioambiental Sostenible en Sistemas Agroalimentarios Territoriales: Sistematización de Experiencias en cinco Municipios de la Región Occidental de Cuba. Care – Oxfam Canadá – Inst. Suelos – Global Affairs Canadá. 58p.</p>

## Biochar o Bio-carbón

El **Biochar o Bio-carbón** se define como un material rico en carbono producido durante el proceso de pirólisis el cual implica la descomposición termoquímica de la biomasa con una temperatura de aproximadamente  $\leq 600^{\circ}\text{C}$  en ausencia o suministro limitado de oxígeno. Una diferencia importante entre el carbón vegetal y el bio-carbón es la temperatura a la que se fabrica. El carbón vegetal se produce a aproximadamente 400 grados centígrados, mientras que el bio-carbón se produce entre 600 y 1000 grados centígrados.

El **Bio-carbón** puede ser utilizado como producto en sí mismo o como ingrediente dentro de un producto mezclado, para mejorar las propiedades del suelo y/o la eficiencia del uso de los recursos, para remediar y/o proteger contra la contaminación ambiental y como una vía para la mitigación de GEI (IBI, 2018). El Bio-carbón también ofrece la posibilidad de secuestro de carbono a gran escala, lo que puede generar mayores ingresos para los agricultores de todo tipo a medida que los mercados de carbono comienzan a adoptar al “biochar” como un producto de eliminación de carbono.

Se presenta la revisión de algunas formas en que el Bio-carbón se está incorporando o podría incorporarse en las granjas lecheras para mejorar los impactos económicos y ambientales generales. Se consideran diferentes puntos de entrada para el Bio-carbón, desde su uso como aditivo para piensos, hasta el componente de almacenamiento de piensos, el aditivo para camas o el componente de gestión del estiércol. Se presenta también información relativa a la conversión directa del estiércol en Bio-carbón como una estrategia de manejo del estiércol que podría reducir los costos de almacenamiento y las emisiones de GEI.

El uso en cascada de **Bio-carbón** en la cría de animales incluye, pero no se limita a: i) Agente de ensilaje, ii) Aditivo/suplemento para piensos, iii) Aditivo para camas, iv) Tratamiento de purines, v) compostaje y gestión del estiércol, y iv) tratamientos de aguas. Comentaremos brevemente los beneficios del uso de Bio-carbón originado a partir de biomasa vegetal, y de las excretas de bovinos de leche y carne.

### Usos y beneficios potenciales del uso de Bio-carbón en producción lechera:

En la siguiente Tabla 11 se presentan los beneficios resultantes de diferentes usos de Bio-carbón generado a partir de biomasa vegetal y a partir de las propias excretas de bovinos.

Tabla 11. Bio-carbón: usos y beneficios en la producción lechera

Origen del Bio-carbón	Usos Potenciales	Beneficios	Referencias
Biomasa vegetal	Aditivo para piensos	Mejora la salud animal, aumento de la eficiencia de la alimentación y una atmósfera más saludable para los animales, reducción de las pérdidas de nutrientes y emisiones de gases de efecto invernadero, y una vez que se aplica el estiércol a los suelos, mayor contenido de materia orgánica y fertilidad del suelo. Reducción de emisiones de metano entérico; mejora general del estado sanitario de los animales.	Schmidt et al., 2019; Lang et al., 2015; Winders et al., 2019; IBI 2018;
	Almacenamiento de alimentos	Durante el proceso de maduración del ensilado en algunos sistemas, el N, P y K del lixiviado pueden contaminar las aguas subterráneas o los cuerpos de agua cercanos. Si bien el lixiviado se puede agregar a las instalaciones de almacenamiento de estiércol, esto puede producir H <sub>2</sub> S. El agregado de 2,5 % (p/p) de bio-carbón de mazorca de maíz a 15 cm de profundidad en franjas de filtro con	Sandford et al., 2020;

Tabla 11. Bio-carbón: usos y beneficios en la producción lechera

Origen del Bio-carbón	Usos Potenciales	Beneficios	Referencias
		vegetación que rodean los silos se reduce el afluente de nitrógeno total acumulativo (TN) en un 64 %, con relación a las fajas vegetales solas.	
	Aditivo para las camas animales	El uso de bio-carbón como componente de las camas animales genera varios beneficios, como la reducción de olores, el secado y la mejora de la salud de las pezuñas.	DuPont et al., 2012
	Manejo de las excretas	En el caso de excretas de bovinos con 30-40% de humedad, se puede lograr una reducción del 75-80% de la masa total.	Draper, 2020
	Aplicación de excretas a suelos, pasturas	El agregado de bio-carbón de virutas de madera pirolizadas a 650 °C durante 4,5 horas redujo significativamente el N <sub>2</sub> O, el NH <sub>3</sub> , y el CO <sub>2</sub> generado (63 %, 72 % y 84 % respectivamente) disminuyendo el potencial de calentamiento de la aplicación de estiércol de ganado lechero en la tierra.	Forster et al., 2007
	Compostaje	El compostaje, agregando hasta un 10 % de bio-carbón por peso seco con estiércol u otro material orgánico puede: i) aumentar la retención de nutrientes; ii) reducir las emisiones de NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O y metano (CH <sub>4</sub> ), iii) reducir la biodisponibilidad de metales pesados (por ejemplo, Cu, Cd y Zn, iv) mejorar la gestión del agua, la aireación y la reducción de olores, y v) mejorar el proceso de compostaje.	Sánchez et al., 2018; Akdeniz 2019; Wang et al. 2013; Pandey et al. 2014, Chen et al. 2017
	Lodos / laguna	El bio-carbón utilizado como cubierta flotante en lodos o lagunas puede reducir significativamente las emisiones de NH <sub>3</sub> . El bio-carbón leñoso producido a partir del pirólisis a baja temperatura (400 °C) puede reducir las emisiones de NH <sub>3</sub> en un 96 % en comparación con un lodo sin o laguna sin aplicación	Holly et al. (2017)
	Digestión anaeróbica	Se encontró que el agregado 10 g L <sup>-1</sup> de bio-carbón elaborado a partir de estiércol lácteo pirolizado a 350 °C aumenta la producción de metano en un 25 % y reduce la fase de latencia de 2 días a 1,5 días. Otros beneficios incluyen: i) reducción sustancial de la producción de H <sub>2</sub> S que podría conducir a una mejor calidad del biogás, y ii) un menor desgaste de los equipos. Wang (2018) observó una reducción del 78 % de H <sub>2</sub> S utilizando bio-carbón de astillas de madera de álamo. Usando Bio-carbón con Fe adsorbido se logran remociones del 99% de H <sub>2</sub> S.	Jang et al. 2020; Chowdury & Lansing, 2019.

Tabla 11. Bio-carbón: usos y beneficios en la producción lechera

Origen del Bio-carbón	Usos Potenciales	Beneficios	Referencias
	Producción de energía	Un coproducto de la producción de bio-carbón es la energía en forma de calor de proceso, combustible líquido o gases combustibles que se pueden utilizar para suministrar calor o electricidad. Dependiendo de la tecnología utilizada, los coproductos adicionales de la pirólisis y/o gasificación pueden incluir gas de síntesis y bio-aceite además de bio-carbón y calor. Cuando se utilizan materiales con un alto contenido de humedad, como estiércol o aguas residuales para la producción de bio-carbón, este calor se utiliza para secar los materiales orgánicos antes de la carbonización.	Brown et al., 2015;
Excretas de Tambo	Fertilizante; Ajuste de pH	El contenido de carbono orgánico del biochar derivado del estiércol lechero fue del 43 %, con una vida por su elevada persistencia (50% MO 100 años vs 0 % en el estiércol original). Clase de Fertilizante del bio-carbón de estiércol lechero, (sistema de clasificación IBI), fue 3 en una escala de 0-4. La concentración de nutrientes en el bio-carbón podría ser de 2,6 veces mayor que en el estiércol sin procesar. Aumenta el P disponible y disminuye x 10 el P lixiviable y aumenta un 59% el K disponible con relación al estiércol crudo.	Enders et al., 2019;

La pirólisis ha sido reconocida por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) como una de las pocas tecnologías de emisión negativa (NET). Además, el Bio-carbón utilizado en los suelos se ha agregado recientemente a la lista de mecanismos del IPCC para que los países alcancen sus contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) o compromisos de reducción.

El uso de Bio-carbón puede ser una herramienta útil tanto para la adaptación a los impactos del cambio climático y reducción de las emisiones que contribuyen al cambio climático.

En el caso de la mitigación, un estudio que comparó ocho lecherías orgánicas con ocho lecherías convencionales en Alemania, donde una granja lechera orgánica emite en promedio 995 g por kg de leche con corrección energética (ECM) mientras que una granja convencional emite 1048 g por ECM (Frank et al. 2019). La mayor proporción de fuentes de emisión proviene del metano entérico, mientras que la mayor diferencia en las emisiones entre tambos convencionales y orgánicos está relacionada con el secuestro de carbono en el suelo. Los tambos orgánicos lograron una tasa de secuestro neto de -57 g CO<sub>2</sub>-eq (kg ECM)<sup>-1</sup> en tanto que los convencionales produjeron 82 g CO<sub>2</sub>-eq (kg ECM)<sup>-1</sup>. franco et al. (2019) concluyeron que los planes de reducción de GEI requieren estrategias específicas para las fincas basadas en las fuentes de emisión actuales.

## 3.2.2. Políticas, estrategias de participación y mejores prácticas de circularidad

En este punto se describen los marcos, herramientas desde lo macro – nacional, se incorpora a final de este punto la revisión del Marco Legal Nacional aplicable para el sector agropecuario en lo referente a aspectos de Género.

### Políticas e instrumentos a nivel macro y regional

A nivel internacional, diversos países ya han puesto en marcha acciones en materia de economía circular que, dadas las interconexiones de la economía mundial, tendrán repercusiones en la región. Por lo tanto, es urgente que cada país identifique las áreas y los sectores en los que se deben concentrar los esfuerzos para crear una estrategia de crecimiento sostenible adecuada.

En América Latina y el Caribe, la economía circular ofrece una oportunidad de desarrollo, tanto por la creación de nuevas actividades económicas vinculadas con la provisión de bienes y servicios ambientales, como por la transformación de las actividades económicas que ya existen para aumentar su eficiencia material y reducir su impacto ambiental.

Cuadro 1. Ejemplos de iniciativas de políticas para la economía circular en todo el mundo<sup>8</sup>

<b>América Latina y Caribe</b>	Siguiendo la UNEA <sup>9</sup> , se está desarrollando una coalición regional de gobiernos nacionales, instituciones internacionales y socios estratégicos, para compartir las mejores prácticas y acelerar la transición en todo el continente.
<b>América del Norte</b>	El gobierno canadiense ha encargado al Consejo Académico Canadiense que evalúe las oportunidades para encaminarse hacia una economía circular nacional; y el Comité Selecto de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos sobre la Crisis Climática ha recomendado el desarrollo de una hoja de ruta de la economía circular
<b>Europa</b>	El segundo Plan de Acción de Economía Circular 2020–24 de la Comisión Europea constituye un pilar central del Pacto Verde Europeo: una visión de crecimiento que coloca a la UE rumbo a convertirse en el primer continente climáticamente neutro. En paralelo, un número cada vez mayor de países europeos ha estado desarrollando estrategias nacionales complementarias, desde Finlandia, en el norte, en 2016; hasta España, en el sur, en 2020. Los Países Bajos se han marcado objetivos para que la economía del país se vuelva completamente circular para el 2050.
<b>África</b>	La Alianza Africana de Economía Circular está desarrollando una secretaría organizada por el Banco Africano de Desarrollo para generar la financiación para el desarrollo de acuerdo con los principios de la economía circular.
<b>Asia y Oceanía</b>	Varias iniciativas gubernamentales nacionales están integrando un enfoque de economía circular con objetivos de las políticas sobre la producción y el consumo sostenibles, así como el desarrollo económico y la mejora del bienestar. La economía circular también está llamando la atención en esta región, como respuesta ante los desafíos globales de la gestión de residuos, incluida la basura plástica marina.

La Fundación Ellen MacArthur (2021) estableció un conjunto de objetivos universales de políticas para la economía circular, que esperan lograr y alcanzar una dirección común y una solución sistémica. Los objetivos se enfocan en abordar las causas fundamentales de la economía lineal actual, y juntos proporcionan un marco para una dirección común. Las medidas políticas nacionales, de hecho, están vinculadas a un objetivo principal. Sin embargo, como los

<sup>8</sup> Ellen MacArthur Foundation, 2021. *Objetivos Universales para Políticas de Economía Circular*. <https://emf.thirdlight.com/link/5bli4i8yqOdv-1ovkaa/@/#id=1>

<sup>9</sup> United Nations Environment Assembly, *Innovative pathways to achieve Sustainable Consumption and Production Resolution (2019)*

sistemas están interconectados, pueden contribuir a la consecución de más de un objetivo. Los objetivos son relevantes para todos los sectores y cadenas de valor, y suponen un trampolín para el desarrollo de políticas específicas para cada contexto, incluso cuando atraviesan fronteras. Si bien los objetivos de políticas para la economía circular son universales, la transición deberá responder a las oportunidades, fortalezas y desafíos locales.

Cuadro 2. Objetivos universales de políticas para la economía circular<sup>10</sup>

Objetivo	Descripción	Ejemplos de políticas
<b>Objetivo 1 · Estimular el diseño para una economía circular</b>	Este objetivo se refiere a estimular la manifestación del diseño circular para bienes y servicios, y los modelos comerciales circulares que mantienen los materiales y bienes inorgánicos y orgánicos en uso y con el mayor valor posible. Las políticas de productos, las regulaciones para la construcción y <b>las políticas agrícolas, de uso de la tierra y alimentarias</b> ; junto con las orientaciones químicas, las normas internacionales y las oportunidades comerciales, pueden respaldar esta transición para garantizar que, aquello que se comercialice, se diseñe teniendo en cuenta los principios de la economía circular desde el principio. El núcleo de este objetivo, que se centra en las fases iniciales, es la prevención del desperdicio, a través de los métodos de diseño y producción, así como los modelos de negocio para la economía circular.	<b>Ejemplo:</b> La planificación del manejo de nutrientes permite a los agricultores hacer coincidir los aportes de nutrientes (incluidos los fertilizantes y abonos orgánicos) con la demanda de los cultivos, de modo que se optimice el rendimiento, se minimice el uso de nutrientes (ahorro en costos) y haya pérdidas mínimas para el medio ambiente.  European Commission, <b>“Farm to fork strategy: for a fair, healthy, and environmentally friendly food system”</b> (2020)
<b>Objetivo 2 · Gestionar recursos para preservar el valor</b>	Este objetivo crea los sistemas para la gestión de los recursos que ofrecen múltiples ciclos de economía circular, de tal manera que se preserve el valor de los bienes y materiales. <b>El enfoque cambia de la gestión de los residuos a la gestión de los recursos.</b> El énfasis se pone en extender el uso y el valor de los productos y materiales. Para el sistema alimentario, el Objetivo 2 también apoya la redistribución del excedente de alimentos comestibles y el valioso uso de los coproductos. Este objetivo incluye políticas que incentivan los sistemas de recolección, separación y clasificación que pueden respaldar la reutilización, el intercambio, la reparación y la remanufactura de productos, además de sistemas de reciclaje y tratamiento de alta calidad, como el <b>compostaje y la digestión anaeróbica.</b> Este objetivo apoya la creación de mercados de coproductos y materiales secundarios, y desincentiva la adopción de prácticas lineales de gestión de residuos por defecto.	Separar los residuos biológicos y alimentarios de los flujos de material seco es particularmente importante para evitar la contaminación de materiales no orgánicos y garantizar que los nutrientes orgánicos y el humus puedan capturarse como coproductos valiosos para su uso posterior.  C40 Cities Climate Leadership Group, <b>“How to manage food waste and organics on the path towards zero waste”</b> (2019)
<b>Objetivo 3 · Crear las condiciones económicas favorables para la transición</b>	El Objetivo 3 garantiza que las políticas y los sistemas adoptados en los dos primeros objetivos estén plenamente respaldados. El Objetivo 3 se centra en los marcos económicos, legislativos y regulatorios más amplios, importantes para crear las condiciones económicas favorables para la	Una revisión de los tratados de libre comercio (FTAs) de la UE en 2019 reveló que solo dos acuerdos mencionan explícitamente la economía circular  <b>Institute for European Environmental Policy, EU circular</b>

<sup>10</sup> Ellen MacArthur Foundation, 2021. *Objetivos Universales para Políticas de Economía Circular*. <https://emf.thirdlight.com/link/5bli4i8yq0dv-1ovkaa/@/#id=1>

Cuadro 2. Objetivos universales de políticas para la economía circular<sup>10</sup>

Objetivo	Descripción	Ejemplos de políticas
	<p>transición hacia la economía circular. Al alinear los impuestos, los subsidios, las ayudas estatales y los fondos gubernamentales, las políticas de competencia, laborales y comerciales, así como los requisitos de adquisición, divulgación y contabilidad con los principios de la economía circular, este objetivo puede permitir que las decisiones comerciales de la economía circular se conviertan en la norma en lugar de la excepción. Si no se coloca el foco de atención en el Objetivo 3, existe el riesgo de que los incentivos y los sistemas establecidos nunca puedan escalar de veras y, en el peor de los casos, estos pueden debilitarse involuntariamente.</p>	<p><b>economy and trade: improving policy coherence for sustainable development (2019)</b></p>
<p><b>Objetivo 4 · Invertir en innovación, infraestructura y competencias</b></p>	<p>Este Objetivo 4 se centra en las capacidades de las finanzas públicas que ayudan a dar escala a la economía circular aún más. La inversión pública puede financiar el desarrollo de infraestructura, innovaciones y habilidades directamente, y puede generar capital del sector privado para las oportunidades más difíciles de financiar. Las inversiones específicas en modelos comerciales transformadores, innovación de productos y materiales, así como en infraestructura física y digital, pueden ser fundamentales. Las inversiones en competencias crearán economías aptas para capitalizar nuevas oportunidades y apoyar una transición inclusiva.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Algunos gobiernos, como el de Finlandia, ya han incorporado la economía circular en la educación convencional y en los planes de estudios nacionales.</li> <li>▲ <b>Arizona State University, Resource innovation and solutions network.</b> Este Proyecto es un ejemplo de una Universidad pública que, con el apoyo de las inversiones del sector privado, creó un incubador para empresas basadas en economía circular</li> <li>▲ Proyecto <b>“Farms to Feed Us”</b> en el Reino Unido, que conecta a los agricultores con los compradores y ayuda a eliminar el desperdicio de alimentos comestibles al mismo tiempo que respalda las fuentes de ingresos</li> </ul>
<p><b>Objetivo 5 · Promover la colaboración para el cambio de sistema</b></p>	<p>Este Objetivo se centra en los mecanismos que pueden apoyar la incorporación de los principios de la economía circular en las políticas nuevas y existentes. Establecer la alineación y la armonización a nivel nacional e internacional es clave, al igual que el desarrollo de procesos que sean inclusivos y de cadena de valor cruzada, y que proporcionen a los formuladores de políticas la retroalimentación necesaria de los implementadores y usuarios. También se explora la necesidad de medir y realizar un seguimiento del progreso, e identificar conjuntos de datos que puedan servir como fuente de información para la formulación de políticas. Dado que la transición hacia una economía circular requiere innovación y un</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Los foros e intercambios dentro o fuera de los entornos institucionales pueden contribuir a identificar oportunidades de alineación y barreras políticas que los formuladores de políticas pueden abordar a nivel nacional, regional e internacional. <b>Coalición de Economía Circular para América Latina y el Caribe; Plataforma Europea de Stakeholders en Economía Circular;</b> etc.</li> <li>▲ El desarrollo de clústeres de PYME que trabajen en</li> </ul>

Cuadro 2. Objetivos universales de políticas para la economía circular<sup>10</sup>

Objetivo	Descripción	Ejemplos de políticas
	pensamiento sistémico, la innovación en la formulación de políticas y la gobernanza también será necesaria como parte de la transición.	oportunidades de la economía circular también puede crear un camino para el flujo bidireccional de información entre los formuladores de políticas y las PYME. Cluster Excellence Denmark, <b>Clusters in the circular economy – building partnerships for the sustainable transition of SMEs</b> (2019)

## Políticas, estrategias de participación y mejores prácticas a nivel nacional

En los últimos 15 años las políticas nacionales han estado orientadas en función de dos ejes principales, la transformación de la matriz energética y el desarrollo de diversas políticas de mejora ambiental. Uno de los componentes de esta estrategia central ha sido procurar la incorporación del concepto y práctica de la economía circular en los sistemas de producción (Tabla 11). Hacia el futuro se proyectan como políticas centrales el uso de excedentes energéticos, la reducción de generación de residuos y el aprovechamiento del valor de los residuos.

Se registran avances y aprendizajes nacionales significativos en tres áreas, la captura y disposición del metano (quema), la circularidad de nutrientes (efluentes de tambos) y las energías renovables en el sistema eléctrico (hidroeléctrica o no tradicionales como eólica, fotovoltaica y residuos de biomasa). En estos desarrollos se destaca la implementación de proyectos con articulación transversal institucional adecuada.

Se puede afirmar que las políticas de sostenibilidad ambiental en el Uruguay son políticas de estado y de largo plazo, ya que están sustentadas en un amplio respaldo político, evidenciado en la actividad legislativa (aprobación de leyes específicas). Uruguay ha sido pionero en materia de legislación ambiental en América Latina. La normativa relativa a la gestión de residuos y particularmente la relativa a la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) con el decreto de Baterías en el 2003, la ley de envases en 2004 y su decreto reglamentario del 2007, a las que siguieron el decreto de envases de agroquímicos en 2013 con la misma lógica y el decreto de neumáticos fuera de uso en el 2015, también han marcado el camino en la región. En tal sentido Uruguay es el país de Latinoamérica con el marco legal más completo en materia de REP.

En materia de Gestión Integral de Residuos, tradicionalmente Uruguay ha experimentado un rezago con relación a la región. La falta de inversión en el transporte de residuos y la disposición final en el Interior, la falta de políticas claras y los magros resultados en materia de valorización de residuos a nivel país, así como una gran informalidad del sector de la recuperación de residuos desde los clasificadores hasta la industria del reciclaje, marcan la tónica de una realidad que no refleja el cuerpo normativo vigente (Sanz, 2020). Debido a esta realidad, el país impulsó **El Plan Nacional de Gestión de Residuos (PNGR)** es un instrumento de planificación estratégica, a nivel nacional, dirigido a mejorar la gestión de residuos en el marco de la transición hacia un Uruguay más circular. Se trata del primer plan a nivel nacional, en el marco de lo establecido en la ley de Gestión Integral de Residuos (Ley 19.829, de 18 de setiembre de 2019) a partir del cual se busca que avancen los procesos de planificación de gestión de residuos a nivel departamental, comprometiéndose e implementando acciones y movilización de recursos. Dicho plan está vigente desde el año 2021 (Ministerio del Ambiente, 2021).

Tabla 12. Listado no exhaustivo de iniciativas públicas alineadas con la Economía Circular<sup>11</sup>

Iniciativas públicas	Impacto
El Plan Nacional de Gestión de Residuos (PNGR)	Residuos
MGAP: Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático en Gestión de Efluentes de Lechería	Agua y residuos
MVOTMA: Proyecto CTCN-ONUDI de Asistencia sobre EC y CC	General
MGAP, MVOTMA: Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente	Agua, suelos, residuos
UTE, MVOTME, MIEM, MSP: Plan junta de lámparas	Residuos
ANTEL Integra: Valorización de aparatos eléctricos y electrónicos	Residuos
MIEM, MVOTMA, MGAP: Proyectos demostrativos de BioValor	Residuos
Parque Tecnológico Industrial del Cerro: Proyecto “valorizando sus residuos”	Residuos
CTplas: valorización de residuos y/o mejora de recolección	Residuos
Intendencia de Flores: Ecoparque Industrial de Flores	Residuos
ACCE: Política de compras públicas sostenibles	Residuos
UDELAR Extensión: Semillero de economía circular y regenerativa del Espacio Interdisciplinario – Escuela de Diseño	General
UCUDAL Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos – Valorización de los residuos de la industria alimenticia	Residuos
UDELAR Departamento de Ingeniería Química – Bioprocesos y Facultad de Química – Biotecnología	Agua y residuos
Red Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable	General
MIEM Plan Nacional de Eficiencia Energética e instrumentos de promoción	Energía
Decreto reglamentario de bolsas plásticas	Residuos
Ley de Envases (17849) y demás Decretos del REP (neumáticos, baterías, envases, agroquímicos)	Residuos
Ley 19829 sobre Gestión Integral de Residuos	Residuos
Deducción del IRAE para inversores en producción más limpia a través de la COMAP	General
ANDE – BioValor - Programa de Oportunidades Circulares	General
MOVTMA: Acciones para mejorar la cuenta del Río Santa Lucía con producción más limpia	Agua, Suelos
CTplas: Proyecto Sello + Circular	Residuos
AGESIC – Trámites en línea	Residuos

<sup>11</sup> Plan de Acción en Economía Circular (2019) + Sans, F (2020)

Tabla 12. Listado no exhaustivo de iniciativas públicas alineadas con la Economía Circular<sup>11</sup>

Iniciativas públicas	Impacto
Naciones Unidas – OPP PAGE: Premio Uruguay Circular	General
Proyecto DACC + BioValor + INIA + UDELAR * UTU: Circularidad de nutrientes en lechería	Agua y residuos
UTE Puestos de recarga de transporte eléctrico	Agua y residuos
Foro de Economía Circular de Latinoamérica	General
Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad - Ley Nº 19.472 Plan Acción Nacional en Economía Circular	General

Del total de iniciativas mencionadas, un 60% abordan la problemática de los residuos, de igual forma, en el Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible, sólo se menciona a la economía circular una vez (Meta 1.1.3 - Residuos sólidos, páginas 50-51), y es con referencia gestión de los residuos.

La creación del Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad -Transforma Uruguay- creado a fines de 2016 (Ley Nº 19.472) con la finalidad de promover el desarrollo económico productivo e innovador, con sustentabilidad, equidad social y equilibrio ambiental y territorial, se constituye en la antesala de la formulación del Plan Nacional de Acción en Economía Circular (PNAEC) - (2019).

De acuerdo con el Foro de Economía Circular, los aspectos relacionados a la Economía Circular “se vinculan directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 propuestos por los estados miembros de las Naciones Unidas. Existen vínculos directos con los objetivos 7 (Energía asequible y no contaminante), 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) 9 (Industria, innovación e infraestructura), 12 (Producción y consumo responsable), 13 (Acción por el clima) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres) y de forma indirecta con otros de los 17 objetivos.

## Políticas, estrategias de participación en aspectos de Género

La consideración de los impactos del cambio climático a nivel global marca la necesidad de adoptar medidas que respeten, promuevan y tengan en cuenta las obligaciones relativas a los derechos humanos, así como la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres.

Durante la última década la evolución de Uruguay en temas de género ha sido notoria, al punto que Estrategia de género y cambio climático (2016) se integra al proceso de implementación de la Política Nacional de Cambio Climático del País, sentando una de las bases para la transversalidad de género en las políticas. En esta línea de consideración de los AG en esta AT se presenta el marco conceptual, legal y normativo que pautará la consideración e integración de consideraciones de AG en este trabajo.

En el Anexo 1 se presenta una revisión de la presentación resumida del Marco Legal vigente y aplicable al sector de actividad abordado en esta Asistencia Técnica, con relación a las temáticas de género.

## 3.5 Informe de las reuniones mantenidas con los grupos de interés

**Las reuniones mantenidas con el sector institucional (público y público-privado)** tuvieron como contenido central la presentación de la AT, sus objetivos, resultados esperados, la metodología a emplear, las instancias de consulta y participación referida a los avances y los compromisos temporales para su desarrollo y finalización.

Las reuniones con los privados tuvieron similar propósito informativo y a la vez recabar percepciones de los actores respecto a las condiciones en que vienen desarrollando los emprendimientos. Se recogieron preocupaciones en cuanto a la definición de las normativas de gestión ambiental y en particular en cuanto al control y la aplicación de estas.

Los actores privados valoran en forma destacada las señales y medidas de la política pública en la medida que faciliten la inserción de los residuos valorizados a nivel de mercados (energía eléctrica proveniente del biogás, compostaje, enmiendas, otros). Hay comprensión en actores privados sobre la importancia de la gestión de residuos con un enfoque ambiental, que se expresa en la promoción de la circularidad de materiales y energía en los sistemas productivos. No obstante, lo expresado, se trata de casos y de desarrollo en etapas incipientes, los cuales serán profundizados más adelante en esta Asistencia Técnica.

Desde el punto de vista de la industria láctea, específicamente CONAPROLE, en una primera instancia recogiendo la sugerencia de UNIDO, se discutió la posibilidad de apoyar y de tutelar iniciativas productivas que incorporaran tecnologías circulares, de abatimiento de huella de carbono (tomando como referencia la experiencia de Rincón de Albano). Al respecto la posición los referentes de la Cooperativa fue clara: “si no existe un mercado que presente una demanda importante de productos de este tipo no se justifica, más aún pensando en la magnitud de la significación que tendrían los costos fijos de parada de planta, limpieza y segregación y procesado de un producto segregado se diluyeran”. Por otra parte, la contraparte de la Cooperativa se mostró interesada en las acciones de esta AT dirigidas al estudio de la concentración de la gestión de residuos.

En la Tabla 13 siguiente se presenta el listado de organizaciones – instituciones privadas y públicas con las que se interactuó.

Tabla 13. Otras tecnologías en uso, relacionadas con el tema

<b>Actor</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Entrevistados</b>	<b>Fecha</b>	<b>Lugar</b>
Oficina Regional de ONUDI (Uruguay, Paraguay, Argentina y Chile)	Presentación del proyecto	Manuel Albaladejo, staff de la oficina de ONUDI	09/05/2022	Microsoft Teams
Criadores de pollo	Gremial productores de pollos	F. Dtanham	27/05/2022	Cámara de Industrias
AUPCIN	Gremial corrales de engorde, vacunos	A. Ferres	30/05/2022	Sede AUPCIN
INALE	Instituto público/privado lácteos	Juan Daniel Vago y Eduardo Fynn	07/06/2022	Sede INALE
APAS	Gremial productores de huevos	Joaquín Fernandez, Heber Trenchi y Enrique Citadino	15/06/2022	Sede APAS
BETA, España	Investigación, tecnología ambiental	S. Ponsá Salas, R. Carreras	17/06/2022	Zoom
INALE	Instituto público/privado lácteos	Ernesto Triñanes	05/07/2022	Zoom
VITATERRA-DORADOS DEL SUR	Privado productor avícola y de compostaje	Luis Menchaca	11/07/2022	Oficina CONSUR
José Strazzarino	Privado, fertilizante orgánico, proceso de residuos de pollo	José Strazzarino	13/07/2022	Establecimiento rural
Tambo	Privado productor lechero, tratamiento residuos tambo	Pablo Pérez	18/07/2022	Establecimiento rural
Tambo	Privado productor lechero, tratamiento residuos tambo	San Marcos	18/07/2022	Establecimiento rural
Corral de engorde	Privado productor carne vacuna, tratamiento residuos	Magdalena S.A.G.	18/07/2022	Establecimiento rural

Tabla 13. Otras tecnologías en uso, relacionadas con el tema

<b>Actor</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Entrevistados</b>	<b>Fecha</b>	<b>Lugar</b>
Comité Técnico de Efluentes	Público/Privado	Miembros del Comité Técnico	20/07/2022	Sede INALE
Procesador residuos	Privado productor compostaje avícola y otros	Blás Melissari	21/07/2022	Zoom
GRANMOLINO	Privado productor leche y quesos ovinos	Pablo y Miguel Jimenez de Arétxaga	28/07/2022	Establecimiento rural
CONAPROLE	Cooperativa Nacional de Productores de Leche	Gcia. Financiera; Gcia. Productores; Gcia. Calidad; Secret Product y Calidad y Mambte	23/05/2022	Virtuales
			14/07/2022	

# Anexo 1 · Revisión del Marco Legal vigente y aplicable al sector lácteo en Uruguay en temas de género

Dentro del Marco legal vigente en Uruguay aplicable a esta Consultoría se reconocen como los principales elementos a analizar: legislación nacional relacionada a la perspectiva de género en las políticas nacionales; normativas y documentación relacionadas a la inclusión de dicha perspectiva en la política climática y agropecuaria, y marcos normativos internacionales vinculados a la intersección entre género y cambio climático.

En el nivel nacional, dos leyes generales y una resolución ministerial específica del sector agropecuario constituyen los principales elementos. En el primer caso se trata de la Ley de violencia hacia las mujeres basada en género (N.º 19 580 de 2017) y la Ley de igualdad de derechos y no discriminación en base al género entre mujeres y varones (N.º 19 846 de 2019). En el segundo caso se trata de la Resolución ministerial N.º 534/021 que constituye el “Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias” (PNG Agro). Por otro lado, documentación referida a la Estrategia Nacional de género y cambio climático y su respectivo plan de acción, constituye otro elemento significativo.

Junto a estas normas, debe destacarse que Uruguay adhiere a los siguientes marcos normativos internacionales también relacionados a la temática bajo intervención:

- ▲ Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la Mujer (CEDAW)
- ▲ Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
- ▲ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)
- ▲ Estrategia de Montevideo en la XIII Conferencia Regional sobre la Mujer de América Latina y el Caribe,
- ▲ Convención para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra la mujer de la Organización de los Estados Americanos (OEA)
- ▲ Recomendaciones del MERCOSUR en materia de género y mujeres rurales, vinculadas al trabajo de la Reunión Especializada de la Agricultura Familiar (REAF) del bloque.
- ▲ la Estrategia regional de género de la FAO para América Latina y el Caribe 2019-2023.

Estos documentos son aludidos en el PNG Agro como marco de referencia internacional.

## Marco Normativo General

La **Ley 19 580** (promulgada en el año 1917, publicada en el 2018) referida a la violencia hacia las mujeres basada en género, tiene como objetivo principal garantizar el efectivo goce del derecho a una vida libre de violencia basada en género por parte de: mujeres de todas las edades, mujeres trans, mujeres de las diversas orientaciones sexuales, condición socioeconómica, pertenencia territorial, creencia, origen cultural y étnico-racial o situación de discapacidad. La Ley establece mecanismos, medidas y políticas integrales de prevención, atención, protección, sanción y reparación

Según la Ley, la violencia basada en género “...es una forma de discriminación que afecta, directa o indirectamente, la vida, libertad, dignidad, integridad física, psicológica, sexual, económica o patrimonial, así como la seguridad personal de las mujeres... incluye toda conducta, acción u omisión, en el ámbito público o el privado que, sustentada en una relación desigual de poder en base al género, tenga como objeto o resultado menoscabar o anular el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos humanos o las libertades fundamentales de las mujeres”.

La **Ley 19.846** del año 2019 referida a la igualdad de derechos y no discriminación en base al género entre mujeres y varones tiene por objeto garantizar la igualdad de derechos y la no discriminación en base al género entre mujeres y varones, comprendiendo la igualdad formal, sustantiva y de reconocimiento.

En su artículo 4 define discriminación directa hacia las mujeres en base al género como: “...*la situación en que se encuentra una persona que sea, haya sido o pudiera ser tratada, en atención a su sexo, orientación sexual y/o identidad de género, de manera menos favorable que otra en situación comparable*”; y discriminación indirecta a: “... *la situación en que una norma, una política o una práctica aparentemente neutra, pone a una persona en desventaja particular con respecto a otras personas por razón de su sexo, orientación sexual y/o identidad de género*”. En su artículo 7 establece lineamientos referidos a atender estas formas de discriminación, y entre ellos refiere a acciones para:

- ▲ Modificar patrones socioculturales, sistemas de creencias y roles estereotipados de varones y mujeres que transmiten, reproducen y consolidan prejuicios y prácticas consuetudinarias que naturalizan la subordinación de las mujeres, tanto en el ámbito público como en el privado.
- ▲ Fortalecer la autonomía económica de las mujeres, a través del acceso, uso y control de la tierra y a otros bienes de capital, a recursos productivos, financieros y a asistencia técnica, mediante la promoción de mecanismos que garanticen la participación igualitaria de las mujeres en las actividades económicas.
- ▲ Promover la participación equitativa de mujeres y varones en los cargos de responsabilidad y toma de decisiones en los ámbitos político, social, económico y cultural

Ambas leyes establecen al **Instituto Nacional de las Mujeres** como órgano rector de las políticas públicas relacionadas a los problemas de violencia y discriminación de género. Es competencia del Instituto, entre otras, el de desarrollar acciones y programas para hacer efectiva las Leyes, capacitar, generar datos y formular recomendaciones relacionadas con el objeto de la Ley y articular la implementación de políticas sectoriales de lucha contra la violencia basada en género hacia las mujeres.

El Instituto opera como secretaría técnica del **Consejo Nacional Consultivo por una Vida Libre de Violencia de Género hacia las Mujeres**, institución también creada por la Ley, que a su vez creará, en cada departamento del país, una Comisión Departamental por una Vida Libre de Violencia de Género.

Además, de estas Leyes se deriva la creación del "**Consejo Nacional de Género**" como organismo interinstitucional para la definición de prioridades, el asesoramiento, apoyo, articulación y coordinación de las políticas públicas en materia de género. Integran este Consejo:

Cuadro 3. Integrantes Consejo Nacional de Género

▲ Presidencia	▲ Ministerio del Interior Charles Carrera	▲ Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente	▲ Fiscalía General de la Nación
▲ Instituto Nacional de las Mujeres	▲ Ministerio de Salud Pública	▲ Ministerio de Relaciones Exteriores Laura Dupuy	▲ Banco de Previsión Social
▲ Ministerio de Desarrollo Social	▲ Ministerio de Educación y Cultura	▲ Ministerio de Industria Energía y Minería	▲ Administración Nacional de Educación Pública
▲ Oficina de Planeamiento y Presupuesto	▲ Ministerio de Turismo	▲ Ministerio de Defensa Nacional	▲ Instituto del Niño/a y del Adolescente del Uruguay
▲ Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	▲ Ministerio de Vivienda	▲ Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca	▲ Instituto Nacional de Colonización
▲ Instituto Nacional del Cooperativismo	▲ Congreso de Intendentes	▲ Representante de las Organizaciones de Mujeres	▲ Cámaras Empresariales
▲ Instituto Nacional de Empleo y Formación Profesional	▲ Universidad de la República		
	▲ Plenario Intersindical de Trabajadores/as - CNT		

Este Consejo ha diseñado la **Estrategia Nacional para la Igualdad de género 2030 (ENIG)**.

La ENIG “...pretende convertirse en una hoja de ruta, integral e integradora, susceptible de orientar el accionar del Estado en materia de igualdad de género a mediano plazo. Se hace eco del lineamiento para el quinquenio en curso: la política de género como política de Estado. Propone delinear un horizonte de igualdad de género al 2030, e integra para ello un conjunto de aspiraciones, directrices político-institucionales y lineamientos estratégicos capaces de influir en las decisiones de política pública”.

Por su parte, las organizaciones de mujeres rurales integradas al espacio de Diálogo —activas participantes en la elaboración de la presente estrategia— han identificado en su documento «Voces de Mujeres Rurales Organizadas: construyen una agenda nacional» seis áreas de acción que deberían abordarse de manera prioritaria para avanzar en el reconocimiento de sus derechos y contribuir a la mejora de su calidad de vida: ocio y tiempo libre, salud, trabajo, acceso a la tierra, participación, producción.

Entre las consideraciones presentes en el documento cabe destacar la enumeración de 11 “aspiraciones” necesarias para alcanzar la equidad de género en el 2030. Entre ellas, si bien todas son pertinentes a esta consultoría, se destacarán a continuación las aspiraciones que refieren específicamente a tres aspectos centrales: aspiraciones relacionadas a las mujeres rurales; las que refieren a la toma de decisiones y acceso al poder en los espacios productivos y agropecuarios; las relacionadas a objetivos de desarrollo sostenible.

Estas aspiraciones son elementos relevantes para considerar las dimensiones de género en las propuestas que elabora esta consultoría, para alinear estas propuestas con el marco regulatorio del país.

El siguiente listado se basa en la selección de las aspiraciones (identificadas en numeración romana según el documento original) y las subsecciones seleccionadas según los criterios anteriores (en letras minúsculas):

#### Respecto a la toma de decisiones:

- ▲ **Aspiración IV** Participación real y efectiva de las mujeres en la toma de decisiones en todos los ámbitos, públicos y privados y organizaciones de mujeres y feministas con capacidad de incidencia

#### Respecto al sector productivo rural:

- ▲ **Aspiración I.2** Generar acciones hacia un desarrollo económico, social, ambiental y de género sostenible;
  - b) Garantizar que las mujeres productoras agropecuarias accedan a la cotitularidad de sus tierras, así como de los emprendimientos productivos familiares.
- ▲ **Aspiración III.2** Generación, profundización y divulgación de conocimiento sobre las desigualdades de género.
  - f) Promover el desarrollo de investigación aplicada a las políticas de la producción agropecuaria, con perspectiva de género
- ▲ **Aspiración IV.2** Participación activa de las mujeres en los asuntos de la vida pública, en los espacios sociales, políticos, económicos, culturales y deportivos
  - i) Garantizar la participación de las mujeres rurales en espacios formalizados y efectivos de incidencia sobre el modelo de desarrollo productivo y de investigación aplicada.
- ▲ **Aspiración VIII.1** Promover el acceso y control igualitario de mujeres y varones sobre los recursos económicos y productivos.
  - a) Promover el acceso igualitario de las mujeres a la titularidad de los bienes: vivienda, tierra, empresas y recursos productivos y a las oportunidades de desarrollo mediante proyectos concretos.
  - b) Medidas diferenciales para el acceso al crédito y a la asistencia técnica por parte de las mujeres, de todos los sectores sociales que permitan potenciar emprendimientos productivo-comerciales.
  - c) Fomentar y fortalecer la capacitación e iniciativas laborales y/o productivas de las mujeres mediante la formación vinculada a los mercados nacionales y extranjeros.
  - d) Fomentar el liderazgo empresarial femenino, mediante ayudas específicas para la creación de empresas y autoempleo, así como medidas de formación, asesoramiento y seguimiento que permitan la consolidación de sus proyectos
- ▲ **Aspiración VIII.4** Favorecer la inclusión de las mujeres en todos los ámbitos agropecuarios productivo-laborales.

- a) Incorporar la perspectiva de género en los institutos de formación técnico agropecuarios y en las prácticas profesionales del sistema de extensión de asistencia técnica público y privada.
- b) Generar medidas para el reconocimiento de los derechos de seguridad social a las mujeres rurales, considerando las características particulares de los establecimientos productivo-familiares agropecuarios.
- c) Reformular la categoría cónyuge colaborador/a en los registros del BPS por su valor excluyente.
- d) Favorecer la inserción productiva de las mujeres rurales a través de apoyos concretos: políticas de crédito, acceso y titularidad de la tierra, apoyo a la producción, el acceso a tecnologías e innovaciones productivas, a la asistencia técnica y extensión rural, capacitaciones y apoyos empresariales y de emprendimiento (entrepreneurship).

### Respecto a la sustentabilidad

- ▲ **Aspiración XI.3** Generar acciones hacia un desarrollo sostenible desde el punto de vista económico, social, ambiental y de género.
  - a) Promover medidas de adaptación al cambio climático y favorecer el uso de productos ambientalmente amigables por parte de todos/as los/as integrantes de las familias dedicadas a la producción agropecuaria, implementando acciones con asistencia técnica, considerando los impactos diferenciales que tienen sobre las mujeres y varones según el lugar que desarrollan dentro de la producción y el predio.
  - b) Estimular el desarrollo de investigaciones que relacionen el uso y manejo de agroquímicos y de la contaminación del agua, con la prevalencia de enfermedades, especialmente en mujeres, niñas en zonas de uso intensivo.
  - c) Promover oportunidades de reducción de brechas de género en procesos productivos y económicos bajos en emisiones de gases de efecto invernadero, identificando capacidades de adaptación y promoviendo la resiliencia de las mujeres al cambio climático, a nivel de ciudades y ámbito rural, considerando la intersección de pobreza y vulnerabilidades.
  - d) Generar sistemas de información con indicadores para la adaptación y mitigación al cambio climático con perspectiva de género.
  - e) Integrar la perspectiva de género en la educación y la generación de conocimiento sobre el cambio climático y desarrollo resiliente y bajo en emisiones de carbono.

## Marco normativo referido a género y cambio climático

Otras normativas vinculan la problemática de género al campo de la sustentabilidad ambiental.

En el documento: **Estrategia de género y cambio climático** (EGCC) del Ministerio de Ambiente, se propone definir el proceso de integración de la perspectiva de género en la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático de Uruguay, esbozando objetivos y lineamientos de acción que llegan hasta el año 2025. Dentro de este marco de políticas, una sección específicamente referida al sector agrícola es la aplicación de la perspectiva de género al Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climático del Sector Agropecuario (PNA Agro).

El Plan de Acción al 2025 del PNA-Agro incorpora las siguientes medidas orientadas a levantar barreras de género en las dimensiones de medios de vida y capacidades institucionales:

- ▲ *Integrar mujeres como destinatarias en el marco de la “Promoción de la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas y el manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas para reducir el uso de agroquímicos y estimular la conservación de la calidad del suelo y el agua*
- ▲ *“Incorporación de las acciones de transversalización del enfoque de género en las políticas de apoyo a la producción familiar”;*
- ▲ *“Implementación de políticas afirmativas focalizadas en mujeres y jóvenes rurales”*

El PNA Agro diseña una ruta de acción hacia el año 2050 para llegar a sistemas menos vulnerables y más adaptados con resultados esperados en cuatro dimensiones: sistemas de producción, ecosistemas y recursos naturales, medios de vida

y capacidades institucionales. Entre los indicadores incluidos para monitorear el avance del plan se encuentran dos indicadores sensibles de género:

- ▲ *Distribución de ocupados en el sector agropecuario, forestal y pesquero.*
- ▲ *Brecha salarial de género en el sector agropecuario, forestal y pesquero.*

El proceso de elaboración del PNA-Agro incluyó una instancia participativa a través de la convocatoria a diversos “Diálogos de Adaptación” con productores/ as agropecuarios/as. Entre éstos cabe destacar el diálogo sectorial con el sector de lechería, y el diálogo transversal con mujeres rurales productoras. Durante los diálogos transversales se buscó responder preguntas sobre las vulnerabilidades que afectan en forma específica a mujeres rurales y agricultores/as familiares e identificar medidas de adaptación y necesidades para aumentar la resiliencia frente al cambio climático. Asimismo, se realizó una encuesta sobre participación de las mujeres en las actividades productivas agropecuarias, en el acceso a recursos, toma de decisiones en el predio y uso del tiempo, para unidades de producción de escala familiar y mediana. La encuesta generó evidencia de la percepción del impacto del cambio climático y las estrategias de adaptación de mujeres rurales de tres sistemas de producción (ganadería, lechería y horticultura). El estudio mostró que las relaciones de género a la interna de las unidades de producción afectan la participación de las mujeres en la toma de decisiones y cuando las mujeres son parte de la toma de decisiones hay mayor adopción de medidas de adaptación a nivel predial.

El proceso de elaboración del PNA Agro integró la voz de las mujeres productoras en el proceso participativo de formulación del plan, y buscó generar evidencia para *incorporar la perspectiva de género a través de estudios cuantitativos y cualitativos. Los resultados indican la importancia de generar estadísticas desagregadas que permitan realizar un análisis de género de las políticas de adaptación.*

Desde la EGCC se deriva el “**Plan de Acción en Género y Cambio Climático SNRCC - 2020/2024** (PAG-CC). En los aspectos correspondientes a acciones dentro del sector agropecuario de significación para el cambio climático este Plan remite al Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias (PNG Agro) que como se verá en la siguiente sección ha trabajado en el año 2020 en una dirección convergente, para priorizar líneas de acción para el periodo 2021 – 2024.

El PAG-CC presenta diversas áreas de atención:

- ▲ A: Fortalecimiento de capacidades, gestión el conocimiento y la comunicación
- ▲ B: Equilibrio de género, participación, liderazgo de mujeres
- ▲ C: Implementación con perspectiva de género
- ▲ D: Integración de género en los instrumentos de la Política Nacional de Cambio Climático

El Área B expresa un foco de particular interés para esta Consultoría. Refiere a la debilidad recurrente de la participación femenina en los ámbitos de decisión y representación en las áreas de acción en cambio climático. Y propone acciones de fortalecimiento de la participación femenina en sus ámbitos de actuación, para que sean capaces de llevar adelante liderazgo en la acción climática. Propone una especial atención al fortalecimiento de liderazgos de mujeres en las organizaciones rurales y las que realizan acción climática territorial.

## Normativas dentro del sector agropecuario

La Resolución del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) N° 534/021 establece el “**Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias**” (PNG -AGRO) que integra acciones coordinadas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Instituto Nacional de Carnes (INAC), Instituto Nacional de la Leche (INALE), Instituto Nacional de Semillas (INASE), Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI), Instituto Nacional de Colonización (INC), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) e Instituto Plan Agropecuaria (IPA), con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura (FAO).

En los fundamentos de dicha Ley se menciona a los miembros de equipo de elaboración del Plan cuyo listado se adjunta, quienes constituyen actores de referencia para esta Consultoría:

Valentina Alies (INC), Mercedes Antía (DGDR), Aldana Balserini (DGSG), Natalia Barboza (DGS), Cecilia Cabrera (DGDR), Cecilia Caracciolo (DGSG) Noelia Casco (DGSA), Nicole Champion (FAO), Victoria Cogo (INAC), Melisa Cuadro (INASE), Katherine Chamyan (INALE), Eliana Da Cunha (UCOD), Mariana Espino (INIA), Alejandra Ferenczi (DIGEBIA), Paula Ferrer (DIGEBIA), Isabel Frioni (DGSA), Paula Florit (DGS), Fernando Gil (INAC), Paola Goitia (DIÑARA), Marine

González (FAO), Leidy Gorga (DGS), Analía Íurato (DIGEGRA), Laura Izuibejeres (DGF), Cecilia Lezama (DIÑARA), Inés Mesa (INC), Laura Nervi (INAVI), Pablo Pegazzano (DGRN), Ana Perugorría (IPA), Soledad Padula (UCOD), Cecilia Pombo (DGDR), Victoria Rodríguez (FAO), Vivían Salta (FAO), Verónica Sarli (DGDR), Paula Scavarelli (DGS), Karina Spremolla (INAVI), Silvia Tomassoni (DGRN), Paula Vázquez (INALE), Virginia Viana (DIGEGRA), y que contó con un equipo de coordinación integrado por Mercedes Antía (MGAP), Nicole Champion (FAO), Paula Florit (MGAP), Verónica Sarli (MGAP), cuya coordinación técnica general fue desarrollada por Paula Florit (MGAP), coordinación general por Mercedes Antía (MGAP) y dirección por Fernanda Maldonado (MGAP);

Para su elaboración se han considerado las referidas Leyes nacionales y normativas internacionales, así como también los siguientes diagnósticos y documentos de base (citados en el PNG-AGRO):

- ▲ documento “Voces de Mujeres Rurales Organizadas construyen una Agenda Nacional”, generado como agenda de trabajo nacional para el Espacio de Diálogo de Mujeres Rurales, a partir del 1.º Encuentro Nacional de Mujeres Rurales realizado en Young en 2015;
- ▲ documento síntesis del Encuentro Nacional de Juventudes Rurales “Nuestro tiempo es Ahora” desarrollado en 2018;
- ▲ Diagnóstico prospectivo en brechas de género y su impacto en el desarrollo. Mujeres rurales: Trabajo y acceso a recursos productivos. de P. Mascheroni, 2016, realizado en el marco de la construcción de la Estrategia Nacional de Desarrollo Uruguay 2050;
- ▲ Estudio sobre Estrategias de Adaptación al Cambio Climático y Género para el Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climático para el Sector Agropecuario (PNA Agro) de Bernheim (2018), elaborado en el marco de la construcción del Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático para el Sector Agropecuario;
- ▲ la carta de acuerdo Diagnóstico, avances y propuestas con perspectiva de género del acceso de las Mujeres rurales a recursos y el cumplimiento de sus derechos, de Cardeillac et al (2019) impulsado por FAO, INC y MGAP.

Como parte del proceso de elaboración del Plan se elaboró un diagnóstico de base que puso de relieve la centralidad que tienen los temas ambientales en la agenda de las organizaciones y grupos de mujeres rurales y del agro. En ese marco se proyectaron como líneas de acción, comunes al PNG Agro y a la Plan de Género del SNRCC capacitaciones virtuales y presenciales en cambio climático a mujeres del sector, construcción de instrumentos de transversalización y aplicación a políticas referidas a actividades de mitigación y adaptación en ganadería y la mejora de los sistemas de información productiva, desde una perspectiva de género.

Asimismo, se definieron unos objetivos:

1. Promover sistemas productivos y cadenas de valor agropecuarias con equidad de género.
2. Incorporar la perspectiva de género en la generación de conocimiento, extensión, capacitación y comunicación agropecuaria.
3. Promover la participación y empoderamiento de las mujeres del agro y del medio rural.
4. Fortalecer la perspectiva de género en la institucionalidad pública agropecuaria.

El Plan es considerado una herramienta estratégica para el cumplimiento de estos objetivos. Se estructura sobre 5 componentes con sus respectivos resultados esperados.

Cuadro 4. Componentes y resultados esperados del Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias (PNG-AGRO)

Componentes	Resultados esperados
<b>1. Sistemas productivos y cadenas de valor agropecuarias con equidad de género.</b>	RI.1. Se incrementa la proporción de mujeres entre quienes acceden a políticas públicas para la producción agropecuaria y comercialización  RI.2. Se implementan canales comerciales específicos para los productos y servicios de las mujeres rurales y del agro y de la pesca  RI.3. Se reconoce la equidad de género como un potencial en las cadenas agropecuarias

Cuadro 4. Componentes y resultados esperados del Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias (PNG-AGRO)

Componentes	Resultados esperados
<b>2. Conocimiento, extensión y comunicación con perspectiva de género.</b>	R2.1. Se incorpora la perspectiva de género en la gestión de conocimiento vinculados al sector agropecuario R2.2. Se incorpora la perspectiva de género en los productos de comunicación de la institucionalidad agropecuaria.
<b>3. Participación y empoderamiento de las mujeres del agro y el medio rural.</b>	R3.1. Se incrementa el reconocimiento del aporte de las mujeres al medio rural y al agro
<b>4. Fortalecimiento institucional de la perspectiva de género en la institucionalidad pública agropecuaria</b>	R4.1. Se desarrolla la perspectiva de género en la planificación estratégica y organizacional de la institucionalidad pública agropecuaria
<b>5. Gestión, monitoreo y evaluación</b>	R5.1. Se monitorea, evalúa y reporta la implementación del Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias y sus resultados

Para el logro de los diferentes resultados se indican un total de 84 compromisos operativos (CO) que constituyen acciones concretas. Aunque la mayoría son más genéricos, algunos de ellos refieren de manera más directa al sector de ganadería y lechería:

- ▲ CO.1.2; CO-1-17 relacionados al componente de Sistemas productivos
- ▲ CO-2.4; CO-2.22; relacionados al componente Comunicación y extensión

# Bibliografía

**Almeida, A.K.; R. S. Hegarty, A. Cowie. 2021.** Meta-analysis quantifying the potential of dietary additives and rumen modifiers for methane mitigation in ruminant production Systems. *Animal Nutrition* 7: 1219-1230

**Akdeniz, N. (2019).** A systematic review of biochar uses in animal waste composting. *Waste Management*, 88, 291-300.

**Arndt, C.; A. N. Hristov, W. J. Pricec, S. C. McClelland , A. M. Pelaezb, S. F. Cueva, J. Oh, J. Dijkstra , A. Bannink, A. R. Bayat , L. A. Crompton, M. A. Eugene, D. Enahoro, E. Kebreab, M. Kreuzer, M. McGee, C. Martin , C. J. Newbold, C. K. Reynolds, A. Schwarm , K. J. Shingfieldf, J. B. Veneman, D. R. Yanez-Ruiz, and Zhongtang Yu. 2022.** Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050. *PNAS* 2022 Vol. 119 No. 20 <https://doi.org/10.1073/pnas.2111294119>

**Banik, B.K.; Z. Durmic; W. Erskine; K. Ghamkhar; C. Revell. 2013.** In vitro ruminal fermentation characteristics and methane production differ in selected key pasture species in Australia. *Crop & Pasture Science*, 2013, 64, 935–942

**Beauchemin, K.A.; S.M. McGinn; C. Grainger. 2008.** Reducing methane emissions from dairy cows. *WDCS Advances in Dairy Technology* 20:79-93.

**Benchaar, C.; F. Hassanat; K. A. Beauchemin; G. Gislou; D. R. Ouellet. 2021.** Diet supplementation with canola meal improves milk production, reduces enteric methane emissions, and shifts nitrogen excretion from urine to feces in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104:9645–9663

**BIOVALOR (2019) – PROYECTO DE INVESTIGACIÓN - CIRCULARIDAD DE NUTRIENTES EN TAMBOS** Estudio de casos de sistemas de gestión de efluentes de tambo implementados por la academia y evaluados en un proyecto multiinstitucional. INALE, MVOTMA, MGAP, INIA, FAGRO – UDELAR, FVET-UDELAR, UTEC, CETP. Disponible en: [biovalor.gub.uy/circularidad-nutrientes/](http://biovalor.gub.uy/circularidad-nutrientes/)

**BIOVALOR (2020a) – PROYECTO CIRCULARIDAD DE NUTRIENTES EN PRODUCCIÓN DE LECHE EN URUGUAY.** Sistemas de gestión de efluentes de tambo implementados por la academia y evaluados en un proyecto multiinstitucional: estudio de casos. INFORME DE AVANCE - junio 2020. Autores: Rodríguez Cerchi, Marcela; Benzano Naguila, Florencia. INALE, MVOTMA, MGAP, INIA, FAGRO – UDELAR, FVET-UDELAR, UTEC, CETP. Disponible en: [biovalor.gub.uy/circularidad-nutrientes/](http://biovalor.gub.uy/circularidad-nutrientes/)

**BIOVALOR (2020b) – Proyecto demostrativo: Rincón de Albano.** Desarrollo de una planta de biogás en establecimiento lechero. Evaluación técnica-económica. Autores: Emmer, Víctor; Zaha, María Ester. Disponible en: <https://biovalor.gub.uy/descarga/biovalor-informe-final-proyecto-demostrativo-rincon-de-albano/>

**BIOVALOR (2020c) – Estimación de emisiones en los sistemas de gestión de efluentes de establecimiento lecheros.** Planilla de cálculo Excel®: “Emisiones en tambos con estudio de casos.xlsx” Disponible en: <https://biovalor.gub.uy/descarga/estimacion-de-emisiones-en-los-sistemas-de-gestion-de-efluentes-de-establecimiento-lecheros/>

**BIOVALOR – PRAXIS LAB (2020) – Asesoramiento técnico en digestión anaerobia en el sector lácteo.** ENTREGABLE 3 – INFORME FINAL. Evaluación operativa de separadores de sólidos para efluentes de tambo. Autores: Hernández, Alberto; Benítez, Alejandra; Portillo, Inés; Verdier, Lucía. Disponible en: [biovalor.gub.uy/circularidad-nutrientes/](http://biovalor.gub.uy/circularidad-nutrientes/)

**Cabezas-García, E.H.; J. Krizsan; K. J. Shingfield; P. Huhtanen. 2017.** Between-cow variation in digestion and rumen fermentation variables associated with methane production. *J. Dairy Sci.* 100:4409–4424

**Campo Limpio – Balance 2021.** Disponible en su página web [campolimpio.org.uy/balance-2020](http://campolimpio.org.uy/balance-2020)

**Cardeillac, J et al. (2019)** Guía de políticas, programas y herramientas para las mujeres rurales en Uruguay. FAO; INMUJERES, MIDES, MGAP-DGDR e INC. <https://www.colonizacion.com.uy/documents/20182/85862/Gu%C3%ADa+de+pol%C3%ADticas%2C+programas+y+herramientas+para+las+mujeres+rurales+en+Uruguay/ee8f2d86-7948-4eec-8dd0-8dbdca82fe07>

**Centro Tecnológico del Agua (CTAgua) (2019)** *Proyecto: Evaluación de la disminución de aportes de nutrientes (Fósforo y Nitrógeno) a los recursos hídricos, mediante tecnologías de aplicación al terreno de efluentes de tambo (circularización productiva de nutrientes)*. INALE, FAGRO - UDELAR, FING - UDELAR, FVET- UDELAR, DGRN -MGAP, DINACEA – MA, SPLF. <https://ctagua.uy/2019/12/23/proyecto-evaluacion-de-la-disminucion-de-aportes-de-nutrientes-fosforo-y-nitrogeno-a-los-recursos-hidricos-mediante-tecnologias-de-aplicacion-al-terreno-de-efluentes-de-tambo-circularizacion-prod/>

**Chen, W., Liao, X., Wu, Y., Liang, J. B., Mi, J., Huang, J., ... & Wang, Y. (2017)**. Effects of different types of biochar on methane and ammonia mitigation during layer manure composting. *Waste Management*, 61, 506-515.

**Choudhury, A., & Lansing, S. (2020)**. Biochar addition with Fe-impregnation to reduce H<sub>2</sub>S production from anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 123121.

**Consejo Nacional de Género.** <https://www.gub.uy/ministerio-desarrollo-social/consejo-nacional-genero> Consultas realizadas en el mes de mayo del 2022

**CSIRO. 2022.** Carbon farming: reducing methane emissions from cattle using feed additives. [www.agric.wa.gov.au](http://www.agric.wa.gov.au)

**de Souza Congio, G. F.; A. Bannink, O. L. Mayorga Mogollon, Latin America Methane Project Collaborators<sup>1</sup>, Alexander Nikolov Hristov. 2021.** Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis. *Journal of Cleaner Production* 312: 13 patinas. 127693.

**De Barbieri, I.; E. Navajas; G. Ferreira; J. Velazco, G. Ciappesoni. 2022.** Vinculando la eficiencia de conversión del alimento con características productivas y mitigación de metano. *Revista INIA No. 69*, Junio 2022, paginas 29-32.

**De Haas, Y.; R.F. Veerkamp; G. de Jong; M.N. Aldridge. 2022.** Selective breeding as a mitigation tool for methane emissions from dairy cattle. *Animal*. In Press.

**Dini, Y.; C. Cajarville; J. I. Gere; S. Fernandez; M. Fraga; M, I. Pravia; E. A. Navajas; V. S. Ciganda. 2019.** Association between residual feed intake and enteric methane emissions in Hereford steers. *Transl. Anim. Sci.* 2019.3:239–246. doi: 10.1093/tas/txy111

**Draper, K (2020)** The Potential for Biochar to Enhance Sustainability in the Dairy Industry - Ithaka Institute for Carbon Intelligence - Shannan Sweet, Cornell University. Innovation Center for US Dairy. Copyright © 2020 Ithaka Institute and Cornell University

**Durán, V; Hernández, E; Aguirre, E. y Gorga, L. (2020)** Problemas y oportunidades de la cadena de carne porcina en Uruguay. *Anuario OPYPA* p. 445 – 457.

**Durmic, Z.; P.J. Moate, R. Eckard, D. K. Revell, R. Williams and P.E. Vercoe. 2013.** In vitro screening of selected feed additives, plant essential oils and plant extracts for rumen methane mitigation. Published online in Wiley Online Library. DOI 10.1002/jsfa.6396

**DuPonte, M. W., & Fischer, D. (2012).** The Natural Farming Concept: A New Economical Waste Management System for Small Family Swine Farms in Hawaii: Most Frequently Asked Questions on the IDLS Piggery.

**Ellen MacArthur Foundation.** Página web: [archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto](https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto)

**Ellen MacArthur Foundation, (2021).** Objetivos Universales para Políticas de Economía Circular. <https://emf.thirdlight.com/link/5bli4i8yqOdv-1ovkaa/@/#id=1>

**Ellen MacArthur Foundation (2019)** *Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change* [www.ellenmacarthurfoundation.org/publications](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications)

**Enders, A., Gaunt, J., Lehmann, J., & Chintala, R. (2019, January).** Feasibility Assessment of Dairy Biochar as a Value-Added Potting Mix in Horticulture and Ornamental Gardening. In SSSA International Soils Meeting. ASA, CSSA, and SSSA.

**Factor, ASDF, CTCN. (2020)** *Proyecto Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay.*

**Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D. W., ... & Nganga, J. (2007).** Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis.*

**Fouts, J.Q.; M. C. Honan; B. M. Roque; J. M. Tricarico.; E. Kebreab. 2022.** Enteric methane mitigation interventions. *Translational Animal Science* 2022, 6, 1–16

**Frank, H., Schmid, H., & Hülsbergen, K. J. (2019).** Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems*: 37.

**Hatew, B.; S.C. Podesta; H. Van Laar; W. F. Pellikaan; J. L. Ellis; J. Dijkstra; A. Bannink. 2015.** Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98 :486–499

**Holly, M. A., & Larson, R. A. (2017).** Thermochemical Conversion of Biomass Storage Covers to Reduce Ammonia Emissions from Dairy Manure. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(11), 434.

**IBI (International Biochar Initiative). (2018).** “Doug Pow”. Accessed July 18, 2020. URL: <https://biochar-international.org/speakers/doug-pow/#:~:text=Doug%20Pow%20is%20a%20farmer,expectations%2C%20both%20biologically%20and%20economically> .

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2020)** Evaluación de la situación actual de la economía circular para el desarrollo de una hoja de ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay. Autores: Martínez Arroyo A., Octaviano Villasana C.A., Nieto Ruiz J., 59 páginas.

**INALE, MGAP, MVOTMA, BIOVALOR, UDELAR, UTEC, INIA, CONAPROLE, SPLF (2019)** *Cartilla sobre criterios de aplicación de efluente a terreno y su implicancia práctica en el diseño e implementación.* Autores: Miguez, Bettina; Miranda, Carolina; Alegrette, María José; Giménez, Manuel; Abboud, Nazario; Carlos; Rodríguez, Marcela. En línea. Primera edición. Montevideo. Disponible en: [www.inale.org/tipo\\_de\\_informe/efluentes/](http://www.inale.org/tipo_de_informe/efluentes/)

**INALE, MA, MGAP, INIA, FAGRO – UDELAR, FVET-UDELAR, UTEC, CETP, FAO, PNUD (2021)** CIRCULARIDAD DE NUTRIENTES EN PRODUCCIÓN DE LECHE EN URUGUAY - Sistemas de gestión de efluentes de tambo implementados por la academia y evaluados en un proyecto multi-institucional: estudio de casos. - Reporte de resultados. Autor: Rodríguez Cerchi, Marcela. Disponible en: [www.inale.org/tipo\\_de\\_informe/efluentes/](http://www.inale.org/tipo_de_informe/efluentes/)

**Jackson, R. 2021.** Grazed perennial grasslands can match current beef production while contributing to climate mitigation and adaptation. *Agric. Environ. Lett.* 7:e20059

**Jayanegara, A.; E. Winac, C.R. Solivaa, S. Marquardt, M. Kreuzera,\*, F. Leiber. 2011.** Dependence of forage quality and methanogenic potential of tropical plants on their phenolic fractions as determined by principal component analysis. *Animal Feed Science and Technology* 163 (2011) 231–243

**Jayasundara, S.; D. Worden; A. Weersink; T. Wright; A. VanderZaag; R. Gordon; C. Wagner-Riddle. 2019.** Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems. *Journal of Cleaner Production* 229:1018-1028

**Jiao, H. P; A.J. Dale; A.F. Carson; F. Murray; A.W.Gordon; C.P. Ferris. 2014.** Effect of concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:7043-7053

**Ku-Vera, J.C.; O.A. Castelan-Ortega; F.A. Galindo-Maldonado; J. Arango; N. Chirinda; R. Jimenez-Ocampo; S.S. Valencia-Salazar; E.J. Flores-Santiago; M.D. Montoya-Flores; I.C. Molina-Botero; A.T. Pineiro-Vazquez; J.I. Arceo-Castillo; C.F. Aguilar-Perez; L. Ramirez-Aviles; F.J. Solorio-Sanchez. 2020,** Review: Strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages. *Animal* 14: 453-463

**Lascano, C.E.; E. Cárdenas. 2010.** Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.175-182, (supl. Especial)

- Lassen, L.; G.F. Difford. 2020.** Review: Genetic and genomic selection as a methane mitigation strategy in dairy cattle. *Animal* 14:473-483
- Lizarralde, Carolina; Picasso, Valentín; Rotz, C. Alan; Cadenazzi, Mónica & Astigarraga, Laura (2014a)** Practices to Reduce Milk Carbon Footprint on Grazing Dairy Farms in Southern Uruguay: Case Studies. *Sustainable Agriculture Research*; Vol. 3, No. 2.
- Lizarralde, Carolina y Astigarraga, Laura (2014b)** Sustentabilidad ambiental de sistemas de producción de leche. Presentación en el V Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal 2014. Montevideo, Uruguay. Disponible en: [www.researchgate.net/publication/281287216\\_Sustentabilidad\\_ambiental\\_de\\_sistemas\\_de\\_produccion\\_de\\_leche](http://www.researchgate.net/publication/281287216_Sustentabilidad_ambiental_de_sistemas_de_produccion_de_leche)
- Llanos, Eduardo; Astigarraga, Laura; Jacques, Ruben y Picasso, Valentín (2013)** Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*· Volumen 17 2:99-109 · julio/diciembre 2013
- Lovendahl, P.; G. F. Difford; B. Li; M. G. G. Chagunda; P. Huhtanen; M. H. Lidauer; J. Lassen; P. Lund. 2018.** Review: Selecting for improved feed efficiency and reduced methane emissions in dairy cattle. *Animal* 12: 336-349
- Manzanilla-Pech, C.I.V.; P. Løvendahl; D. Mansan Gordo; G. F. Difford; J. E. Pryce; F. Schenkel; S. Wegmann; F. Miglior; T. C. Chud; P. J. Moate; S. R. O. Williams; C. M. Richardson; P. Stothard; J. Lassen. 2021.** Breeding for reduced methane emission and feed-efficient Holstein cows: An international response. *J. Dairy Sci.* 104:8983-9001
- Meale, S.J.; T. A. McAllister, K. A. Beauchemin , O. M. Harstad & A. V. Chaves. 2013.** Strategies to reduce greenhouse gases from ruminant livestock. *Acta Agriculturae Scand Section A*, Vol. 62, No. 4, 199-211, <http://dx.doi.org/10.1080/09064702.2013.770916>
- MGAP, UDELAR, INIA, LATU (2013)** “Primer estudio de la huella de carbono de tres cadenas agroexportadoras del Uruguay: carne vacuna, láctea, arroceras. - Informe Final” Mayo, 2013. Editor y Compilador: Gonzalo Becoña y Walter Oyhantcabal (MGAP). Disponible en: [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/primer-estudio-huella-carbono-tres-cadenas-agroexportadoras-del-uruguay](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/primer-estudio-huella-carbono-tres-cadenas-agroexportadoras-del-uruguay)
- Min, B.R., S. Solaiman, H. M.Waldrip, D. Parker, R.W. Todd, D. Brauer. 2020.** Dietary mitigation of enteric methane emissions from ruminants: A review of plant tannin mitigation options. *Animal Nutrition* 6 (2020) 231e246
- Ministerio de Medio Ambiente. 2021.** Uruguay + Circular: Plan Nacional de Gestión de Residuos 2022 - 2032. Disponible en: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/PNGR-general.pdf>
- Misiukiewicz, A.; M. Gao, W. Filipiak , A. Cieslak , A.K. Patra, M. Szumacher-Strabel. 2021.** Review: Methanogens and methane production in the digestive systems of no ruminant farm animals. *Animal* 15 (2021) 100060
- MVOTMA - DINAMA, OPP, LATU. (2016).** *Manual para la gestión ambiental de tambos*. Autores: Correa, Carlos; Rezzano, Nicolás; García, Fernanda. ISBN: 978-9974-658-24-0. 83 páginas.
- MVOTMA - DINAMA (2018)** “Catálogo de Residuos Sólidos Industriales y Asimilados” Disponible en: [www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/catalogo-residuos-solidos-industriales-asimilados](http://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/catalogo-residuos-solidos-industriales-asimilados)
- Navajas, E. 2021.** I+D+i en genética de eficiencia de conversión: apuesta a la sostenibilidad ganadera. Genética para una ganadería sustentable. Avances en mejoramiento genético de eficiencia de conversión y estimaciones de emisiones de metano.
- Ouatahar, L.; A. Bannink; G. Lanigan; B. Amon. 2021.** Review. Modelling the effect of feeding management on greenhouse gas and nitrogen emissions in cattle farming systems. *Science of the Total Environment* 776: 145932
- Pamanes-Carrasco, G.; E. Herrera-Torres, M. Murillo-Ortiz and D. Reyes-Jáquez. 2019.** Climate Change Mitigation in Livestock Production: Nonconventional Feedstuffs and Alternative Additives. IntechOpen. [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)
- Pandey, A., Vu, D. Q., Bui, T. P. L., Mai, T. L. A., Jensen, L. S., & de Neergaard, A. (2014).** Organic matter and water management strategies to reduce methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in Vietnam. *Agriculture, ecosystems & environment*, 196, 137-146.

- Pitaluga, L et al. (2018)** Gestión integral de residuos - Tema 6 – Informe Final, Facultad de Ciencias Sociales – UDELAR 75 pp.
- Pitta, D.; N. Indugu; K. Narayan; M. Hennessy. 2022.** Symposium review. Understanding the role of the rumen microbiome in enteric methane mitigation and productivity of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 105. Article in press
- Pryce, J.E.; Mekonnen Haile-Mariam1. 2020.** Symposium review: Genomic selection for reducing environmental impact and adapting to climate change. *J. Dairy Sci.* 103:5366–5375
- Pryce, J.E.; W. J. Wales; Y. de Haas; R. F. Veerkamp; B. J. Hayes. 2014.** Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Animal* 8:1-10
- Pszczola, M.; M. P. L. Calus,2 and T. Strabel. 2018.** Short communication: Genetic correlations between methane and milk production, conformation, and functional traits. *J. Dairy Sci.* 102:5342–5346
- Roque, B.M.; J. K. Salwen, R. Kinley, E. Kebreab. 2019.** Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production* 234: 132-138
- Roque, B.M.; M. Venegas, R. D. Kinley, R. de Nys, T..L. Duarte, X. Yang, E. Kebreab. 2021.** Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247820> March 17, 2021
- Sanchez-Zubieta, A.; J.V. Savian; W. de Souza Filho; M. Osorio Wallau; A.M. Gómez. J. Bindelle; O.J. François Bonnet; P.C de Faccio Carvalho. 2021.** Review. Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems? *Science of the Total Environment* 754: 142029
- Sanz, F (2020)** Economía circular: de la teoría a la práctica. Algunas tendencias y el caso de la Agencia Nacional de Desarrollo – UDELAR – FCC – 62 pp.
- Schmidt, H. P., Hagemann, N., Draper, K., & Kammann, C. (2019).** The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*, 7, e7373.
- Schmidt HP, Wilson K. (2014)** The 55 uses of biochar. *The Biochar Journal* 2014, Arbaz, Switzerland. ISSN 2297-1114 - [www.biochar-journal.org/en/ct/2](http://www.biochar-journal.org/en/ct/2)
- Singh, I.; SHUNDAL, MWADHWA and JSLAMB. 2018.** Assessment of potential of some tannins and saponins containing herbs on digestibility of nutrients, fermentation kinetics and enteric methane production under different feeding systems: An in vitro study. *Indian Journal of Animal Sciences* 88 (4): 443–452
- Smith P.; M. Hennessy; B. Vecchiarelli; J. Bender; D. Pitta; C. L. Cantrell; C. Yarish; A. N. Hristov. 2021.** Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104:4157–4173
- Tambo Sustentable** (CONAPROLE – BID LAB) [www.sustentable.eleche.com.uy/](http://www.sustentable.eleche.com.uy/)
- Transforma Uruguay – Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad (2019)** Plan de Acción en Economía Circular.
- van Gastelen, S., J. Dijkstra and A. Bannink. 2019.** Are dietary strategies to mitigate enteric methane emission equally effective across dairy cattle, beef cattle, and sheep? *J. Dairy Sci.* 102:6109-6130
- Wang, C., Lu, H., Dong, D., Deng, H., Strong, P. J., Wang, H., & Wu, W. (2013).** Insight into the effects of biochar on manure composting: evidence supporting the relationship between N<sub>2</sub>O emission and denitrifying community. *Environmental science & technology*, 47(13), 7341-7349.
- Winders, T. M., Jolly-Breithaupt, M. L., Wilson, H. C., MacDonald, J. C., Erickson, G. E., & Watson, A. K. (2019).** Evaluation of the effects of biochar on diet digestibility and methane production from growing and finishing steers. *Translational Animal Science*, 3(2), 775-783.

## Jurisprudencia y políticas consultadas

**Ley 19580 de violencia hacia las mujeres basada en el género.** Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO) <https://www.impocom.uy/bases/leyes/19580-2017>.

**Ley 19846 de igualdad de derechos y no discriminación en base al género entre mujeres y varones.** Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). <https://www.impocom.uy/bases/leyes/19846-2019#:~:text=%2D%20Esta%20ley%20tiene%20por%20objeto,formal%2C%20sustantiva%20y%20de%20reconocimiento.>

**Ministerio de Ambiente. “Estrategia de género y cambio climático (EGCC)”** (<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/genero-cambio-climatico-uruguay>)

**Ministerio de Ambiente. “Plan de Acción en Género y Cambio Climático SNRCC - 2020/2024 (PAG-CC)”** <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/genero-cambio-climatico-uruguay>

**Ministerio de Desarrollo Social. Estrategia Nacional para la Igualdad de género 2030. (ENIG)** <https://www.gub.uy/ministerio-desarrollo-social/node/1941>

**Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. “Plan Nacional de Género en las Políticas Agropecuarias (PNG -AGRO)”** (<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/plan-nacional-genero-politicas-agropecuarias>)


**Ministerio de Ambiente (MA) de Uruguay, (2021).** Plan Nacional de Gestión de Residuos de Uruguay


**MVOTMA (2013a)** Resolución Ministerial N° 1479/013 Plan de acción Santa Lucía. Disponible actualmente en la página web de Ministerio de Ambiente [www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/resolucion-n-1479013-plan-accion-santa-lucia](http://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/resolucion-n-1479013-plan-accion-santa-lucia)

**MVOTMA (2013b)** Decreto 182/013 Reglamento para la gestión ambientalmente adecuada de los residuos sólidos industriales y asimilados. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/reglamento-para-gestion-ambientalmente-adecuada-residuos-solidos-industriales>

**MVOTMA (2015)** Decreto 358/015 Reglamento de gestión de neumáticos y cámaras fuera de uso. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/decreto-358015-reglamento-gestion-neumaticos-camaras-fuera-uso>

 sustainable development  
on our finite planet

 Carrer Can Verí, 1 · 07001 · Palma de Mallorca · Spain

 +34 971 72 56 66

 [administration@oikologica.com](mailto:administration@oikologica.com)

 [www.oikologica.com](http://www.oikologica.com)