

## Misión Asturias Disminución de Emisiones y Gases Efecto Invernadero

### Consortio Agroalimentación 0 Emisiones

#### Agenda Estratégica de I+D+i para la Reducción de Emisiones y Gases de Efecto Invernadero en la Cadena de Valor Agroalimentaria (2022-2025)

<b>MISIÓN ASTURIAS DISMINUCIÓN DE EMISIONES Y GASES EFECTO INVERNADERO</b>	<b>1</b>
<b>CONSORCIO AGROALIMENTACIÓN 0 EMISIONES</b>	<b>1</b>
<b>AGENDA ESTRATÉGICA DE I+D+I PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES Y GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA (2022-2025)</b>	<b>1</b>
<b>1 LA AGENDA ESTRATÉGICA AGROALIMENTACIÓN 0 EMISIONES</b>	<b>3</b>
1.1 Contexto general	3
1.2 Alineación con estrategias europeas y nacionales	5
1.3 Proceso de elaboración de la Agenda	7
<b>2 CIRCULARIDAD EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA Y FORESTAL</b>	<b>11</b>
2.1 Perspectivas para la I+D+i	11
2.2 Impacto esperado	17
2.3 Ámbito clave 1: Reducción de la producción de residuos	18
2.4 Ámbito clave 2: Aprovechamiento de subproductos	18
2.5 Ámbito clave 3: Tratamiento y valorización de residuos	21
2.6 Resumen de los ámbitos clave del Eje 1	25
<b>3 ESTRATEGIAS DIRECTAS EN LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	<b>27</b>
3.1 Perspectivas para la I+D+i	27
3.2 Impacto esperado	28
3.3 Ámbito clave 1: Reducción de las emisiones de metano entérico	29
3.4 Ámbito clave 2: Reducción de emisiones de metano procedente de la gestión de purines	30
3.5 Resumen de los ámbitos clave del Eje 2	33
<b>4 SISTEMAS AGROALIMENTARIOS Y FORESTALES MÁS SOSTENIBLES Y RESILIENTES PARA MITIGAR Y ADAPTARSE AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>35</b>
4.1 Perspectivas para la I+D+i	35
4.2 Impacto esperado	37
4.3 Ámbito clave 1: Reducción de insumos externos	37
4.4 Ámbito clave 2: Incremento de la producción y el uso de energía procedente de fuentes renovables	39
4.5 Ámbito clave 3: Reforzar los servicios ecosistémicos de la producción primaria y forestal	41
4.6 Resumen del ámbito clave del Eje 3	44

## 1 La Agenda Estratégica Agroalimentación 0 Emisiones

### 1.1 Contexto general

La Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad del Principado de Asturias convocó en 2020 las ayudas a los consorcios de las misiones científicas del Principado de Asturias para el desarrollo de propuestas de intervención y ejecución de proyectos piloto vinculados a la temática de las misiones científicas en el año 2021 <sup>[1]</sup>. El proyecto **Agroalimentación 0 Emisiones** resultó beneficiario de una de las citadas ayudas <sup>[2]</sup>.

Esta Agenda Estratégica de I+D+i es el primer y principal resultado de la Misión Asturias “Reducción de Emisiones y Gases de Efecto Invernadero en la Cadena de Valor Agroalimentaria (2022-2025)”, financiada por el Gobierno del Principado de Asturias en el año 2021.

La convocatoria de ayudas para las Misiones Científicas del Principado de Asturias establecía como primer objetivo la elaboración de una propuesta de intervención y la recopilación de una cartera de proyectos de I+D que puedan contribuir a la consecución de la Misión.

En cumplimiento de ese objetivo, el consorcio Agroalimentación 0 Emisiones ha elaborado una estrategia de investigación e innovación a medio y largo plazo que va a permitir abordar los diferentes vectores que inciden en la producción de residuos y en la generación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la producción, transformación, distribución, consumo y disposición de los productos, con el objetivo de reducirla significativamente, así como la oportunidad de desarrollo del sector agroforestal por su capacidad para compensar emisiones de otros sectores.

La Misión propone, por tanto, una intervención integrada y de amplio alcance para reducir los residuos y las emisiones que se producen a lo largo de toda la cadena de valor agroalimentaria en el Principados de Asturias.

Esta cadena de valor constituye uno de los sectores económicos clave en Asturias. Considerada en sentido amplio, incluye:

- La producción primaria, agrícola, ganadera, pesquera, acuícola y forestal.
- La transformación de los productos primarios, lo que podría incluir la industria agroalimentaria, la transformación de la madera e, incluso, la producción de papel.
- La distribución y comercialización de alimentos, a través de comercios de proximidad, supermercados y grandes superficies.
- La elaboración de alimentos en hostelería, restauración y catering, el denominado sector HORECA.
- La recogida, gestión y aprovechamiento de los residuos alimentarios y orgánicos.

Aunque no existen indicadores agregados de esta cadena de valor, se estima que:

<sup>1</sup> Extracto de la Resolución de 14 de diciembre de 2020 <https://sede.asturias.es/bopa/2020/12/29/2020-11181.pdf>

<sup>2</sup> Resumen de los proyectos de misiones científicas de Asturias  
<https://www.asturias.es/documents/217090/794036/2021+06+20+Resumen+de+los+proyectos+Misiones+Cient%C3%ADficas.pdf/bdbeb887-a65a-3805-c390-fcd920f0bd08?t=1624255234663>

- Aporta más del 10% del valor añadido bruto y un 12% del empleo<sup>3</sup>.
- Supone más del 20% del gasto total de los hogares<sup>4</sup>.
- En la cadena de valor participan más del 15% de las empresas no agrícolas (transformación, logística y distribución, comercio)<sup>5</sup>, a las que hay que añadir alrededor de 22.500 explotaciones agrarias.
- Las explotaciones agrarias gestionan casi medio millón de hectáreas, prácticamente la mitad de la superficie regional. Aproximadamente el 40% de la superficie regional son prados y pastizales y tierras de cultivo, mientras que casi un 49% es terreno forestal, con un 37% de monte maderable.
- La ganadería supone un 73% de la producción agraria en Asturias. La cabaña ganadera supera el medio millón de cabezas, con casi 400.000 cabezas de ganado vacuno. La producción de leche aporta el 40% de la producción agraria total, mientras que el ganado bovino de aptitud cárnica supone casi otro 30%.

Considerado en su globalidad, se estima que el sistema alimentario es el responsable del **27% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI)** a nivel mundial, lo que indica la relevancia de la alimentación en la mitigación del cambio climático<sup>6</sup>. Según los cálculos realizados para Europa, **la agricultura sería responsable del 10,3% de la emisión de GEI5, en un 70% procedente de la ganadería**. Además, la huella de carbono total de los subproductos alimentarios supone el 7-8% de las emisiones totales de GEI.

En el entorno de nuestra región, derivado de su propia actividad, las principales emisiones corresponden a la **emisión de metano producida por la fermentación entérica**, y las **emisiones de metano y óxido nitroso por la gestión del estiércol y la emisión de dióxido de carbono por la quema de combustibles fósiles en los procesos de fabricación y distribución tanto de las materias primas como de los productos agroalimentarios**.

La preocupación por la reducción de la huella ambiental, la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agroalimentarios está nítidamente reflejada en la definición de la estrategia europea “De la granja a la mesa” y en sus líneas de acción, principalmente la reducción de la utilización de plaguicidas, fertilizantes y antibióticos, la conservación de los nutrientes en la agricultura y el desarrollo de la agricultura ecológica, como contribución al Pacto Verde Europeo, “el mayor reto y oportunidad de nuestro tiempo”.

Algunos datos corroboran esta preocupación:

- La producción agroalimentaria es el principal uso de los recursos hídricos, con un 70% del agua destinado a la producción primaria.
- La cantidad de energía necesaria para cultivar, procesar, envasar y llevar los alimentos a las mesas de los ciudadanos europeos representa el 17% del consumo bruto de energía de la UE, lo que equivale a aproximadamente el 26% del consumo final de energía de la UE en 2016.

<sup>3</sup> Fuente: Estimaciones a partir de tablas input-output de Asturias

<sup>4</sup> Fuente: Encuesta de presupuestos familiares

<sup>5</sup> Fuente: DIRCE

<sup>6</sup> Aguilera E, Piñero, P, Infante Amate J, González de Molina M, Lassaletta L, Sanz Cobeña A (2020) Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España. Real Academia de Ingeniería. ISBN: 978-84-95662-77-4.

- La producción agroalimentaria es particularmente vulnerable al cambio climático, puesto que el rendimiento de los cultivos, la producción animal, la biodiversidad y el uso del agua, y la salud del suelo se ven directamente afectados por el cambio climático.

## 1.2 Alineación con estrategias europeas y nacionales

Todas las consideraciones anteriores están en línea con la Estrategia Europea «De la granja a la mesa», elemento esencial del Pacto Verde, que pretende convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro de aquí a 2050. Aunque las emisiones han disminuido desde 1990 (un 20%), se necesitan mayores esfuerzos para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de la UE para 2030 y 2050. La investigación y la innovación (I+D+i) deben ser motores fundamentales para agilizar la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles, saludables e integradores, desde la producción primaria hasta el consumo.

Las medidas clave de la Estrategia «de la granja a la mesa» en relación con la presente Agenda son:

- Reducción del uso y riesgo de pesticidas químicos y antimicrobianos en un 50% y el uso de los pesticidas más peligrosos en un 50%.
- **Reducir las pérdidas de nutrientes en al menos un 50%, sin que por ello se deteriore la fertilidad del suelo.** Esto supone reducir uso de fertilizantes como mínimo el 20% para 2030 y que el 75% de los suelos se puedan clasificar como “suelos saludables”.
- Impulso de aditivos sostenibles para alimentación animal para reducir el impacto medioambiental y climático de las emisiones de GEI del sector ganadero.
- Fomento del cultivo de proteínas vegetales en la UE y uso de otras materias primas alternativas (insectos, algas...etc.) en alimentación animal.
- Desarrollar un plan de acción sobre agricultura ecológica para estimular tanto la oferta como la demanda de productos orgánicos con el objetivo de que **al menos el 25% de las tierras agrícolas de la UE se encuentren bajo cultivo ecológico en 2030.**
- Reducción de la “huella” medioambiental global del sistema alimentario y una mayor eficiencia energética por parte de la industria de transformación, distribución minorista y restauración para hacer más sostenible la cadena alimentaria.

Esta Agenda de I+D+i se alinea, por tanto, con la estrategia “De la granja a la mesa” para contribuir a la transición hacia sistemas agroalimentarios con un impacto neutro o positivo sobre el medio ambiente, que ayuden a mitigar el cambio climático y a revertir la pérdida de biodiversidad, y que, al mismo tiempo, mejoren la eficiencia y los ingresos de las explotaciones agrarias, contribuyendo a su mejora y, en definitiva, a la fijación de la población en el medio rural.

La Agenda toma nota de las orientaciones estratégicas de otros programas europeos, como **Horizonte Europa**, que reconocen la I+D+i como vector fundamental para acelerar esta transición y proponen:

- un clúster Alimentación, Bioeconomía, Recursos Naturales, Agricultura y Medio Ambiente orientado hacia la consecución de la neutralidad climática mediante la reducción de las emisiones y el incremento de las capacidades de secuestro y almacenamiento de GEI en los

sistemas de producción y el fomento de la adaptación de los ecosistemas, la gestión del agua y los sistemas de producción al cambio climático<sup>7</sup>.

- acciones para la reducción de las emisiones y la adaptación al cambio climático en la cadena de valor agroalimentaria en tres de las **Misiones Horizonte Europa** (Adaptación al cambio climático, océanos, mares y aguas costeras y salud del suelo y alimentos). El documento estratégico de la Misión Adaptación al Cambio Climático identifica diversas áreas de I+D+i para desarrollar sistemas alimentarios sostenibles, entre ellas la innovación en modelos empresariales sostenibles para la diversificación de los ingresos, la agricultura orgánica y la agricultura comunitaria, y las cadenas de suministro sostenibles y circulares, la sustitución de los fertilizantes sintéticos y el aumento de la eficiencia del nitrógeno, o la reducción de las emisiones de dióxido de carbono y la ampliación de los sumideros naturales de carbono<sup>8</sup>.
- **una asociación en favor de «sistemas alimentarios seguros y sostenibles para las personas, el planeta y el clima»** para establecer un mecanismo de gobernanza y coordinación en I+D+i en el que participen los Estados miembros y los agentes de los sistemas alimentarios «de la granja a la mesa» y que tendrá la misión de desplegar la estrategia *Food 2030*, cuya segunda prioridad (Clima) pretende fomentar I+D+i para crear sistemas alimentarios inteligentes que se adapten al cambio climático, preserven los recursos naturales y las funciones de los ecosistemas, limiten la degradación del medio ambiente y contribuyan a la mitigación del cambio climático.

Es preciso remarcar que el suelo, los cultivos y los bosques constituyen importantes sumideros y almacenes de carbono y otros GEI. Estas formaciones vegetales actúan como sumideros por su función vital principal, la fotosíntesis (proceso por el que los vegetales captan CO<sub>2</sub> de la atmósfera o disuelto en agua y con la ayuda de la luz solar lo utilizan en la elaboración de moléculas sencillas de azúcares). Mediante esta función fotosintética, los vegetales compensan las pérdidas por la respiración y lo que se emite en otros procesos naturales como la descomposición de materia orgánica. Consecuentemente, esta Agenda debe considerar el potencial de los recursos agroforestales en esta materia, potenciando dicha función y contribuyendo a la circularidad de las explotaciones

En línea con las ambiciones del Pacto Verde, uno de los objetivos de la Política Agrícola Común (PAC), es aumentar la contribución de la agricultura de la UE a la acción contra el cambio climático.

La propuesta de la PAC incluye herramientas como la vinculación de los pagos por superficie y por animales con una serie de obligaciones. Además, también introduce los nuevos 'eco-esquemas' que tienen como objetivo recompensar a los agricultores por ir más allá en la implementación de prácticas agrícolas sostenibles. El marco de desarrollo rural también incluye compromisos de gestión ambiental y climática, que tienen como objetivo compensar a los agricultores y otros beneficiarios por comprometerse voluntariamente a implementar prácticas sostenibles.

A nivel nacional, esta Agenda se vincula con los ejes transversales y políticas palanca del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia “España Puede” que traza la hoja de ruta para la modernización de la economía española. Los 4 ejes transversales a través de los que se distribuyen en España los fondos europeos: transición ecológica, transformación digital, cohesión social y

---

<sup>7</sup> Comisión Europea (2019) Orientations towards the first Strategic Plan for Horizon Europe, p.113

<sup>8</sup> Comisión Europea (2020) Proposed Mission: A Climate Resilient Europe: Prepare Europe for climate disruptions and accelerate the transformation to a climate resilient and just Europe by 2030. Report of the Mission Board for Adaptation to Climate Change, including Societal Transformation

territorial e igualdad de género, se proyectan en 10 políticas palanca, de las cuales inciden de forma directa en la presente Misión Científica Agroalimentación 0 emisiones:

- A través del “**Componente 3: Transformación ambiental y digital del sistema agroalimentario y pesquero**” de la política palanca I (Agenda urbana y rural, lucha contra la despoblación y desarrollo de la agricultura). Dentro de este componente, se apuesta por la transformación y adaptación del sector agroalimentario para responder a los retos de la globalización, de la digitalización y del cambio climático y para atender a las necesidades de una población cada vez más concienciada con la producción sostenible y la calidad de los alimentos. Este componente se orienta a lograr la transformación ambiental y digital del sector, con una enorme capacidad de arrastre sobre la actividad y el empleo. Con ello se busca reforzar el sistema agroalimentario, mejorar el funcionamiento de la cadena alimentaria, fomentar la innovación y la eficiencia energética y lograr un mejor uso de los recursos, especialmente de los hídricos.
- A través del “**Componente 4: Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad**” de la política palanca II (Infraestructuras y ecosistemas resilientes), que tiene como objetivo alcanzar un buen estado de conservación de los ecosistemas mediante su restauración ecológica cuando sea necesaria, y revertir la pérdida de biodiversidad, garantizando un uso sostenible de los recursos naturales y la preservación y mejora de sus servicios ecosistémicos.

También se vincula con la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC), que a su vez se alinea con los objetivos de los planes de acción de economía circular de la Unión Europea.

La Estrategia establece unas orientaciones estratégicas a modo de decálogo y se marca una serie de objetivos cuantitativos a alcanzar para el año 2030:

- Reducir la generación de residuos un 15% respecto de lo generado en 2010.
- Reducir la generación residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50% de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20% en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020.
- Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados.
- Mejorar un 10% la eficiencia en el uso del agua.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

La EEEEC identifica seis sectores prioritarios de actividad en los que incorporar este reto para una España circular, entre los que se encuentra el agroalimentario, pesquero y forestal.

Por ello, esta Agenda será un instrumento muy útil para la aplicación, de manera eficaz, de los recursos que previsiblemente se dedicarán a impulsar la transformación económica y social de España, con el apoyo de los fondos europeos, en particular de los fondos *Next Generation UE*.

### 1.3 Proceso de elaboración de la Agenda

Esta Agenda Estratégica de I+D+i ha sido elaborada por los agentes más relevantes del sistema de I+D+i del Principado de Asturias en el ámbito agroalimentario, que incluyen los centros de investigación y tecnológicos y empresas públicas y privadas más significativos en esta cadena de valor (producción, transformación, distribución, gestión de residuos), a los que se han unido otros

agentes que aportan conocimiento y capacidades de investigación e innovación en tecnologías transversales: tecnologías digitales, fabricación, materiales.

Las entidades participantes se han distribuido según sus capacidades y experiencia en tres grupos de trabajo, que coinciden con los tres ejes clave de intervención identificados, cada uno con el objetivo de identificar los diversos ámbitos sobre los que es necesario desarrollar proyectos de investigación e innovación que aporten novedades sobre el estado del arte y contribuyan a reducir residuos y emisiones en la cadena de valor agroalimentaria.

Estos tres ejes son:

- **Eje 1: Circularidad en la cadena de valor agroalimentaria y forestal**, cuyo objetivo es favorecer la reducción de todo tipo de residuos a lo largo de toda la cadena y el incremento del valor de los subproductos y residuos, explorando alternativas viables para su aprovechamiento.

PARTICIPANTES EJE 1 (SOMBREADO ENTIDAD COORDINADORA)	
Compañía para la Gestión de los Residuos Sólidos en Asturias	COGERSA
Desarrollo de Estrategias Exteriores, S.A.	DEX
Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario	SERIDA
Instituto de Productos Lácteos de Asturias	IPLA-CSIC
Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono	INCAR-CSIC
Central Lechera Asturiana SAT	CLAS
Corporación Alimentaria Peñasanta, S.A.	CAPSA
Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera	CETEMAS
CTIC Centro Tecnológico	CTIC
Fundación IDONIAL	IDONIAL
Asociación de Investigación de Industrias cárnicas del Principado de Asturias	ASINCAR
Universidad de Oviedo	UNIOVI-INDUROT
Neoalgae Micro Seaweeds Products S.L.N.E.	NEOALGAE
Campoastur Productos y Servicios, Sociedad Cooperativa Asturiana	CAMPOASTUR

- **Eje 2: Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero**, que se centra especialmente en la reducción las emisiones directas que se produce en la producción primaria (reducción de las emisiones de metano y otros gases procedente de la fermentación entérica y de los purines generados por la cabaña ganadera) por ser donde se generan en mayor medida.

PARTICIPANTES EJE 2 (SOMBREADO ENTIDAD COORDINADORA)	
Corporación Alimentaria Peñasanta, S.A.	CAPSA
Central Lechera Asturiana SAT	CLAS
Desarrollo de Estrategias Exteriores, S.A.	DEX

<b>Servicio Regional de Investigación y Desarrollo agroalimentario</b>	SERIDA
<b>Instituto de Productos Lácteos de Asturias</b>	IPLA-CSIC
<b>Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera</b>	CETEMAS
<b>Compañía para la Gestión de los Residuos Sólidos en Asturias</b>	COGERSA
<b>CTIC Centro Tecnológico</b>	CTIC

- **Eje 3: Sistemas agroalimentarios y forestales más sostenibles y resilientes**, para contribuir a hacer más sostenible la producción y la transformación agroalimentaria en el Principado de Asturias, reduciendo el uso de determinados insumos externos con elevada huella ambiental y de carbono, mejorando la eficiencia energética e incrementando el uso de energías renovables. Las prioridades de investigación dentro de este eje se dirigen principalmente a mejorar la capacidad de las explotaciones agrarias y forestales para prestar servicios ecosistémicos y, en particular, a reforzar su función como sumideros de carbono y colaborar en la reutilización de los biorresiduos.

<b>PARTICIPANTES EJE 2 (SOMBREADO ENTIDAD COORDINADORA)</b>	
<b>Servicio Regional de Investigación y Desarrollo agroalimentario</b>	SERIDA
<b>Compañía para la Gestión de los Residuos Sólidos en Asturias</b>	COGERSA
<b>Desarrollo de Estrategias Exteriores, S.A.</b>	DEX
<b>Instituto de Productos Lácteos de Asturias</b>	IPLA-CSIC
<b>Central Lechera Asturiana SAT</b>	CLAS
<b>Corporación Alimentaria Peñasanta, S.A.</b>	CAPSA
<b>Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera</b>	CETEMAS
<b>CTIC Centro Tecnológico</b>	CTIC
<b>Universidad de Oviedo</b>	UNIOVI-INDUROT
<b>Nealgae Micro Seaweeds Products S.L.N.E.</b>	NEOALGAE
<b>Campoastur Productos y Servicios, Sociedad Cooperativa Asturiana</b>	CAMPOASTUR

Cada grupo ha trabajado de manera independiente en las primeras fases de la Misión con el objetivo de determinar el estado del arte actual y las perspectivas futuras, definir prioridades e identificar proyectos colaborativos que estimulen el progreso tecnológico en sus respectivos ámbitos. Las entidades participantes involucradas en varios de los grupos de trabajo, y especialmente los Coordinadores de cada grupo, se han encargado de identificar las sinergias existentes entre los distintos ámbitos clave en las fases posteriores de la Misión.

La presente Agenda, se estructura en función de los 3 ejes de intervención identificados, haciendo en primer lugar un análisis de las perspectivas de la I+D+i sobre los antecedentes y estado del arte para cada Eje.

En segundo lugar se identifican los desafíos específicos para el sector agroalimentario del Principado de Asturias y las líneas de investigación hacia las que el Consorcio considera prioritario dirigir su estrategia de I+D+i.

Además, otros intervinientes en los que se incluyen Colaboradores, entidades, instituciones y asociaciones representativas de la cadena de valor agroalimentaria han tenido y tendrán una función clave en la difusión de los resultados de la investigación y en la orientación de la innovación, ayudando a identificar problemas y retos a los que dar respuesta a través de las capacidades de investigación y la innovación de todos los participantes.

Colaboradores
CONSEJO REGULADOR DE LA DOP QUESO CASÍN
DOP AFUEGA'L PITU
QUESEROS ARTESANOS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (AQA Asturias)
VALLE, BALLINA Y FDEZ
COLEGIO OFICIAL DE QUÍMICOS DE ASTURIAS Y LEÓN
IGP TERNERA ASTURIANA (IGPTA)
ASTURIANA DE CONTROL LECHERO (ASCOL)
ASTURIANA DE CONTROL LECHERO (ASCOL)
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CRIADORES DE LA RAZA ASTURIANA DE LOS VALLES (ASEAVA)
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CRIADORES DE LA RAZA ASTURIANA DE LA MONTAÑA (ASEAMO)
CONSEJO REGULADOR DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA SIDRA DE ASTURIAS
CONSEJO REGULADOR DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA SIDRA DE ASTURIAS

Los miembros del Consorcio han visto en la Misión una oportunidad para establecer un marco estable de colaboración, definir conjuntamente prioridades de innovación y facilitar la identificación, preparación y ejecución de proyectos colaborativos. También han visto una oportunidad para ensayar un modelo de integración flexible que permita adquirir una mayor dimensión con vistas a establecer colaboraciones con otros agentes y a participar en iniciativas de investigación e innovación internacionales, principalmente en Horizonte Europa y el programa LIFE, que cuenta con nuevo subprograma Economía Circular y Calidad de Vida.

## 2 Circularidad en la cadena de valor agroalimentaria y forestal

### Ámbitos clave

Reducción de la  
producción de residuos

Aprovechamiento de  
subproductos

Tratamiento y  
valorización de residuos

### 2.1 Perspectivas para la I+D+i

Como antecedente en el Principado de Asturias en relación con la gestión circular de recursos, existe el **Asturias Paradise Hub 4 Circularity (AsPH4C)** que es una agrupación territorial de industrias conexas, comprometidas con el entorno e infraestructuras de I+D para la valorización, públicas y privadas, que colectivamente alcanzan niveles de demostración en cuanto a la gestión circular de recursos. El hub ha identificado una serie de plantas piloto de I+D públicas y privadas, que reproducen procesos o partes de procesos aplicables a la valorización de residuos<sup>[9]</sup>. Entre ellas se pueden destacar algunas relacionadas con las tecnologías habilitadoras mencionadas anteriormente, como Eucalyptus (pirólisis de TSK), planta de extracción hidrotermal (CETEMAS), planta de cultivo de microalgas (COGERSA), HTC de INCAR-CSIC, reactores de hidrólisis a presión (Universidad de Oviedo), etc.

Uno de los pilares fundamentales de AsPH4C se sustenta en la **simbiosis Industrial y Urbana** y otro en los **circuitos de valorización integral** que oferta la red de infraestructuras regionales de I+D para la valorización de residuos.

El diagnóstico realizado dentro del Inventario de Residuos correspondiente al proyecto piloto refleja que **los flujos más relevantes que plantean un mayor impacto actualmente son los estiércoles y purines, y los biorresiduos de origen municipal**; aunque también existen oportunidades de mejora en otros flujos como los lactosueros, los residuos de la sidra, los plásticos de uso agrícola, e incluso materiales lignocelulósicos que no se consideran residuos pero que pueden ser susceptibles de un aprovechamiento para minimizar riesgos de incendio.

La jerarquía europea de gestión de residuos indica que los ámbitos clave de actuación para mejorar la gestión han de dirigirse hacia la prevención o minimización en la generación de residuos, el aprovechamiento de los residuos en las propias explotaciones (reutilización), y el reciclaje y otras formas de valorización. La eliminación en vertedero o el desaprovechamiento han de ser la última opción.

<sup>9</sup> Buscador de plantas piloto del AsPH4C

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizjU5OGMzNDAtZDNiZC00MDA5LTg1OGQtMjlyMTFjZmFhMmQzliwidCI6JzJyZQ1NjU5LTcwYWUtNDZiZi05NzJlLWNiMDhiMzIxZDQ2ZC1slmMiQjh9>

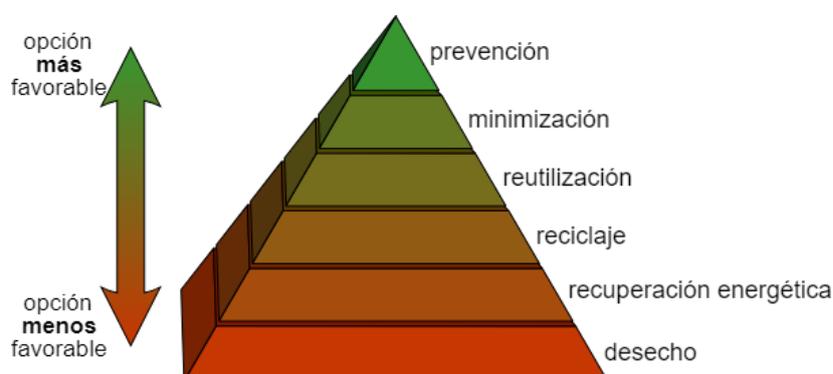


Figura 1. Jerarquía europea de gestión de residuos

La prevención y reutilización en las explotaciones son aspectos que se abordan mediante sistemas agroalimentarios y forestales más sostenibles y resilientes (grupo de trabajo 3 del consorcio AOE).

Las perspectivas para la I+D+i desarrolladas dentro del Eje 1 se enfocan principalmente a mejorar la valorización de residuos que el sector primario envía a gestores externos o que salen de las explotaciones.

Esta línea de investigación aspira a desarrollar alternativas de valorización a los biorresiduos que actualmente se eliminan en vertedero. Para lograrlo se proponen varios ejes de actuación como:

- Desarrollo del autocompostaje (individual y comunitario) mejorando el proceso en aspectos como la cuantificación remota de los resultados para que puedan ser contabilizados en las estadísticas regionales. Por ejemplo, mediante desarrollos en sensórica, digitalización, etc.
- Investigación sociológica para desarrollar la separación doméstica de biorresiduos.
- Nuevas tecnologías para la separación automatizada de biorresiduos de la fracción mezclada de residuos urbanos.
- Obtención de productos de alto valor añadido a partir de biorresiduos mediante tecnologías habilitadoras como digestión anaerobia, HTC, HTL, hidrólisis, pirólisis, gasificación, etc.
- Cultivo de microalgas como biotratamiento de corrientes líquidas y de gases de los anteriores tratamientos.

### 2.1.1 Tecnologías habilitadoras

Las tecnologías habilitadoras más innovadoras que están siendo objeto de recientes proyectos de I+D+i para la valorización de residuos biogénicos son:

Tecnología	Utilización	Retos y líneas de investigación e innovación
Compostaje	Residuos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora del proceso (más rapidez, menos olores, automatización, etc.)</li> <li>- Estudio de la mezcla de diferentes sustratos</li> <li>- Evaluación de la calidad del compost</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectos ambientales y agronómicos de su aplicación. <sup>10, 11, 12, 13</sup></li> </ul>
<b>Bioconversión con microalgas</b>	Residuos del sector primario o subproductos del tratamiento de dichos residuos para su cultivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las microalgas se alimentan con nutrientes (N, P, Fe, etc.) y CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Cultivo de microalgas empleando bio-líquidos residuales de la digestión anaerobia y de la carbonización hidrotermal de biomásas <sup>[14, 15, 16, 17, 18]</sup>.</li> </ul>
<b>Bioconversión con insectos</b>	Desechos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de desechos orgánicos y su valorización mediante la obtención de proteínas y otros bio-derivados <sup>[19, 20]</sup>.</li> </ul>
<b>Digestión aerobia</b>	Residuos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora del tratamiento de sus digestatos</li> <li>- la purificación del biogás para la obtención de biometano</li> <li>- la obtención de biofertilizantes</li> <li>- el reformado del biogás para la producción de H<sub>2</sub></li> <li>- la mejora de la variante termófila, menos desarrollada que la mesófila <sup>[21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]</sup></li> </ul>
<b>Carbonización hidrotermal (HTC)</b>	La HTC permite convertir biomásas en materiales carbonosos que pueden encontrar aplicaciones como combustibles sólidos, constituyentes en electrodos,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternativa para la valorización de residuos biomásicos como residuos municipales <sup>[29, 30]</sup>. biorresiduos</li> </ul>

<sup>10</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417310374>

<sup>11</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444642004000098>

<sup>12</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716310349>

<sup>13</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139316304954>

<sup>14</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852418310290?via%3Dihub>

<sup>15</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5085724/>

<sup>16</sup> <https://www.mdpi.com/2306-5354/8/5/57/pdf>

<sup>17</sup> <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42521-2>

<sup>18</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420306607>

<sup>19</sup> [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-20561-4\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-20561-4_12)

<sup>20</sup> <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/1/161/pdf>

<sup>21</sup> [https://www.researchgate.net/publication/340371652\\_Mesophilic\\_and\\_Thermophilic\\_Anaerobic\\_Digestion\\_of\\_Organic\\_Fraction\\_Separated\\_during\\_Mechanical\\_Heat\\_Treatment\\_of\\_Municipal\\_Waste](https://www.researchgate.net/publication/340371652_Mesophilic_and_Thermophilic_Anaerobic_Digestion_of_Organic_Fraction_Separated_during_Mechanical_Heat_Treatment_of_Municipal_Waste)

<sup>22</sup> <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2018.00075/full>

<sup>23</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6321569/>

<sup>24</sup> <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-020-09531-3>

<sup>25</sup> <https://www.redalyc.org/journal/3420/342046466002/html/>

<sup>26</sup> [https://www.researchgate.net/publication/324577585\\_Extraction\\_of\\_phosphorus\\_and\\_struvite\\_production\\_from\\_the\\_anaerobically\\_digested\\_organic\\_fraction\\_of\\_municipal\\_solid\\_waste](https://www.researchgate.net/publication/324577585_Extraction_of_phosphorus_and_struvite_production_from_the_anaerobically_digested_organic_fraction_of_municipal_solid_waste)

<sup>27</sup> <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0734242X18816793>

<sup>29</sup> [https://www.researchgate.net/publication/51217705\\_Hydrothermal\\_Carbonization\\_of\\_Municipal\\_Waste\\_Streams](https://www.researchgate.net/publication/51217705_Hydrothermal_Carbonization_of_Municipal_Waste_Streams)

<sup>30</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120308334>

	baterías y supercondensadores, como medios de purificación de agua, materiales de captura de CO <sub>2</sub> , aditivos para el suelo, etc. [28].	[31], lodos de depuradora [32], residuos de madera [33], papel/cartón [34], etc. - Posterior aplicación de los hidrocarbones obtenidos como agregados para materiales del sector de la construcción [35, 36].
<b>Licuefacción hidrotermal (HTL)</b>	Licuefacción hidrotermal es una tecnología similar a la HTC, aunque se lleva a cabo en condiciones de presión y temperatura más agresivas, lo que permite obtener bio-líquidos en vez de hidrocarbones.	Estos bio-líquidos tienen interés como combustibles, aditivos para la formulación de asfaltos, etc. [37, 38, 39].
<b>Hidrólisis térmica oxidación húmeda</b>	Tecnología como la HTC o la HTL en la que no se produce combustión de la materia	Acoplada con otras tecnologías como la digestión anaerobia y/o la fermentación puede dar lugar a biopolímeros como el PHA u otras biomoléculas de interés [40, 41, 42, 43].
<b>Pirólisis</b>	Degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno, sin que se produzcan las reacciones de combustión para obtener carbón vegetal. También líquidos de pirólisis	- Aplicación a otros sustratos como residuos de plásticos, materiales compuestos como el brik, otras biomasas

<sup>28</sup> Hydrothermal Carbonisation (HTC): History, State-of-the-Art and Chemistry. RSC Green Chemistry 2015(32):129-155  
[https://www.researchgate.net/publication/274256093\\_Hydrothermal\\_Carbonisation\\_HTC\\_History\\_State-of-the-Art\\_and\\_Chemistry\\_Chapter\\_5](https://www.researchgate.net/publication/274256093_Hydrothermal_Carbonisation_HTC_History_State-of-the-Art_and_Chemistry_Chapter_5)

<sup>31</sup> Hydrothermal carbonization as an all-inclusive process for food-waste conversion. Bioresource Technology Reports Volume 2, June 2018, Pages 77-83 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X18300318>

<sup>32</sup> Hydrothermal carbonisation of sewage sludge for char production with different waste biomass: Effects of reaction temperature and energy recycling. Energy 127 (2017) 167-174  
[https://www.researchgate.net/publication/315651958\\_Hydrothermal\\_carbonisation\\_of\\_sewage\\_sludge\\_for\\_char\\_production\\_with\\_different\\_waste\\_biomass\\_Effects\\_of\\_reaction\\_temperature\\_and\\_energy\\_recycling](https://www.researchgate.net/publication/315651958_Hydrothermal_carbonisation_of_sewage_sludge_for_char_production_with_different_waste_biomass_Effects_of_reaction_temperature_and_energy_recycling)

<sup>33</sup> A review of the hydrothermal carbonization of biomass waste for hydrochar formation: Process conditions, fundamentals, and physicochemical properties. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 90, July 2018, Pages 223-247  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118301618>

<sup>34</sup> Hydrothermal carbonization of industrial mixed sludge from a pulp and paper mill. January 2016. Bioresource Technology 200:444-450  
[https://www.researchgate.net/publication/283355095\\_Hydrothermal\\_carbonization\\_of\\_industrial\\_mixed\\_sludge\\_from\\_a\\_pulp\\_and\\_paper\\_mill](https://www.researchgate.net/publication/283355095_Hydrothermal_carbonization_of_industrial_mixed_sludge_from_a_pulp_and_paper_mill)

<sup>35</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710220318660>

<sup>36</sup> <https://www.mdpi.com/2073-4352/11/5/527>

<sup>37</sup> <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.658592/full>

<sup>38</sup> [https://www.researchgate.net/publication/331051167\\_Development\\_of\\_Upgraded\\_Bio-Oil\\_Via\\_Liquefaction\\_and\\_Pyrolysis](https://www.researchgate.net/publication/331051167_Development_of_Upgraded_Bio-Oil_Via_Liquefaction_and_Pyrolysis)

<sup>39</sup> <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/4/918/pdf>

<sup>40</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720303557>

<sup>41</sup> <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2018.00075/full>

<sup>42</sup> [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421001528?dgcid=rss\\_sd\\_all](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421001528?dgcid=rss_sd_all)

<sup>43</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421000729>

	(hidrocarburos de cadenas largas como alquitranes, aceites, fenoles, ceras formadas al condensar a temperatura ambiente), un gas de pirólisis integrado por CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y compuestos más volátiles procedentes del cracking de las moléculas orgánicas	- Estudio de las propiedades de los materiales obtenidos y desarrollar sus aplicaciones <sup>[44, 45, 46, 47]</sup> .
<b>Gasificación</b>	Oxidación parcial de la materia en presencia de una concentración de oxígeno inferior a la requerida estequiométricamente para una combustión completa y como resultado permite obtener un gas combustible o gas de síntesis (singas) compuesto principalmente por CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y si se usa aire también N <sub>2</sub> .	- Obtención de energía, - Moléculas plataforma - Producción de hidrógeno verde mediante el reformado del <i>syngas</i> <sup>[48, 49, 50, 51]</sup> .
<b>Extracción hidrotermal</b>	Extracción parcial de residuos lignocelulósicos condiciones controladas de presión, temperatura y tiempo	Obtención de bioproductos de interés en la industria alimentaria, química, farmacéutica, cosmética, etc. <sup>[52, 53, 54]</sup> .

### 2.1.2 Valorización de estiércoles y purines

Las tecnologías habilitadoras, que han sido investigadas en algunos casos para diferentes materiales biomásicos, pueden ensayarse para la valorización de estiércoles y purines. Existen ejemplos de

<sup>44</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X14003596>

<sup>45</sup>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236121004877#:~:text=Pyrolysis%20is%20a%20thermochemical%20process,presented%20by%20Basu%20%5B4%5D>

<sup>46</sup> <https://www.mdpi.com/2073-4344/8/12/659/pdf>

<sup>47</sup> [https://repository.library.fresnostate.edu/bitstream/handle/10211.3/211035/Jackson\\_cs\\_u\\_6050N\\_10701.pdf?sequence=1](https://repository.library.fresnostate.edu/bitstream/handle/10211.3/211035/Jackson_cs_u_6050N_10701.pdf?sequence=1)

<sup>48</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X11004314>

<sup>49</sup> <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00011/full>

<sup>50</sup>

[https://www.researchgate.net/publication/350217060\\_Hydrogen\\_production\\_from\\_municipal\\_solid\\_waste\\_MSW\\_for\\_cleaner\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/350217060_Hydrogen_production_from_municipal_solid_waste_MSW_for_cleaner_environment)

<sup>51</sup> <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/13674/1/Use%20of%20Municipal%20Solid%20Waste%20%28MSW%29-Derived%20Hydrogen%20in%20Ecuador.pdf>

<sup>52</sup> <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00011/full>

<sup>53</sup> [https://www.researchgate.net/publication/333317916\\_Tannins\\_Extraction\\_from\\_Plantshttps://www.researchgate.net/publication/333317916\\_Tannins\\_Extraction\\_from\\_Plants](https://www.researchgate.net/publication/333317916_Tannins_Extraction_from_Plantshttps://www.researchgate.net/publication/333317916_Tannins_Extraction_from_Plants)

<sup>54</sup> [http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/1992/FragaCorral\\_Maria\\_2019\\_Moleculas\\_25\\_3\\_Tecnologia\\_application\\_tannin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/1992/FragaCorral_Maria_2019_Moleculas_25_3_Tecnologia_application_tannin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

digestión anaerobia de estiércoles y purines, pero la variante termófila se puede considerar poco explorada. Menos explorada aún está la aplicación de otras tecnologías como HTC, HTL, pirólisis o incluso gasificación. Uno de los aspectos clave que debe considerarse es la humedad intrínseca de estos residuos, beneficiosa para tecnologías como la digestión o los tratamientos hidrotermales, pero perjudicial en el caso de otros como la pirólisis o la gasificación. En el caso de la digestión anaerobia convencional, **se abren nuevas oportunidades de I+D en el ámbito del tratamiento del biogás para obtener biometano para inyección en red o uso en flotas**, o incluso hidrógeno mediante reformado.

### 2.1.3 Valorización de residuos de la industria de transformación del sector primario

Las industrias láctea, quesera, cárnica, pesquera, y hortofrutícola comparten el hecho de producir gran cantidad de residuos biogénicos. Debido a esto ha surgido un creciente interés en definir nuevas soluciones técnicas y organizativas destinadas a ofrecer una mejor explotación de estas biomásas y maximizar su potencial económico mediante nuevas rutas de valorización que extraigan compuestos bioactivos, como proteínas (enzimas, colágeno), lípidos (ácidos grasos medios y poliinsaturados), etc., de gran interés para la producción de biopolímeros basados en PHAs de cadena media (mcl-PHAs) mediante el desarrollo de un proceso sostenible óptimo y estable.

Estos PHAs, que tienen características comparables a los plásticos comunes, destacan sobre todo por su versatilidad, alta degradabilidad en diferentes entornos y sobre todo porque las emisiones de GEI derivadas de su producción son mucho menores que las de los polímeros de origen fósil. El gran inconveniente de los PHAs es su alto coste de producción (2,5-5 €/kg<sup>55</sup>) debido al bajo rendimiento del proceso. Los esfuerzos en investigación deben centrarse en desarrollar procesos de producción que minimicen la producción de residuos o subproductos y el aprovechamiento de los mismos cuando se producen.

### 2.1.4 Valorización de materiales lignocelulósicos

Los materiales lignocelulósicos que no están siendo explotados (p.e. masas arbustivas) y los residuos lignocelulósicos de procesos de explotación agroforestal, que pueden ser objeto de actuaciones de I+D+i para acomodarlos a las estrategias de bioeconomía, economía circular, mitigación de cambio climático e incluso fijación demográfica en entornos rurales. Los distintos materiales se pueden investigar para conocer en más detalle su producción, características, tasa de renovación en caso de explotación y sus posibles usos. Además del obvio uso energético, se considera oportuno investigar la obtención de **bioproductos** como hemicelulosa, combustibles de segunda generación, etc. Esta línea de trabajo apunta en la misma dirección que la estrategia RIS III & S3 del Principado o que la European Biorefinery Joint Strategic Research Roadmap Star-colibri y se centra en un conjunto de objetivos que se pueden resumir en:

- Desarrollar tecnologías y procesos de extracción adaptados a la naturaleza de los residuos/subproductos de partida y a los productos objetivo.
- Caracterizar fisicoquímicamente estos productos para después usarlos de forma adecuada.
- Implementar y crear tecnologías de separación, purificación y concentración de los extractos obtenidos.

---

<sup>55</sup> K. Khosravi-Darani and D. Z. Bucci, Application of Poly (hydroxyalkanoates in food packaging, Chem. Biochem. Eng. Q., 29(2) 275–285 (2015)

- Identificar productos objetivo que pasen de ser residuos a productos de partida en procesos industriales.

Esta línea de trabajo podría atraer y concitar el interés de empresas del sector forestal, empresas del sector agroalimentario, empresas de ingeniería, universidades, centros tecnológicos, gestores de residuos, centros de investigación, y usuarios finales.

### 2.1.5 Valorización de plásticos de uso agrícola

Los plásticos de uso agrícola se pueden dividir en dos grandes grupos, envases de productos fitosanitarios en el ámbito de responsabilidad de SIGFITO que es el sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor (SCRAP) e incluso otros envases bajo la responsabilidad de ECOEMBES; y los plásticos de ensilado e invernadero. Estos últimos plásticos, por no depender aún de ningún SCRAP, son los que presentan una gestión más deficiente. Por sus características, los plásticos de ensilar y de invernadero podrían ser estudiados como material para un reciclaje químico mediante HTL, pirólisis, y/o gasificación, además de su posible valorización energética.

## 2.2 Impacto esperado

El impacto global esperado será la reducción, aprovechamiento y valorización de los residuos del sector primario desde una perspectiva de circularidad, así como la conversión de los subproductos y residuos en nuevos recursos que puedan ser utilizados en otros procesos productivos tratando de estimular una simbiosis industrial-urbana. En particular, se espera un incremento en la producción de biogás/biometano, biofertilizantes, hidrocarburos y biocarburos renovables para distintos propósitos, el incremento del uso de bioplásticos en todas las fases de la cadena agroalimentaria, así como la valorización de plásticos agrícolas.

La estrategia está encaminada, a su vez, al desarrollo de:

- Nuevos sistemas de auto-compostaje y compostaje comunitario.
- Nuevos productos para alimentación humana y animal que incorporen subproductos agroalimentarios o derivados.
- Nuevos productos biofertilizantes a partir de la valorización de residuos a través de microalgas.
- Materiales de carbono a partir de residuos biomásicos.
- Otros desarrollos innovadores.

Este aprovechamiento de recursos biogénicos se traduce directamente en un desacoplamiento del consumo de derivados fósiles, y por tanto en una mitigación de las emisiones de efecto invernadero. Además, la reducción del vertido de residuos biogénicos también disminuirá las emisiones difusas de metano que se caracterizan por un efecto invernadero muy superior al CO<sub>2</sub>. En este sentido hay que destacar que la fuente de emisiones de GEI más relevante de COGERSA es el vertedero central para el que se estimó un promedio anual de 58.890 t CO<sub>2</sub>e en el cuatrienio 2014-2017, lo que representa un 66,3% de todas las emisiones cuantificadas de los procesos y operaciones de COGERSA. La reducción del vertido de residuos biogénicos favorecerá la correspondiente disminución de emisiones fugitivas de metano, y por tanto la reducción se su impacto climático.

Otros impactos positivos asociados al desarrollo de los proyectos propuestos son:

- El refuerzo de las colaboraciones público-privadas.
- Nuevas sinergias de colaboración entre la industria y los centros de investigación.
- La especialización de Asturias en el ámbito de la bioeconomía circular hipocarbónica.
- La alineación de estrategias políticas e intereses regionales.
- La atracción de fondos y proyectos europeos.
- La creación de nuevos modelos de negocio y el estímulo de actividad en los entornos rurales.

## 2.3 Ámbito clave 1: Reducción de la producción de residuos

### 2.3.1 Desafíos específicos

#### Desarrollo de tecnologías de conservación y de sensórica avanzada para la optimización de la vida útil y la reducción de pérdidas y residuos

Toda la cadena agroalimentaria ha realizado grandes esfuerzos en mejorar los procesos de producción para obtener productos de mayor calidad y más seguros para el consumidor. Sin embargo, la ventana temporal y los destinos para su comercialización se ven limitados por la vida útil en la que se puede mantener dicha calidad. Por ello, es preciso encontrar estrategias que amplíen lo máximo posible la vida útil de los productos, con el fin de que la cadena logística y el consumidor final tengan una herramienta más en la reducción de desperdicios.

### 2.3.2 Líneas de investigación e innovación

#### Desarrollo de tecnologías de conservación y de sensórica avanzada para la optimización de la vida útil y la reducción de pérdidas y residuos

El desarrollo de **tecnologías térmicas y no térmicas, para la conservación** de alimentos y su implementación en los procesos de producción de alimentos pueden ser muy útiles en este sentido. Además, la **sensórica avanzada** (basada en tecnología NIR, y en imagen hiperespectral) para definir esa vida útil y la calidad y seguridad alimentaria obtenida tras un proceso productivo puede ser una alternativa prometedora, aportando rapidez, exactitud, confiabilidad, además de ser una tecnología de análisis no destructiva que puede implementarse en las diferentes partes del proceso productivo, obteniendo información inmediatamente, algo que los métodos analíticos tradicionales generalmente no pueden conseguir.

También se están desarrollando en el SERIDA proyectos relativos a la calidad de la carne dentro del Plan Nacional que consisten en la identificación de **biomarcadores tempranos** de la calidad del producto y de la vida útil, para optimizar la toma de decisiones sobre la conservación del alimento y reducir los desechos alimentarios.

## 2.4 Ámbito clave 2: Aprovechamiento de subproductos

### 2.4.1 Desafíos específicos

#### Aprovechamiento de desechos de la producción agroalimentaria para su reintroducción en la cadena alimentaria, y/o desarrollo de productos en diferentes sectores

Apenas existen datos ni bibliografía del volumen de **excedentes y de subproductos** con potencial real de aprovechamiento que genera la industria agroalimentaria asturiana en sectores clave como la producción hortofrutícola, la producción apícola, de la pesca, de la transformación cárnica, etc.

Es por ello que supone un desafío identificar estos flujos para poder desarrollar proyectos e iniciativas que permitan su reintroducción en la cadena alimentaria o el desarrollo de nuevos productos a partir de los mismos.

En los últimos años, Europa ha aprobado una serie de medidas para reducir el uso de los plásticos apostando así por nuevos biopolímeros. Estas medidas van dirigidas a incrementar el porcentaje de plástico reciclado en los envases, hasta un 30 % en 2030 (Directivas (UE) 849, 850, 851, 852/2018). También se ha legislado sobre el uso de plásticos de un solo uso, por un lado la reducción de uso de las bolsas de plástico en los establecimientos (Directiva (UE) 2015/720) así como la prohibición del uso de plásticos desechables para 2021 (Directiva (UE) 2018/0172)

La **celulosa bacteriana (BC)** tiene una larga historia de su uso como biomaterial importante para diversas aplicaciones. Sin embargo, el potencial para su industrialización y comercialización a gran escala sigue siendo un desafío debido al alto costo de fermentación, baja productividad y medios de cultivo caros. Para superar este problema, se han evaluado sustratos de bajo costo y grandes subproductos de biomasa residual de diversas industrias para la producción de BC. De estos, toneladas de desechos producidos en las industrias agroalimentaria, cervecera y azucarera, biorefinerías lignocelulósicas, fábricas de pulpa y textiles son materias primas ideales para la producción de BC. Recientemente, varios estudios han informado que los desechos de estas industrias son una fuente de diversos nutrientes para la producción de bajo costo de BC.

En un estudio desarrollado, la celulosa bacteriana (BC) se puede usar en las industrias médica, biomédica, electrónica, alimentaria y papelera debido a sus propiedades únicas que la distinguen de la celulosa vegetal.

### ***Producción film comestible***

Una lámina comestible es una capa delgada que se coloca como una barrera entre el alimento y el entorno, y que **puede ser consumido**. El film comestible se puede usar para **prolongar la vida de los alimentos** que se guardan y **protegerlos de las bacterias**. El componente principal del film comestible es el almidón, y también se le pueden agregar otros aditivos naturales para darle mejor sabor.

El desarrollo de películas y recubrimientos comestibles aplicados a productos hortofrutícolas tanto frescos como mínimamente procesados ha generado recientes avances respecto al efecto sinérgico de los componentes sobre la vida de anaquel de dichos alimentos. El uso de hidrocoloides, plastificantes, aditivos y compuestos activos, tiene como objetivo generar una atmósfera modificada (AM) que tiene la capacidad de controlar la transferencia de masa representada en solutos, solventes, gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) e incluso migrar sustancias desde la matriz ubicada en la superficie del alimento, tener efectos positivos sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano, y mantener características tan deseadas por los consumidores como firmeza, brillo, color de los frutos e incluso en alimentos procesados como los productos fritos pueden llegar a minimizar la absorción de lípidos. Por lo anteriormente anotado, su estudio y divulgación seguirá siendo un tópico de vital importancia en las tecnologías emergentes, ya que son evidentes sus efectos benéficos sobre la minimización de pérdidas postcosecha, ralentización en el consumo de materiales poliméricos sintéticos, **desarrollo de nuevos e innovadores biomateriales**, productos frescos y mínimamente procesados biofortificados que traen beneficios y bienestar a los consumidores.

#### Aprovechamiento de la magaya de la sidra y el bagazo del vino

La producción de sidra y, en menor medida, la de vino generan una importante cantidad de biorresiduos con un gran potencial de aprovechamiento como materias primas para otros procesos productivos. La industria sidrera asturiana transforma alrededor de 35 millones de kilos de manzana al año, actividad que origina una importante cantidad de residuos, como la magaya y las borras, cuya gestión supone un coste económico para las empresas y que, sin embargo, tienen, potencialmente, un alto valor añadido, ya que son fuente de compuestos bioactivos, en particular, polifenoles, fibra dietética, ácidos grasos y polisacáridos, con un elevado potencial para el diseño de aditivos naturales y alimentos saludables.

#### 2.4.2 Líneas de investigación e innovación

##### Aprovechamiento de desechos de la producción agroalimentaria para su reintroducción en la cadena alimentaria, y/o desarrollo de productos en diferentes sectores

Una de las líneas de investigación con mayor potencialidad es la obtención de **biocompuestos** para su utilización dentro de la cadena alimentaria, pero también con otras aplicaciones como en la industria farmacéutica o cosmética, producción de biofertilizantes, desarrollo de envases biodegradables, etc.

En concreto, el desarrollo de **bioplásticos** a partir de subproductos y residuos biogénicos (celulosa bacteriana, film comestible).

Por ello se propone el estudio de diferentes tipos de biomásas con escaso, o nulo, valor comercial con el objetivo de definir nuevas rutas de valorización a través de la **extracción de compuestos bioactivos**, como proteínas (enzimas, colágeno), lípidos (ácidos grasos medios y poliinsaturados), etc., **de gran interés para la producción de biopolímeros basados en PHAs de cadena media (mcl-PHAs) y para la fabricación de Celulosa Bacteriana (BC) o el film comestible** mediante el desarrollo de procesos sostenibles óptimos y estables.

Debido al alto potencial identificado en esta línea, se ha desarrollado una ficha de proyecto específica (**Ficha de proyecto 1. Biocompuestos**), donde se recogen todas las acciones que el Consorcio Agroalimentación 0 Emisiones está realizando en investigación.

#### Aprovechamiento de la magaya de la sidra y el bagazo del vino

Existe un potencial de aprovechamiento de la magaya de la sidra y el bagazo del vino como materias primas para otros procesos productivos, como fuente de compuestos bioactivos, en particular, polifenoles, fibra dietética, ácidos grasos y polisacáridos, con un elevado potencial para el diseño de aditivos naturales y alimentos saludables. Por ello una línea a explorar por el Consorcio, sería la aplicación de tecnologías y procesos novedosos, como la **carbonización hidrotermal (HTC)**, que permite la transformación en subproductos con aplicaciones en diversos sectores industriales, comerciales y medioambientales.

## 2.5 Ámbito clave 3: Tratamiento y valorización de residuos

### 2.5.1 Desafíos específicos

#### Aprovechamiento de biorresiduos

El destino final de la cadena de valor agroalimentaria es la puesta en el mercado alimentos y otros materiales biogénicos para el consumo humano o animal. Ese consumo no es completo, sino que genera sobrantes, rechazos o desperdicios que, generalmente, son eliminados en vertederos, generando emisiones de efecto invernadero. Aproximadamente, el 34% de los residuos municipales son biorresiduos, con una generación anual de 75 millones de toneladas en la UE<sup>56</sup>. Incrementar el reciclaje de los residuos biológicos es fundamental para lograr el objetivo general de reciclaje del 65% de los residuos municipales en 2035<sup>57</sup>.

Los residuos posconsumo, es decir, los restos de alimentos que se generan en los hogares y en el canal HORECA (hostelería, restauración y catering), así como los residuos de envases que contienen dichos alimentos, suponen probablemente el **mayor reto** para el desarrollo de la economía circular vinculada a la cadena de valor agroalimentaria. A pesar del progresivo incremento de las recogidas separadas de materia orgánica (5.936 t), los residuos municipales mezclados de Asturias sumaron 371.569 toneladas en 2019, de las cuales se estima que un 35% es materia orgánica (mayoritariamente restos de alimentos)<sup>58</sup>.

#### Otros aprovechamientos (lodos de depuradora, purines, digestatos, residuos forestales, etc.)

Los factores económicos, sociales y ambientales han llevado a muchas industrias a encontrar formas nuevas y atractivas de gestión de **residuos**. La biotecnología limpia es una plataforma integrada para la conversión de desechos en productos finales valiosos y menos tóxicos.

Por ello en la actualidad, la investigación en el sector agroalimentario del Principado de Asturias se centra en la búsqueda de nuevos sustratos en distintos sectores y en el desarrollo de esta tecnología, por el momento, menos desarrollada (TRL 3). Entre estos sustratos, los **residuos de la industria láctea** suelen tener una composición elevada en nutrientes, como proteínas o aminoácidos, además de glucosa y galactosa como fuente de carbono (azúcares de fácil asimilación) y cuenta con vitaminas y ácidos grasos.

Estos residuos, como otros procedentes de la cadena agroalimentaria (lodos de depuradora, purines, digestatos) por su composición, podrían considerarse como un buen candidato para la producción de **biocompuestos**.

Existe también un uso potencial de los residuos agroalimentarios e incluso, llegar a valorizarlos económicamente. El sector agroforestal es, un aliado clave para la valorización de los residuos orgánicos (biorresiduos, lodos, restos vegetales, etc.) que, adecuadamente tratados, pueden

<sup>56</sup> Bio-Waste in Europe <https://www.compostnetwork.info/policy/biowaste-in-europe/>; Bio-waste in Europe. EEEA 2020 <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe>

<sup>57</sup> Directiva 2018/851 de residuos <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>

<sup>58</sup> Informe anual 2019 de Cogersa [https://www.cogersa.es/cogersa\\_recursos/gacetan/cogersa-memoria-2019/36/](https://www.cogersa.es/cogersa_recursos/gacetan/cogersa-memoria-2019/36/)

utilizarse como compost y enmiendas (hidrochar, biochar) para recuperar terrenos degradados e incrementar la capacidad de fijación de dióxido de carbono.

COGERSA ya produce 3 tipos de compost a partir de los restos vegetales y estiércoles (Compost Cogersa con ecoetiqueta), a partir de lodos EDAR (Compost Cogersa Aero), y a partir del digestato deshidratado de fracción orgánica recogida separadamente (FORS), y está previsto que se incremente la producción de materia orgánica bioestabilizada que podría ser empleado en la fertilización de terrenos agrícolas y forestales. Para ello, además de la mejora de los procesos de recogida selectiva y de procesado de los residuos es preciso desarrollar enfoques innovadores para incrementar la demanda de estos recursos.

### Gestión de los plásticos de uso agrícola

Los plásticos agrícolas (ensilados y garrafas) son los principales residuos no aprovechables y que en muchas ocasiones no se gestionan correctamente (abandono en parcelas, quemadas...). Desde los socios del Consorcio Agroalimentación 0 Emisiones CLAS SAT y CAMPOASTUR, se ha identificado el desafío de crear un sistema de gestión para estos residuos y darles una segunda vida.

## 2.5.2 Líneas de investigación e innovación

### Aprovechamiento de biorresiduos

El volumen y las características de los residuos biológicos urbanos suponen un reto tecnológico de primer orden para Asturias y, en general, para la Unión Europea, sobre todo en la medida en que no se considere la opción de la valorización energética. La contestación social a la incineración está obligando a explorar alternativas como el “reciclaje químico”<sup>59</sup>, a través de tecnologías como la **carbonización hidrotermal, la pirólisis o la gasificación**, entre otras. Algunas de estas tecnologías se orientaban hacia la producción de energía<sup>60</sup>, pero con los cada vez más exigentes objetivos de reciclaje, tratan de evolucionar hacia una valorización material<sup>61</sup>.

Es por ello que, como línea de investigación prioritaria se ha descrito la **Ficha de Proyecto 3. Valorización de residuos urbanos (VICTORIA)** cuyo principal objetivo consiste en investigar tecnologías innovadoras de valorización de residuos urbanos de naturaleza orgánica como alternativa a su eliminación en vertedero.

### Otros aprovechamientos (lodos de depuradora, purines, digestatos, residuos forestales, etc.)

A través de la presente Agenda Científica, se estudian y analizan diferentes **métodos de revalorización de residuos de la industria láctea**, aproximando a la industria a la revalorización completa y el objetivo de cero residuos.

<sup>59</sup> <https://www.chemicalrecyclingeurope.eu/>

<sup>60</sup> [http://economiecirculaire.org/DOCUMENTACION/Publicaciones/Multiparticipantes/20141117\\_Estrategias%20Horizonte%202020\\_Estudio%20de%20Base%205.pdf](http://economiecirculaire.org/DOCUMENTACION/Publicaciones/Multiparticipantes/20141117_Estrategias%20Horizonte%202020_Estudio%20de%20Base%205.pdf)

<sup>61</sup> [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2019\\_08\\_29\\_zwe\\_study\\_chemical\\_recycling.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2019_08_29_zwe_study_chemical_recycling.pdf)

Pero también son tenidos en cuenta, residuos de otras industrias como son: **la cárnica, la pesquera e incluso la forestal.**

Una de las líneas a investigar es el uso de **insectos como bioherramientas y biofactorias con los purines y el estiércol**, ya que son capaces de asimilar el contenido nutritivo presente en estos biorresiduos, para generar productos de alto valor añadido, empleados como materias primas sostenibles, como son la quitina y quitosano, el FRASS y la obtención de lípidos y proteínas. De esta forma se aumenta el potencial de valorización de la fracción sólida de los purines y estiércol, así como las mermas del proceso productivo de la industria, utilizándolos como alimento para dichos insectos.

Concretamente, **las larvas de insectos** son capaces de alimentarse de residuos orgánicos de todo tipo y es posible utilizar sus compuestos de interés para mejorar su composición rica en compuestos bioactivos. Una vez alimentados y crecidos, dichos insectos son sometidos a metodologías de extracción para aislar sus **biocompuestos** de interés y finalmente se estudian las posibles aplicaciones para los distintos sectores industriales de interés.

De la misma forma que ocurre con los subproductos de la cadena agroalimentaria, se está estudiando la conversión de los biorresiduos como los **lodos de depuradora, los purines y los digestatos** para la obtención de **biocompuestos** (principalmente **bioplásticos**).

Por ello, se considera también línea prioritaria de investigación que se encuentra desarrollada en la **Ficha de Proyecto 1. Biocompuestos** que se centra en proponer estrategias de Economía Circular mediante la valorización de subproductos y/o residuos generados a lo largo de la cadena de valor de la industria agroalimentaria y forestal, a través de su transformación en materiales biobasados con aplicaciones en diferentes sectores industriales.

Otra línea de investigación en la que se está trabajando y muy en relación con el Eje 3 de Sistemas agroalimentarios y forestales más sostenibles y resilientes para mitigar y adaptarse al cambio climático, consiste en la **aplicación de biorresiduos y lodos de depuradoras** para la recuperación y fertilización de terrenos agrícolas y forestales y de terrenos degradados (**Ficha de proyecto 7. Recuperación de suelos RECIRSOIL**). Para ello, los pasos a seguir son:

- Elaboración de inventario de desechos biogénicos regionales disponibles
- Elaboración de inventario de productos disponibles tras el tratamiento de los desechos biogénicos con las diferentes tecnologías disponibles

Es interesante identificar el proyecto LIFE INFUSION en el que participa el socio COGERSA en esta misma línea, y que desarrolla un nuevo sistema de tratamiento intensivo de efluentes residuales y conversión en productos útiles y sostenibles: biogás, nutrientes y agua, y que puede ser de aplicación a los desafíos identificados por el Consorcio AgroOE.

#### Gestión de los plásticos de uso agrícola

Se considera como línea de investigación prioritaria el estudio de la creación de un sistema logístico de recogida de plásticos de uso agrícola para su posterior aprovechamiento y valorización por parte de los dos socios más implicados.

Es cierto que aún es una línea por desarrollar, está en su primera fase de estudio, pero para ello ya se ha creado la **Ficha de proyecto 2. Plásticos agrícolas**, que irá alimentándose de la investigación por parte del Consorcio.

## 2.6 Resumen de los ámbitos clave del Eje 1

Ámbito	Desafíos específicos	Líneas de investigación	Ficha proyecto/ Proyectos en curso	Socios	Otros actores clave
Digitalización para la reducción de la producción de residuos	Optimización de la vida útil y reducción de pérdidas y residuos	<p>Identificación de <b>biomarcadores tempranos</b> de la calidad del producto y de la vida útil, para optimizar la toma de decisiones sobre la conservación del alimento y reducir los desechos alimentarios.</p> <p>Desarrollo de <b>tecnologías térmicas y no térmicas</b> para la conservación de alimentos</p> <p>Desarrollo de <b>sensores avanzada</b> (basada en tecnología NIR, y en imagen hiperespectral) para definir esa vida útil y la calidad y seguridad alimentaria</p>	Proyectos Calidad en Carne Plan Nacional (SERIDA)	SERIDA ASINCAR	<p>Empresas de distribución Hipermercados/supermercados/puntos de venta al consumidor Productores del sector primario Centros de investigación Empresas TIC Proveedores de tecnologías 4.0 para el sector primario</p>
Aprovechamiento de subproductos, desechos y mermas	Aprovechamiento de desechos, mermas y producto no conforme de la producción agroalimentaria para su reintroducción en la cadena alimentaria, y/o desarrollo de productos en diferentes sectores	<p>Obtención de <b>biocompuestos</b> para la cadena alimentaria, la industria farmacéutica o cosmética, producción de biofertilizantes, desarrollo de envases biodegradables, etc.</p> <p>Desarrollo de <b>bioplásticos</b> a partir de subproductos y residuos biogénicos (celulosa bacteriana, film comestible).</p>	<p><b>Ficha 1 Biocompuestos</b></p> <p><b>Ensayo piloto 2</b></p>	ASINCAR CAPSA IDONIAL CAMPOASTUR	<p>Productores del sector primario y agrupaciones sectoriales Centros de I+D+i Empresas de ingeniería Usuarios finales</p>
	Aprovechamiento de la magaya de la sidra y el bagazo del vino	Aprovechamiento como <b>materias primas para otros procesos productivos</b> , como fuente de compuestos bioactivos, en particular, polifenoles, fibra dietética, ácidos grasos y polisacáridos, con un elevado			ASINCAR

		potencial para el diseño de aditivos naturales y alimentos saludables			Empresas de biotecnología Usuarios finales
Tratamiento y valorización de residuos	Aprovechamiento de biorresiduos	<b>Exploración de alternativas y tecnologías innovadoras</b> para la valorización y tratamiento de residuos como el “reciclaje químico, la carbonización hidrotermal, la pirólisis o la gasificación	<b>Ficha 3 Valorización residuos orgánicos urbanos (VICTORIA)</b>	INCAR-CSIC COGERSA	Gestores de residuos Centros de I+D+i Empresas de ingeniería Usuarios finales (simbiosis industrial urbana)
	Otros aprovechamientos (lodos de depuradora, purines, digestatos, residuos forestales, etc.)	Uso de <b>insectos como bioherramientas y biofactorias</b> , capaces de asimilar el contenido nutritivo presente en los biorresiduos, para generar productos de alto valor añadido  Introducción de manera generalizada los <b>bioplásticos</b> .  Aplicación de biorresiduos y lodos de depuradoras para la <b>recuperación y fertilización de terrenos</b> agrícolas y forestales y de terrenos degradados  Elaboración de inventario de <b>desechos biogénicos</b> regionales disponibles.  Elaboración de <b>inventario de productos disponibles tras el tratamiento de los desechos biogénicos</b> con las diferentes tecnologías disponibles.	Proyecto PRIMA ADVAGROMED (SERIDA)  <b>Ficha 1 Biocompuestos</b>  <b>Ensayo piloto 3</b>  Proyecto LIFE INFUSION (COGERSA)  <b>Ficha 7 Recuperación de suelos RECIRSOIL</b>	ASINCAR CAPSA CETEMAS IDONIAL CLAS COGERSA INDUROT-UNIOVI INCAR-CSIC NEOALGAE	Productores del sector primario y agrupaciones sectoriales  Gestores de residuos Centros de I+D+i Empresas de ingeniería Empresas de biotecnología Usuarios finales
	Gestión plásticos sector agroalimentario	Creación de un sistema logístico de recogida de plásticos de uso agrícola para su posterior aprovechamiento y valorización	<b>Ficha 2 Plásticos agrícolas</b>	CLAS CAMPOASTUR	Productores del sector primario y agrupaciones sectoriales  Gestores de residuos Centros de I+D+i Usuarios finales

### 3 Estrategias directas en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

#### Ámbitos clave

Reducción de las  
emisiones de metano  
entérico

Reducción de emisiones  
de metano procedente de  
la gestión de purines

Reducción de emisiones  
en la transformación de  
alimentos y en logística

#### 3.1 Perspectivas para la I+D+i

##### 3.1.1 Manejo alimentación animal

La alimentación de los animales es uno de los factores con mayor influencia en la producción de GEI<sup>62</sup>. Los rumiantes son animales herbívoros cuyo principal alimento son las plantas, siendo los únicos mamíferos que pueden aprovechar los carbohidratos fibrosos que contienen. La celulosa es la más importante fuente de carbono y energía para los rumiantes y su digestión produce metano.

La fermentación entérica es el principal origen del metano en los rumiantes como uno de los productos finales de la fermentación anaeróbica de la materia orgánica en el rumen y, secundariamente, en el intestino grueso. En un metaanálisis de los resultados de 52 trabajos científicos<sup>63</sup> se estimó que vacas con peso de 577 kg, consumiendo 15,2 kg de materia seca al día y produciendo 23,1 kg de leche diarios, emitían 326 g/d de CH<sub>4</sub>. Esta cantidad se corresponde con el 6.5 % de la energía ingerida, por tanto, la síntesis de metano supone una ineficiencia energética de los rumiantes.

Toda acción de I+D que contribuya a la mejora en la digestibilidad de los alimentos destinados al ganado rumiante y/o a mejorar la eficiencia energética de estos últimos contribuirá a la disminución de las emisiones de metano entérico.

##### 3.1.2 Manejo de los purines y otros subproductos orgánicos.

Para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero generados en el purín y estiércol del ganado se han estudiado diferentes métodos: químicos, biológicos, físicos o combinaciones de éstos. La metodología química se ha centrado en el uso de estruvita para recuperar N y P<sup>64</sup>. Los métodos biológicos han ensayado la eliminación del amoníaco usando reactores de membrana, oxidación anaeróbica, reactores secuenciales aeróbicos y anaeróbicos y desnitrificación en balsas

<sup>62</sup> Hristov AN, Oh J, Firkins JL, Dijkstra J, Kebreab E, Waghorn G, Makkar HPS, Adesogan AT, Yang W, Lee C, Gerber PJU, Henderson B, Tricarico JM (2013) Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J Anim Sci* 91:5045–5069. doi: 10.2527/jas.2013-6583

<sup>63</sup> Ramin M, Huhtanen P (2013) Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. *J Dairy Sci* 96:2476–2493. doi: 10.3168/jds.2012-6095

<sup>64</sup> Turker M, Celen I. Removal of ammonia as struvite from anaerobic digester effluents and recycling of magnesium and phosphate. *Bioresour Technol* 2007;98(8):1529–34.

de purín<sup>65,66</sup>. Como métodos físicos se ha explorado la adsorción con carbonos activados, resinas de intercambio iónico y zeolitas para la eliminación de amoníaco<sup>67,68,69</sup>. Ahora bien, a pesar de los buenos resultados de algunos de estos métodos, mucho de ellos tienen un alto costo de implementación a nivel de explotación<sup>70</sup>. Además, la aplicación a gran escala de procesos biológicos para la eliminación de amoníaco está técnicamente limitada por la alta sensibilidad microbiana a los cambios de pH<sup>68</sup>.

### 3.2 Impacto esperado

Las líneas de investigación e innovación que se desarrollarán en este ámbito contribuirán a la cuantificación y reducción de emisiones de GEI en la fase de la cadena de valor agroalimentaria en las que más se generan, la producción primaria. Los impactos más inmediatos que se generarán a través de las líneas de investigación identificadas son:

- Mejora del conocimiento de la huella ambiental de las explotaciones ganaderas. La investigación sobre la huella ambiental de la producción agropecuaria en Asturias permitirá estandarizar los factores de emisión en función de superficies, número de cabezas de ganado y sistema de manejo.
- Diseño y difusión de nuevas estrategias de alimentación animal orientadas a reducir la emisión de metano entérico
- Desarrollo de estrategias innovadoras para la gestión de estiércoles, purines y resto de residuos orgánicos. Éstas últimas propiciarán un incremento en la utilización de purines con fines de generación energética.

**Uno de los objetivos del Consorcio consiste en consolidar un modelo demostrativo en el que testar alternativas innovadoras a través de una batería de estrategias, directas e indirectas, orientadas a la optimización del manejo de los suelos, los cultivos y los animales, que permitan alcanzar la neutralidad futura de carbono de la cadena de valor alimentaria, especialmente la láctea.**

Esta neutralidad, permitirá el desarrollo de nuevos productos de mercado que se podrán definir como “**neutros/emisiones 0**”, y contribuyendo así a la estrategia de reducción de emisiones, presente en diferentes iniciativas de ámbito internacional y nacional (Farm to Fork, Green Deal, Estrategia de biodiversidad...).

---

<sup>65</sup> Değermenci N, Ata ON, Yıldız E. Ammonia removal by air stripping in a semi-batch jet loop reactor. *J Ind Eng Chem* 2012;18(1):399–404.

<sup>66</sup> Harrington C, Scholz M. Assessment of pre-digested piggery wastewater treatment operations with surface flow integrated constructed wetland systems. *Bioresour Technol* 2010;101(18):6950–60.

<sup>67</sup> Huang H, Xiao X, Yan B, Yang L. Ammonium removal from aqueous solutions by using natural Chinese (Chende) zeolite as adsorbent. *J Hazard Mater* 2010;175(1–3):247–52.

<sup>68</sup> Sica M, Duta A, Teodosiu C, Draghici C. Thermodynamic and kinetic study on ammonium removal from a synthetic water solution using ion exchange resin. *Clean Technol Environ Policy* 2014;16(2):351–9.

<sup>69</sup> Thornton A, Pearce P, Parsons SA. Ammonium removal from digested sludge liquors using ion exchange. *Water Res* 2007;41(2):433–9.

<sup>70</sup> Song YH, Qiu GL, Yuan P, Cui XY, Peng JF, Zeng P, et al. Nutrients removal and recovery from anaerobically digested swine wastewater by struvite crystallization without chemical additions. *J Hazard Mater* 2011;190(1–3):140–9.

### 3.3 Ámbito clave 1: Reducción de las emisiones de metano entérico

#### 3.3.1 Desafíos específicos

##### Reducción de las emisiones de metano entérico

La fermentación entérica genera una parte importante de las emisiones de GEI en la ganadería, que a su vez representa el 80% de las emisiones totales de la agricultura.<sup>71</sup> La inclusión en la dieta del ganado de suplementos específicos que actúen sobre la fermentación ruminal es una de las líneas más prometedoras para reducir las emisiones de metano. La posibilidad de que subproductos generados en la propia cadena agroalimentaria, convenientemente tratados, puedan actuar sobre la fermentación entérica constituye una oportunidad para la reutilización de dichos subproductos.

#### 3.3.2 Líneas de investigación e innovación

Para afrontar estos desafíos se profundizará en tres líneas de investigación e innovación:

- (1) Alimentación equilibrada<sup>72</sup>:** el empleo de suplementos alimenticios que mejoren la eficiencia de la fermentación ruminal de los alimentos y/o que la orienten hacia la síntesis de ácido propiónico puede contribuir de modo considerable a la producción de una leche baja en carbono. Asimismo, la investigación profundizará en la incorporación del biochar (restos forestales, residuos de biomasa) como ingrediente de la ración por su capacidad de adsorber gases entéricos producidos en la fermentación ruminal y reducir la emisión de metano entérico.
- (2) Aumentar la productividad animal<sup>73</sup> :** La implementación de nuevos procesos, metodologías o mejoras de las existentes que permitan un tratamiento óptimo de la salud del animal, asegurando un entorno de explotación animal que redunde en una obtención del máximo de producción con el mínimo gasto en la explotación. Se trata de investigar en el mejor mantenimiento de las condiciones de salubridad, así como el tratamiento con precisión de todos los aspectos que rodea a la explotación y que estén relacionados con el bienestar y confort del animal.
- (3) Mejorar la eficiencia en la conversión de alimentos<sup>74</sup>:** la producción de metano entérico, aparte de los efectos nocivos sobre el calentamiento global, es una pérdida de energía para el animal, ya que representa una importante ineficiencia en el uso de la energía de la dieta. Además, los sistemas de producción pueden tener un importante efecto en las emisiones de GEI. Por ejemplo, el pastoreo proporciona un alto potencial de reducción de emisiones, tanto por la mayor eficiencia alimenticia como por el secuestro de carbono por la hierba y la fertilización orgánica directa del suelo.

<sup>71</sup> Andeweg y Reisinger, 2013

<sup>72</sup> Van Middelaar CE, Berentsen PBM, Dijkstra J, De Boer IJM (2013) Evaluation of a feeding strategy to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming: The level of analysis matters. *Agric Syst* 121:9–22. doi: 10.1016/j.agry.2013.05.009

<sup>73</sup> Bell MJ, Wall E, Russell G, Simm G, Stott AW (2011) The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *J Dairy Sci* 94:3662–3678. doi: 10.3168/jds.2010-4023

<sup>74</sup> Basarab JA, Beauchemin KA, Baron VS, Ominski KH, Guan LL, Miller SP, Crowley JJ (2013) Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. *Animal* 7:303–315. doi: 10.1017/S1751731113000888

Para desarrollar esta línea de investigación se ha generado la **Ficha de proyecto 5. Ganaderías sostenibles y resilientes** en la que se plantea un cambio en los paradigmas de las explotaciones ganaderas, con el fin de contribuir a su sostenibilidad, reducir su impacto sobre el medio ambiente y la biodiversidad, así como mejorar el bienestar animal dando lugar a un sistema productivo que pueda atraer al consumidor por la calidad y la “neutralidad” de la oferta que se pone en el mercado.

### 3.4 Ámbito clave 2: Reducción de emisiones de metano procedente de la gestión de purines

#### 3.4.1 Desafíos específicos

##### Reducción de las emisiones derivadas de la gestión y el tratamiento de los purines

El manejo de los purines es la segunda fuente de emisiones de metano en la ganadería y es también una importante fuente de emisiones de óxido nitroso, otro gas de efecto invernadero, además de otros problemas derivados de la ocupación del espacio y de su manejo. La mejora de las estrategias de manejo de los purines, adaptadas a las características de las explotaciones ganaderas asturianas, es fundamental para reducir su huella ambiental, principalmente en las explotaciones de orientación lechera. Su reutilización como abono orgánico, compostaje o valorización como biocombustible es una ocasión importante para reducir su impacto ambiental y reintroducirlos en la cadena de valor.

#### 3.4.2 Líneas de investigación e innovación

Se sabe que algunos **aditivos añadidos a los purines**, pueden reducir las emisiones de amoníaco durante su almacenamiento como medida de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, algunos carbonos activos o biocharres que se emplean ampliamente en la purificación de aguas, adsorbente de tóxicos, filtros de purificación, etc. presentan un potencial de reducción de las emisiones de los purines tratados. Hay que considerar que la acidez y temperatura influyen en su comportamiento, de manera que, a mayor acidez y menor temperatura, su desempeño mejora.

Para desarrollar esta línea de investigación se ha generado la **Ficha de proyecto 5. Ganaderías sostenibles y resilientes** en la que se estudiarán nuevas pautas para aspectos relacionados con la propia infraestructura de la explotación: manejo del purín, nueva tipología de balsas, desarrollo de aditivos para el purín, tipo de cama, etc.

### 3.5 Ámbito clave 3: Reducción de emisiones en la transformación de alimentos y en logística

#### 3.5.1 Desafíos específicos

##### Reducción de las emisiones derivadas de los intercambios de calor y transferencia de materia en la industria alimentaria

### Reducción de las emisiones derivadas del transporte tanto de materias primas como de producto acabado

Cada vez más, la sociedad exige a las organizaciones, y en especial a las empresas, que su responsabilidad vaya más allá de sus paredes.

Un indicador de este fenómeno se encuentra en el número de memorias de sostenibilidad que cada año son publicadas; así como la obligación legal de hacer datos públicos de indicadores ambientales: PRTR, Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, **ley de transparencia** utilizando indicadores Global Reporting Initiative (GRI), organismo internacional de referencia en el ámbito de la responsabilidad, huellas de carbono del MITECO, o iniciativas como el Carbon Disclosure Project son ejemplos del creciente interés por demostrar, de forma pública, cómo contribuyen las empresas al desarrollo sostenible.

Es por ello también cada vez son más las empresas interesadas en calcular y reportar información relacionada con estas emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de sus actividades de transformación, transporte y distribución de materias primas y productos.

Calcular la huella de carbono ligada a la transformación de los alimentos como del transporte tanto de materias primas como de producto acabado, permite conocer el impacto que la organización tiene en el cambio climático. Y por supuesto permite tomar decisiones que ayudan a minimizar la huella de carbono global en la compañía.

#### 3.5.2 Líneas de investigación e innovación

### Reducción de las emisiones derivadas de los intercambios de calor y transferencia de materia en la industria alimentaria

Las líneas de investigación de los socios del Consorcio (CAPSA) en relación a la reducción de las emisiones derivadas de este tipo de procesos industriales, se están focalizando en la Implantación de **nuevas tecnologías disponibles** para el uso más eficiente del calor (tratamiento UHT, pasteurización, etc.) en las etapas de transformación, así como **mejor uso energético** en los procesos de transferencia de materia (vaporización, absorciones, etc.).

Por lo que está previsto comenzar a invertir en tecnologías maduras (TRL 8-9) con retornos de la inversión cortos en el tiempo.

### Reducción de las emisiones derivadas del transporte tanto de materias primas como de producto acabado

Para abordar la reducción de emisiones del transporte, las líneas de investigación de los socios del Consorcio Agroalimentación 0 Emisiones, se están centrando en la implantación de **tecnologías digitales que permitan la optimización del uso de combustible** en las rutas establecidas tanto para la recogida de materias primas como para el reparto de producto acabado.

Dentro de esta línea de investigación, se plantearán proyectos de innovación (TRL 6-9) en el ámbito de las tecnologías digitales que permita optimizar rutas de transporte.

### 3.6 Resumen de los ámbitos clave del Eje 2

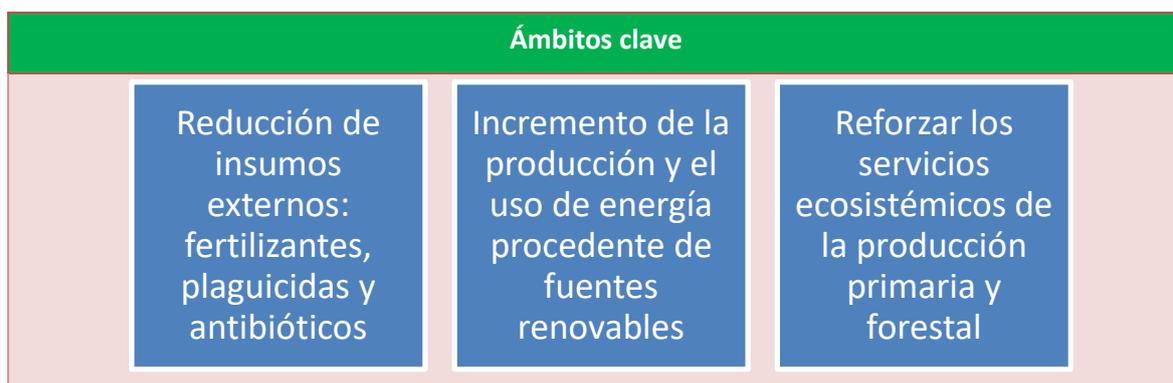
Ámbito	Desafíos específicos	Líneas de investigación	Acciones/proyectos en curso	Socios	Otros actores clave
Reducción de las emisiones de metano entérico	Reducción de las emisiones de metano entérico	Desarrollo de <b>nuevas formulaciones</b> para incorporar a la ración del ganado y promover un incremento de la salud, el bienestar animal, la reducción de la emisión de GEI, dando lugar a productos “más neutros”	<b>Ensayo piloto 1</b>  <b>Ficha 5 Ganadería sostenible y resiliente</b>	SERIDA IPLA-CSIC CLAS CAPSA NEOALGAE CAMPOASTUR	Productores del sector primario Centros de investigación
Reducción de emisiones de metano procedente de la gestión de purines	Reducción de las emisiones derivadas de la gestión y el tratamiento de los purines	<b>Aditivos añadidos a los purines</b> (carbonos activos o biochares) que presentan un potencial de reducción de las emisiones de los purines tratados	<b>Ficha 5 Ganadería sostenible y resiliente</b>	SERIDA CLAS CAPSA NEOALGAE CAMPOASTUR	Productores del sector primario y agrupaciones sectoriales Centros de I+D+i Empresas de ingeniería
Reducción de las emisiones en la transformación de alimentos	Reducción de las emisiones derivadas de los intercambios de calor y transferencia de materia en la industria alimentaria	Implantación de <b>nuevas tecnologías disponibles para el uso más eficiente del calor</b> (tratamiento UHT, pasteurización, etc.) en las etapas de transformación, así como mejor uso energético en los procesos de transferencia de materia (vaporización, absorciones, etc.)	Inversiones en tecnologías maduras (TRL 8-9) con retornos de la inversión cortos en el tiempo	CAPSA	Empresas de alimentación Centros tecnológicos Empresas de ingeniería
Reducción de las emisiones logísticas	Reducción de las emisiones derivadas del transporte tanto de materias primas como de producto acabado	Implantación de <b>tecnologías digitales</b> que permitan la <b>optimización del uso de combustible</b> en las rutas establecidas tanto para la recogida de materias primas como para el reparto de producto acabado.	Innovación (TRL 6-9) en el ámbito de las tecnologías digitales que permita optimizar rutas de transporte.	CAPSA CLAS	Empresas de transporte Centros tecnológicos Empresas especializadas en tecnologías digitales. Empresas agroalimentarias

Misiones Científicas del Principado de Asturias  
Misión Asturias Reducción de Emisiones y Gases de Efecto Invernadero



					Productores del sector primario y agrupaciones sectoriales.
--	--	--	--	--	---

#### 4 Sistemas agroalimentarios y forestales más sostenibles y resilientes para mitigar y adaptarse al cambio climático



##### 4.1 Perspectivas para la I+D+i

En el desarrollo de los grupos de trabajo y con el objetivo de incluirlos en las presente Agenda Estratégica de I+D+i, se han identificado y definido líneas de investigación e innovación que contribuyen a **reducir el uso de determinados insumos externos** (fitosanitarios, fertilizantes químicos, antibióticos), para hacer más sostenible la producción y la transformación agroalimentaria en el Principado. La estrategia de investigación e innovación dedicará también atención a **mejorar la capacidad de las explotaciones agrarias y forestales** para prestar **servicios ecosistémicos** y, en particular, a reforzar su función como **sumideros de carbono** y colaborar en la reutilización de los biorresiduos.

El informe *Food 2030*<sup>75</sup> propone orientaciones para la innovación con objetivo de crear sistemas agroalimentarios sostenibles, diversificados, inclusivos y resilientes. El informe indica diversos ámbitos en los que es necesario impulsar y aprovechar la innovación tecnológica, socioeconómica e institucional, entre ellos algunos particularmente relevantes para Asturias, como el ya mencionado desarrollo de estrategias para la reducción de todo tipo de insumos (fertilizantes, agua, pesticidas) o favorecer el policultivo y los sistemas agroforestales y silvopastorales. En particular, el informe pone el foco en los sistemas sostenibles de producción animal, resaltando su importancia, por su menor dependencia de recursos externos y más en recursos alimentarios propios, principalmente pastos permanentes, siega o subproductos agrícolas no comercializables<sup>76, 77</sup>, respetando la jerarquía alimentaria y contribuyendo a la reducción de emisiones. Como resalta el informe, la innovación en estos sistemas permitirá incrementar el valor de las producciones, limitar el impacto ambiental e incrementará los servicios ecosistémicos.

<sup>75</sup> Comisión Europea (2018) Recipe for change: An agenda for a climate-smart and sustainable food system for a healthy Europe. Report of the EC FOOD 2030 Independent Expert Group

<sup>76</sup> Muller, A. et al. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. NATURE COMMUNICATIONS | 8: 1290. DOI: 10.1038/s41467-017-01410-w.

<sup>77</sup> Schader C et al. (2015). Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. J. R. Soc. Interface 12: 20150891. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>; .

La protección y mejora del suelo y la reducción de la aportación de minerales es también clave para crear sistemas agroalimentarios sostenibles, diversificados, inclusivos y resilientes. En este ámbito, se recomienda orientar la I+D+i hacia la mejora de la gestión de los suelos y preservación de los depósitos de carbono, reduciendo la degradación, el uso de herbicidas y mejorando la biodiversidad; minimizando la aportación de fertilizantes minerales (N,P) a través del mejor aprovechamiento de la microbiota en el reciclado de los nutrientes procedentes de fuentes biológicas como el estiércol, los lodos y otros bioresiduos (compost, biochar...).

El informe destaca las necesidades de investigación del comportamiento de la microbiota y el desarrollo y adaptación de biofertilizantes a las características de los suelos, así como la recuperación de nutrientes procedentes de residuos. Estas prioridades se reflejan también en los indicadores propuestos, entre los que se encuentra el porcentaje de residuos urbanos o de aguas residuales que son reciclados en la producción primaria.

La aplicación masiva de fertilizantes químicos para incrementar la producción de cultivos ha dado lugar a la contaminación del suelo, el agua y el aire a escala mundial. Como solución, se considera el impulso al uso, conjuntamente con la fertilización, de microorganismos beneficiosos para las plantas que desempeñen un papel fundamental en el aumento de la disponibilidad de los nutrientes y minerales que, de otro modo son inaccesibles para las plantas. En la bibliografía actual se presta especial atención a las biotecnologías que no son explotadas plenamente como vías para la fabricación de biofertilizantes, como pueden ser el co-cultivo microbiano y la co-inmovilización. Otra esfera emergente es la producción biotecnológica y el uso combinado de PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), que mejoran no sólo el crecimiento y el desarrollo de las plantas, sino también las interacciones entre éstas y los microbios<sup>78, 79</sup>.

Dentro de la nueva arquitectura de la PAC para el periodo post 2020, la Unión Europea (UE) está reforzando su apoyo a estrategias productivas más respetuosas con el medioambiente y capaces de enfrentarse a los desafíos asociados al Cambio Climático. En concreto, el “Pacto Verde Europeo” aspira a que Europa sea el primer continente climáticamente neutro en 2050. Para ello, es preciso reducir la dependencia de plaguicidas y antimicrobianos, reducir la fertilización química, aumentar la agricultura orgánica, revertir la pérdida de biodiversidad, mejorar la salud de los suelos agrícolas y mejorar el bienestar animal.

La pérdida y degradación del suelo compromete tanto el valor natural del terreno como los usos y aprovechamientos socioeconómico a los que puede dar soporte. El suelo, en grandes áreas del NO de España, además de un bien escaso, es un compartimento ambiental que ha perdido parcialmente su capacidad para retener carbono y cumplir otra serie de servicios ecosistémicos (SES) indispensables. El origen del problema es muy diverso y pasa por procesos de contaminación (difusa o puntual), sobreexplotación de terrenos agrícolas y forestales, incendios o degradación como consecuencia de la actividad minera (carbón y minería metálica).

---

<sup>78</sup> Vassilev N, Vassileva M, Lopez A (2015) Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation Applied Microbiology and Biotechnology, 99, 4983–4996

<sup>79</sup> Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) 1069/2009 y (CE) 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) 2003/2003

## 4.2 Impacto esperado

El impacto global será el desarrollo de sistemas agroalimentarios y forestales más sostenibles y resilientes, que contribuyan a la lucha contra el cambio climático, mediante la reducción del uso de recursos naturales (energía, agua), una menor aportación de fertilizantes químicos, plaguicidas, antibióticos y otros insumos, y una mejor gestión de los suelos. Además, se reforzará la capacidad de absorción y almacenamiento de dióxido de carbono y de reutilización de otros residuos en la producción agraria y forestal.

Las líneas de investigación e innovación identificadas en la presente Agenda, permitirán incrementar el uso de compost en el sector agroforestal asturiano y a la utilización de subproductos carbonosos para enmienda de suelos. Además, se incrementará la producción de biofertilizantes sostenibles que sustituirán paulatinamente a los fertilizantes químicos, así como la producción y utilización en explotaciones agrarias de biocombustibles generados a partir de residuos biomásicos.

Las líneas de investigación dirigidas a los servicios ecosistémicos de la producción primaria y forestal permitirán evaluar la huella de carbono asociada al ciclo de vida de la producción agroalimentaria y diseñar nuevos marcos metodológicos e indicadores para equilibrar su sostenibilidad ambiental, económica y social.

Se incrementará la utilización de biorresiduos tratados en remediación ambiental de suelos degradados/contaminados/quemados con potencialidad agroforestal favoreciendo, a su vez, el incremento de las capacidades para la agricultura ecológica.

Se priorizará el desarrollo de soluciones basadas en la naturaleza que mejoren la capacidad de los suelos agroforestales, (o degradados, pero con potencialidad agroforestal) para asumir biorresiduos y almacenar CO<sub>2</sub> y el desarrollo de proyectos de compensación de emisiones de GEI, aprovechando superficies ociosas para establecer producciones de biomasa de alto rendimiento.

## 4.3 Ámbito clave 1: Reducción de insumos externos

### 4.3.1 Desafíos específicos

#### **Utilización de subproductos de la cadena de valor agroalimentaria para la mejora de la producción agraria: ganadería y producción agrícola**

La pérdida y degradación del suelo compromete tanto el valor natural del terreno como los usos y aprovechamientos socioeconómico a los que puede dar soporte. El suelo, en grandes áreas del NO de España, es un compartimento ambiental que ha perdido parcialmente su capacidad para retener carbono y cumplir otra serie de servicios ecosistémicos (SES) indispensables. El origen del problema es muy diverso y pasa por procesos de contaminación (difusa o puntual), sobreexplotación de terrenos agrícolas y forestales, incendios o degradación como consecuencia de la actividad minera (carbón y minería metálica).

La reintroducción de los subproductos obtenidos en las diferentes etapas de la cadena de valor agroalimentaria mejorantes de cultivos y de la salud del suelo se contempla como una potencial solución para una parte de los productos obtenidos de las biorrefinerías.

#### 4.3.2 Líneas de investigación e innovación

##### Utilización de subproductos de la cadena de valor agroalimentaria para la mejora de la producción agraria: ganadería y producción agrícola

Los trabajos de investigación e innovación se centran en la correcta identificación de los subproductos generados por la cadena agroalimentaria, incluidos los productos resultantes de tratamientos de residuos en biorrefinerías, y el análisis de su potencial reutilización a diferentes niveles.

- La investigación explorará “**soluciones basadas en la naturaleza**” (NBS por sus siglas en inglés) para regenerar suelos degradados, de modo que puedan realizar adecuadamente sus funciones (sostener flora y fauna, filtrar y depurar agua, fijar carbono, etc.). En particular, se explorará el uso de **enmiendas** obtenidas a partir de la reutilización de residuos o del sector primario aplicando los postulados de la economía circular.
- Otra línea de investigación a explorar es el uso de **microalgas**, que proporcionan más nutrientes a los cultivos y mejoran su rendimiento, incrementan la fertilidad y la estructura de los suelos. Además, el cultivo de estas microalgas se puede desarrollar también sobre otros residuos líquidos de la industria agroalimentaria que proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento de las microalgas, cerrando un sistema de bioeconomía circular que permitiría reducir el impacto ambiental de los residuos líquidos derivados de estas actividades agroalimentarias.
- La investigación buscará el desarrollo de fertilizantes orgánicos enriquecidos con microorganismos (**Biofertilizantes**). Se investigará sobre su obtención a partir del purín y estiércol generado en las propias explotaciones.
- También se estudiará la utilización de los productos resultantes del tratamiento de purines y biorresiduos como alternativas al uso de fertilizantes orgánicos como ya se comentó en el Eje1.

Estas distintas líneas de investigación se encuentran integradas dentro de las fichas de proyecto:

- **Ficha de Proyecto 4. Producciones agrícolas sostenibles y eficientes:** en el proyecto se investiga la utilidad de subproductos generados por las empresas agroalimentarias regionales en las producciones vegetales (reutilización de los residuos orgánicos generados en la propia explotación ganadera como fertilizante)
- **Ficha de proyecto 7. Recuperación de suelos RECIRSOIL:** en el proyecto se postula un enfoque innovador a partir de las denominadas “soluciones basadas en la naturaleza” (NBS por sus siglas en inglés), que tienen un efecto eficaz y duradero, permitiendo regenerar un suelo autosuficiente para realizar sus funciones
- También destacar el **Proyecto LIFE ALGAR-BBE (NEOALGAE)** en marcha, que consiste en el desarrollo de nuevos bioestimulantes con efecto biocida a partir de microalgas y plantas aromáticas para reducir el uso de químicos agrícolas

#### 4.4 **Ámbito clave 2: Incremento de la producción y el uso de energía procedente de fuentes renovables**

##### 4.4.1 **Desafíos específicos**

###### **Aprovechamiento de biomasa forestal residual y otros residuos agroforestales**

El sector forestal asturiano es un ejemplo de sostenibilidad y bioeconomía circular gracias a su simbiosis con el sector papelerero. La biofábrica de Navia está generando una próspera actividad bioeconómica y circular donde la celulosa se utiliza para la producción de papel mientras que los residuos forestales se aprovechan para la generación de energía renovable.

La Fundación CETEMAS ha desarrollado tecnologías de extracción hidrotermal para obtención de polifenoles a partir de biomásas lignocelulósicas. En cualquier caso, la actividad agroforestal genera otros residuos con potencial de aprovechamiento. El INCAR ha analizado, en colaboración con COGERSA, las posibilidades de utilizar el proceso HTC para inertizar las semillas de la planta *Cortaderia selloana* y transformar los residuos biomásicos generados durante las actuaciones de eliminación en un sólido carbonoso estable y un producto líquido acuoso que puede ser utilizado como enmienda/fertilizante para la recuperación de los suelos empobrecidos donde prolifera esta especie y que puede mejorarse con los compost y/o RecySoil producidos a partir de lodos de depuradora y restos vegetales.

###### **Sistemas agroforestales sostenibles y resilientes para contribuir a la mitigación del cambio climático, y contribuir a la biodiversidad y a los objetivos de desarrollo sostenible**

La estrategia Farm to Fork persigue lograr una producción agrícola sostenible que fomente la mitigación del cambio climático y la adaptación y la preservación y mejora de la biodiversidad, lo que implica encontrar un equilibrio entre la productividad agraria, la viabilidad socioeconómica y alcanzar unas metas de sostenibilidad que contribuyan a conservar nuestro medio ambiental, a la vez que se asegura un nivel de rentas digno para el sector primario.

Los sistemas agroforestales incluyen el uso de la tierra tanto de forma tradicional como moderno, incorporando nuevas tecnologías (drones y sensores, recogida de datos, IoT); sistemas donde los árboles se manejan junto con cultivos y / o sistemas de producción animal en entornos agrícolas. Estos sistemas tienen el potencial de aumentar los servicios de los ecosistemas, incluyendo secuestro de carbono del suelo, retención de agua, control de la erosión, nutrientes del suelo, polinización, el control de plagas y enfermedades y la biodiversidad, al tiempo que se mejora la productividad agrícola, rentabilidad y sostenibilidad de los ingresos de los agricultores. La adecuada gestión de los sistemas agroforestales es fundamental por su impacto positivo en el clima y el medio ambiente, así como para garantizar un equilibrio con la productividad y la rentabilidad para los agricultores.

Los bosques y los sistemas agroforestales son el ejemplo de sostenibilidad por excelencia ya que son depositarios de diversidad, suministradores de recursos y de energía renovable y potencial fuente de servicios ecosistémicos. Las líneas de investigación e innovación irán encaminadas a potenciar todas estas prestaciones.

Los residuos derivados de la actividad de aprovechamiento forestal, los generados en la industria de transformación e incluso aquellos que, sin derivar del aprovechamiento de ninguno de estos sectores propiamente dichos, podrían considerarse como subproductos a eliminar por interferir en

la producción forestal, tal como los generados en el desbroce y limpieza de los montes, son susceptibles de aprovechamiento con diferente orientación en base a sus propiedades que será necesario evaluar. La diversidad de subproductos que estos agroecosistemas generan abre un enorme abanico de posibilidades y usos que es necesario evaluar mediante procedimientos a mayor o menor escala y con mayor o menor profundidad dependiendo tanto del material de partida como del producto y uso final al que vaya orientado. Así, por ejemplo, si nuestro objetivo es evaluar extractos de madera orientados a la mejora de las propiedades físicas de un suelo, el procedimiento será mucho menos exigente y la escala tendrá que ser mucho mayor que si tratamos de obtener un aditivo alimentario derivado de órgano o tejido específico de una especie en concreto.

Las perspectivas de estos sistemas agroforestales han de ir más allá de la mera productividad, y deben contribuir a la neutralidad climática y a fomentar la biodiversidad; asegurar la resiliencia a las fluctuaciones climáticas y socioeconómicas y estabilizar producción y mejorar los servicios ecosistémicos. Además, debe contemplarse el abordaje de análisis de compensaciones y sinergias, como, por ejemplo, entre los servicios de los ecosistemas y entre el medio ambiente y beneficios socioeconómicos.

Además, deberán tenerse en cuenta las necesidades de alimento (para sistemas que incluyen ganado), madera o biomasa y provisión de servicios ecosistémicos, para permitir la configuración y el manejo eficiente de los sistemas agroforestales, considerando aspectos como la renovación arbórea, la adaptación a estreses bióticos y abióticos, la selección y mejora de variedades agrícolas y de animales más adecuada para la recuperación y mejora de la biodiversidad, su relación con el agua del suelo y otros aspectos como el control de la erosión.

#### 4.4.2 Líneas de investigación e innovación

De forma global, las potenciales líneas de investigación/innovación que podrían surgir del uso de los sistemas agroforestales para contribuir a la mitigación del cambio climático, y contribuir a la biodiversidad y a los objetivos de desarrollo sostenible abarcarían las siguientes temáticas:

- Identificación de productos objetivo y caracterización físico-química de aquellos que pueden alimentar procesos industriales.
- Desarrollo de tecnologías y/o procesos de extracción (escala laboratorio/piloto/entorno operacional) adaptados a la naturaleza de los subproductos de partida y los productos objetivo
- Innovación e implementación de tecnologías de procesos de separación, purificación y concentración de los extractos obtenidos.
- Caracterización físico-química de los productos obtenidos para distintas funcionalidades
- Diseño de sistemas agroforestales
- Desarrollo de métodos e indicadores que permitan la identificación de nuevos sistemas agroforestales y monitorizar su desempeño a lo largo del tiempo.
- Desarrollo de modelos y herramientas adaptados a las condiciones reales de las explotaciones

#### 4.5 Ámbito clave 3: Reforzar los servicios ecosistémicos de la producción primaria y forestal

##### 4.5.1 Desafíos específicos

###### **Desarrollo de nuevas pautas agrícolas que promuevan la conservación/potenciación de los servicios ecosistémicos y aumenten la capacidad de captura de CO<sub>2</sub>**

La estrategia y la política europeas están situando la agricultura sostenible como eje de la solución para los problemas derivados del cambio climático. Para permitir que la agricultura sostenible sea una realidad debemos proporcionarle al agricultor el conocimiento sobre la problemática derivada del desarrollo de su actividad y su efecto sobre el medio ambiente, así como las herramientas necesarias para acometer los cambios que se le requieren en su modelo productivo.

La agroecología es un enfoque holístico que se basa en el uso de procesos ecológicos para apoyar la producción agrícola. Al trabajar más cerca de la naturaleza y los servicios de los ecosistemas, la agroecología tiene el potencial de aumentar la circularidad, la diversificación y la autonomía de las explotaciones, e impulsar una transformación completa de los sistemas agrícolas, desde la sustitución de insumos en adelante. Una parte de las prácticas y de las especies consideradas desde este enfoque pueden inspirarse en pautas locales de manejo tradicional y especies botánicas autóctonas con probado potencial para reforzar la circularidad, resiliencia climática, biodiversidad y funcionalidad ecosistémica de los sistemas productivos ganaderos.

El manejo de praderas multiespecie y los sistemas agroecológicos pueden contribuir a la sostenibilidad de las explotaciones, mejorando la salud del suelo, incrementando la captación del CO<sub>2</sub>, disminuyendo los inputs de las explotaciones y favoreciendo los servicios ecosistémicos.

Los **cultivos multiespecie (intercalados)** ricos en diversidad de especies, han mostrado un potencial significativo para aumentar la eficiencia de los recursos y la resiliencia frente a situaciones de estrés biótico y abiótico, lo que permite obtener ganancias de rendimiento sin aumentar los insumos, o estabilizar los rendimientos con insumos reducidos. Los sistemas agrícolas diversificados que hacen uso de cultivos multiespecie estratégicos también pueden mejorar la salud del suelo y brindar múltiples servicios ecosistémicos. Los beneficios del cultivo multiespecie son el resultado de interacciones altamente dinámicas entre las plantas y su entorno y permiten optimizar el uso de recursos como los nutrientes, el agua o la radiación solar. A pesar de estos beneficios, el cultivo intercalado no se aplica ampliamente en la agricultura europea, debido, entre otras causas, a la mayor complejidad de las operaciones y la intensidad de la mano de obra a nivel de la granja, a la existencia de un mercado que demanda productos y procesamientos más estandarizados, así como a modos simplificados de comercialización.

Los cultivos forrajeros mixtos a base de gramíneas y leguminosas, además de abaratar los costes de producción, proporcionan una mayor cantidad y calidad de ensilado, incrementando significativamente el contenido proteico de la dieta (Anil et al., 1998). En este sentido cabe destacar que cultivos forrajeros mixtos como por ejemplo habas con raigrás, habas con triticale, guisantes con cebada y, en general, las mezclas forrajeras formuladas en base a gramíneas y leguminosas proporcionan una mayor cantidad y calidad de ensilado. En estas asociaciones, el N aportado por las leguminosas puede ser transferido mejorando la capacidad fotosintética y la productividad de las gramíneas de la mezcla (Liu et al., 2016). En las asociaciones con leguminosas, también es interesante tener en cuenta la utilización de abonos verdes. Éstos se caracterizan por poseer la función de recuperación y reequilibrio mineral en los cultivos, así como por promover una mayor

eficiencia en el reciclaje de nutrientes mediante su movilización y solubilización. Su introducción puede ser efectiva para desinfectar los suelos, controlar insectos, hongos, nematodos y especies arvenses, mantener la fertilidad del suelo y prevenir la erosión.

Una alternativa de creciente interés en toda Europa es la recuperación del **cultivo de leguminosas forrajeras invernales** ya que, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, son especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado. Las leguminosas son cultivos multifuncionales claves para la agricultura y el medioambiente. Sabemos que su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico (hasta 463 kg N/ha/año), gracias a la simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*, enriquecen el contenido del suelo en dicho elemento fertilizante, no sólo para ellas, sino también para las demás especies presentes, ayudando así a regular el ciclo del nitrógeno. Esto supone menores requerimientos en abonos de síntesis, lo que a su vez se traduce en un beneficio medioambiental. Gracias a su sistema radicular bien desarrollado son capaces de llegar a zonas profundas del suelo y bombear nutrientes y agua hacia la superficie de forma eficaz, lo que las convierte en alternativas muy competitivas en situaciones de estrés hídrico cada vez más frecuentes como consecuencia de calentamiento global.

Desde el punto de vista medioambiental, contribuyen a la protección de la biodiversidad ya que atraen a insectos polinizadores en la época de su floración además de actuar como fijadores de gases de efecto invernadero. Además, las leguminosas forrajeras, parecen especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado, ya que, una mayor inclusión de leguminosas en las raciones del vacuno lechero puede facilitar la optimización de la relación entre energía y nitrógeno fermentables y supone una reducción de la síntesis de metano en el rumen y, por tanto, de la emisión de dicho gas de efecto invernadero a la atmósfera. Borreani et al., (2009) entre otros, afirman que cultivos anuales de leguminosas como el guisante, las habas o los altramuces utilizados como ensilado son una fuente barata de proteína y almidón para el ganado. Pueden mejorar la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras, al reducir la necesidad de concentrados. Por otro lado, se sabe que el cultivo asociado de familias botánicas tiene como resultado la obtención de producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies en una superficie equivalente. Sus principales beneficios radican en una mayor productividad de la rotación de cultivos como consecuencia del incremento de fertilidad del suelo a largo plazo y en el aumento de la diversidad.

#### 4.5.2 Líneas de investigación e innovación

##### Desarrollo de nuevas pautas agrícolas que promuevan la conservación/potenciación de los servicios ecosistémicos y aumenten la capacidad de captura de CO<sub>2</sub>

La investigación y la innovación deben centrarse en el aporte de **soluciones y tecnologías replicables** para recuperar los recursos orgánicos de los residuos de las actividades agroalimentarias y forestales en la región y su ensayo en granja demo (piloto) como formulaciones mejorantes de la calidad de los suelos agroforestales, dando lugar a derivados biológicos para que el sector primario aumente la sostenibilidad, reduzca las emisiones de efecto invernadero y desarrolle modelos circulares que contribuirán a identificar nuevos negocios y oportunidades en la región.

Por otro lado, la investigación también deberá profundizar en el conocimiento de los potenciales efectos beneficiosos de la **diversificación de la agricultura** como un medio para aumentar la resiliencia del sector frente a las condiciones ambientales, climáticas y económicas variables. Al

promover la biodiversidad, las propuestas abordarán las demandas de los consumidores de una producción agrícola más diversificada y sostenible. Se deberá medir e integrar el valor de la biodiversidad y los agroecosistemas en la toma de decisiones públicas y empresariales a todos los niveles para la protección y restauración de estos ecosistemas y sus servicios, centradas en los cultivos y sistemas agroganaderos presentes en el sector primario de la región, desde los convencionales hasta los orgánicos.

Por lo tanto, se distinguen líneas claras de investigación:

- **Sistemas de cultivo multiespecie y biodiversos**, como una mayor eficiencia en el uso de los recursos, prevención de enfermedades y plagas y calidad del producto.
- **Prácticas agronómicas** que promuevan los beneficios de nuevas prácticas de cultivo con base en la agroecología y las mejores prácticas locales tradicionales
- Definición de potenciales **prácticas agrarias adaptadas a las características de los suelos recuperados**.
- **El estudio de las características de los suelos (agrícolas y forestales) degradados** para la mejora de la cubierta vegetal como potencial sumidero de carbono.

Estas líneas se encuentran recogidas y desarrolladas en la **Ficha de Proyecto 6. Cultivos Multiespecie**, **Ficha de Proyecto 4. Producciones Agrícolas sostenibles y resilientes** y en la **Ficha de proyecto 7. Recuperación de suelos RECIRSOIL**.

## 4.6 Resumen del ámbito clave del Eje 3

Ámbito	Desafíos específicos	Líneas de investigación	Acciones/proyectos en curso	Socios	Otros actores clave
Reducción de insumos externos	Utilización de subproductos de la cadena de valor agroalimentaria para la mejora la producción agraria: ganadería y producción agrícola	<p>Las “<b>soluciones basadas en la naturaleza</b>” (NBS), como podría ser el uso de <b>enmiendas</b> obtenidas a partir de la reutilización de residuos o subproductos del sector primario, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de los productos resultantes del <b>tratamiento de purines y biorresiduos</b> como alternativas al uso de fertilizantes inorgánicos</li> <li>Desarrollo de fertilizantes orgánicos enriquecidos con microorganismos (<b>biofertilizantes</b>).</li> <li>Uso de <b>microalgas</b>, que proporcionan más nutrientes a los cultivos y mejoran su rendimiento, incrementan la fertilidad y la estructura de los suelos</li> </ul>	<p>Proyecto OPEN LAB (SERIDA-CAPSA)</p> <p><b>Ficha 4 Producciones Agrícolas sostenibles y resilientes</b></p> <p><b>Ficha 7 Recuperación de suelos RECIRSOIL</b></p> <p>Proyecto LIFE ALGAR-BBE (NEOALGAE)</p>	SERIDA CAPSA CLAS CETEMAS CTIC	Centros de I+D+I Universidad Centros Tecnológicos/Empresas de Base Tecnológica Cooperativas agroalimentarias/agrícolas/ganaderas Empresas del sector Centros de tratamiento de residuos/desarrollo de nuevos productos
Incremento de la producción y el uso de energía procedente de fuentes renovables	Aprovechamiento de biomasa forestal residual y otros residuos agroforestales	Identificación de subproductos objetivo, desarrollo de tecnologías y/o procesos de extracción de separación, de purificación y de concentración de los extractos y caracterización fisicoquímica de los mismos		CETEMAS	Centros de I+D+I Universidad Centros Tecnológicos/Empresas de Base Tecnológica Empresas del sector

	<p>Optimización y el despliegue de sistemas agroforestales que contribuyan a la neutralidad climática y a fomentar la biodiversidad</p>	<p>Configuración y manejo eficiente de los <b>sistemas agroforestales</b>.</p> <p>Desarrollo de métodos e indicadores que permitan la identificación de nuevos sistemas agroforestales</p> <p><b>Desarrollo de modelos y herramientas adaptados a las condiciones reales de las explotaciones</b> teniendo en cuenta las necesidades de alimento, madera o biomasa y provisión de servicios ecosistémicos</p>		<p>Centros de tratamiento de residuos/desarrollo de nuevos productos Administración Regional</p>
<p><b>Reforzar los servicios ecosistémicos de la producción primaria y forestal</b></p>	<p>Desarrollo de nuevas pautas agrícolas que promuevan la conservación/potenciación de los servicios ecosistémicos y aumenten la capacidad de captura de Dióxido de carbono</p>	<p><b>Sistemas de cultivo multiespecie y biodiversos</b>, como una mayor eficiencia en el uso de los recursos, prevención de enfermedades y plagas y calidad del producto</p> <p><b>Prácticas agronómicas</b> que promuevan los beneficios de nuevas prácticas de cultivo con base en la agroecología y las mejores prácticas locales tradicionales</p> <p>Estudio de las características de suelos (agrícolas y forestales) degradados para la mejora de la cubierta vegetal como potencial sumidero de carbono.</p> <p>Definición de potenciales <b>prácticas agrarias</b> adaptadas a las características de los suelos recuperados</p>	<p><b>Ficha 6 Cultivos Multiespecie</b></p> <p><b>Ficha 4 Producciones agrícolas sostenibles</b></p> <p><b>Ficha 7 Recuperación de suelos RECIRSOIL</b></p>	<p>SERIDA CTIC CETEMAS CLAS NEOALGAE INDUROT- UNIOVI</p> <p>Centros de tratamiento de residuos/desarrollo de nuevos productos Centros de I+D+i Universidad Centros Tecnológicos/Empresas de Base Tecnológica Cooperativas agroalimentarias/agricolas/ganaderas Empresas del sector Administración Regional</p>