



**Universidad
Europea** CANARIAS

Trabajo Fin de Máster

Análisis Comparativo de Modelos de Sostenibilidad
Agroalimentaria: Del Fracaso Centralizado de Residuos en
Cataluña a la Economía Circular y Ética en Colombia

Autor

Leidy Paola Peralta Avila

Director

Loic Revuelta Luis

Escuela de Arquitectura

10 de octubre de 2025

Resumen

Esta investigación se propone analizar de manera crítica la sostenibilidad en el sector agroalimentario. Se contrastará el modelo de producción de **Cataluña**, que enfrenta una grave problemática de contaminación por nitratos en sus aguas subterráneas, con un enfoque basado en la **economía circular**. A través de un estudio comparativo de casos en Colombia (la implementación de la **biodigestión** en el Cesar y el modelo de **Responsabilidad Social Empresarial [RSE]** de Crepes & Waffles), el trabajo examina la transformación de residuos ganaderos en recursos valiosos como biogás y bioabono. El objetivo es determinar si la sostenibilidad, concebida como un paradigma perdurable, es alcanzable al adoptar un enfoque sistémico y circular que aborda las causas de raíz del impacto ambiental.

Resultados y Conclusión General: El análisis demuestra que la sostenibilidad intrínseca **no es alcanzable** bajo modelos centralizados dependientes de políticas externas (como el fracaso de las plantas de cogeneración catalanas). En cambio, el modelo descentralizado de biodigestión, al generar **rentabilidad sin subsidios** (evidenciado en el caso de la porcícola Lola Pig) y valorizar integralmente el residuo (biol), es inherentemente más **resiliente**. Se concluye que la sostenibilidad exige, además, un **imperativo ético** en la cadena de suministro, proponiendo un **Contrato Social y Ambiental** para las distribuidoras españolas que fusione la exigencia técnica (biodigestión) con la responsabilidad social (eliminación de intermediarios y prácticas orgánicas).

Palabras clave: *Sostenibilidad, Desarrollo sostenible, Economía circular, Biodigestión, Ganadería, Agricultura, Residuos agrícolas, Contaminación por nitratos, Estudio de caso, Sostenibilidad intrínseca, Responsabilidad Social Empresarial.*

Abstract

This research aims to critically analyse sustainability within the agrifood sector. It contrasts the production model in **Catalonia**, which faces a severe problem of nitrate contamination in its groundwater, with an approach based on the **circular economy**. Through a comparative case study in Colombia (the implementation of **biodigestion** in Cesar and the **Corporate Social Responsibility [CSR]** model of Crepes & Waffles), the work examines how the transformation of livestock waste into valuable resources such as biogas and biofertilizer can generate a positive environmental, economic, and social impact. The objective is to determine whether sustainability, conceived as an enduring paradigm, is achievable by adopting a systemic and circular approach that addresses the root causes of environmental impact.

Results and General Conclusion: The analysis demonstrates that intrinsic sustainability **is not achievable** under centralized models reliant on external policies (evidenced by the failure of Catalan cogeneration plants). Instead, the decentralized biodigestion model, by generating **profitability without subsidies** (as shown in the Lola Pig case study) and comprehensively valuing the residue (biol), proves to be inherently more **resilient**. It is concluded that sustainability also requires an **ethical imperative** throughout the supply chain, proposing a **Social and Environmental Contract** for Spanish distributors that merges technical requirements (biodigestion) with social responsibility (elimination of intermediaries and organic practices).

Keywords: *Sustainability, Sustainable development, Circular economy, Biodigestion, Livestock farming, Agriculture, Agricultural waste, Nitrate contamination, Case study, Intrinsic sustainability, Corporate Social Responsibility.*

Índice

Leidy Paola Peralta Avila.....	1
Loic Revuelta Luis.....	1
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1 La problemática de la gestión de purines en Cataluña	3
2.2 Los desafíos del campo español: Un paralelo con la economía circular.....	4
2.3 El sector porcino catalán: Crecimiento y retos pendientes	5
3. Marco teórico	7
3.1 De la sostenibilidad lineal a la economía circular.....	7
3.2 La biodigestión como un pilar de la economía circular	7
3.3 Las bondades del biol: Evidencia de un modelo circular.....	8
4. Hipótesis.....	10
Hipótesis General.....	10
Hipótesis Específicas	10
5. Objetivos	11
Objetivo General:	11
Objetivos Específicos:	11
6. Metodología	13
6.1 Revisión y contextualización de la problemática en Cataluña.....	13
6.2 Descripción y análisis del caso de estudio en el Cesar, Colombia	13
6.3 Evaluación comparativa y definición de variables de estudio	14
6.4 Diseño del Modelo de Responsabilidad Social Empresarial y Gestión Ética	15
7. Análisis y Resultados	17
7.1 Un Enfoque Comparativo: El Contraste de Dos Modelos	17
7.2 El Fracaso del Modelo Centralizado en Cataluña.....	17
7.3 Gestión de subproductos en las plantas de cogeneración.....	17
7.4 La Viabilidad del Modelo de Economía Circular en Colombia.....	18
7.4.1 El Proyecto Vaca Madrina	18
7.4.2 El Caso de la Porcícola Lola Pig	19
7.4.3 Integración Ética y Social: El Modelo Crepes & Waffles como Paradigma.....	20
7.5 Implicaciones para el Sector de Distribución Español.....	21
8. Conclusiones	22
1. Respuesta a la Hipótesis General: La Sostenibilidad Intrínseca	22
2. Eje Ambiental y Técnico: Del Problema a la Solución.....	22
3. Eje Económico: Rentabilidad sin Subsidios	23
4. Eje Social y Ético: La RSE como Imperativo	23
9. Futuras líneas de trabajo.....	24

1.	Evaluación de la Transferencia de Biotecnología Descentralizada	24
2.	Desarrollo de un Índice de Sostenibilidad Ética (ISE) para la Cadena Agroalimentaria.....	24
3.	Análisis de la Viabilidad Legal de la Sostenibilidad Intrínseca.....	25
10.	Referencias	26

1. Introducción

La creciente preocupación por los desafíos ambientales, sociales y económicos a nivel global ha situado a la **sostenibilidad** en el centro del debate académico, político y social. Inicialmente concebida como un enfoque en la gestión de recursos naturales, este concepto ha evolucionado para integrar múltiples dimensiones que buscan un desarrollo que no solo satisfaga las necesidades del presente, sino que también aspire a no comprometer a las futuras generaciones (Informe Brundtland, 1987).

Desde sus orígenes, marcados por la conciencia de los límites planetarios (Meadows et al., 1972) y la necesidad de acción coordinada (Conferencia de Estocolmo, 1972), la sostenibilidad ha sido objeto de numerosas interpretaciones, culminando en iniciativas como la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015). A pesar de su amplia aceptación, la efectividad y la propia sostenibilidad del concepto como paradigma transformador son objeto de un debate intenso, lo que plantea un interrogante: ¿Se están logrando realmente los objetivos de un desarrollo sostenible, o existen contradicciones y limitaciones que impiden su plena realización, especialmente cuando el modelo de negocio no es rentable por sí mismo?

Esta investigación se adentra en este interrogante, explorando la evolución del concepto para analizar su capacidad real de generar un cambio duradero y equitativo en el **sector agroalimentario**. Se contrastará el modelo de producción de **Cataluña**, que enfrenta una grave problemática de contaminación por nitratos en sus aguas subterráneas debido a la sobreproducción de purines, con un enfoque basado en la **economía circular**. Un ejemplo de este enfoque es la biodigestión, un proceso que convierte el estiércol ganadero en biogás y, de manera crucial, en **biol**, un valioso biofertilizante. (Mora Aguirre, 2019).

A través de un estudio comparativo entre la situación en Cataluña y un caso de éxito

en el departamento del Cesar, en Colombia, este trabajo examinará cómo la transformación de residuos ganaderos en recursos valiosos puede generar un impacto ambiental, económico y social positivo. Se argumentará que este modelo, al ofrecer a los agricultores una alternativa a los costosos fertilizantes químicos y al convertir un pasivo en un activo, no solo resuelve un problema de residuos, sino que mejora la viabilidad económica del campo. Este enfoque sistémico y circular demuestra que la sostenibilidad es un paradigma alcanzable cuando beneficia directamente a quienes la implementan.

2. Antecedentes

2.1 La problemática de la gestión de purines en Cataluña

La ganadería en Cataluña, especialmente la intensiva porcina, es un pilar robusto de la economía, pero su crecimiento descontrolado ha generado una sobreproducción de purines que ha desbordado la capacidad de gestión del territorio. A pesar de los esfuerzos normativos, legislación que al consultarla denota su coherencia dentro del ordenamiento jurídico con un gran valor axiológico, pero a pesar de ello, el problema de la contaminación por nitratos persiste.

La Directiva 91/676/CEE de la Unión Europea, conocida como la Directiva de Nitratos, buscaba mitigar este problema estableciendo límites a la aplicación de nitrógeno de origen ganadero. Sin embargo, y de acuerdo al informe de la Agencia Catalana del Agua (ACA), manifiesta que de acuerdo a una última revisión de las zonas vulnerables por nitratos de origen agrario en Cataluña da unos índices que tienen en alerta las zonas, justamente porque al 2021, el porcentaje de la superficie de la comunidad autónoma con aguas subterráneas contaminadas por nitratos ascendía al **49,2%**. Por lo tanto, y en comparación con informes del año 1998, en donde la cifra era del **21,5%**, esta situación refleja las limitaciones en la aplicación de la normativa y la necesidad de soluciones más efectivas.

Las políticas de gestión han evolucionado, pero se enfrentan a desafíos complejos. Por ejemplo, el Real Decreto 1051/2022 y la normativa catalana han introducido reglas más estrictas, como la prohibición de sistemas de aplicación de purines por plato o abanico en ciertas condiciones y la obligatoriedad de planes de gestión. Si bien, esto se puede considerar un avance, los informes de inspección han revelado que el incumplimiento de las regulaciones de transporte y gestión es un hábito en muchas granjas, agudizando la problemática ambiental. (Greenpeace, 2023)

Adicionalmente, el cierre de plantas de cogeneración que procesaban purines ha añadido un nuevo desafío logístico y económico para el sector. (iAgua, 2023).

Este contexto demuestra que el problema en Cataluña va más allá de la mera existencia de normativas. Es una cuestión de implementación, logística y viabilidad económica que exige la búsqueda de alternativas tecnológicas viables. Es aquí donde el enfoque de la economía circular, a través de la biodigestión, se vuelve fundamental, ofreciendo una solución que no solo cumple con las regulaciones, sino que también crea valor a partir de los residuos.

2.2 Los desafíos del campo español: Un paralelo con la economía circular

Bajo la premisa "si el campo no produce, la ciudad no come", el bienestar del agricultor español es un reflejo de la viabilidad de la cadena alimentaria. Sin embargo, los campesinos enfrentan una serie de desafíos que amenazan su subsistencia, desde la fluctuación de los precios de mercado hasta el alto costo de los insumos agrícolas. La dependencia de fertilizantes químicos, en particular, representa una carga económica significativa, a la vez que contribuye a la degradación del suelo a largo plazo. (Sistema.bio, s.f.)

Frente a este modelo, ha surgido la economía circular, un concepto que desafía la visión lineal de "producir, usar y desechar". Esta alternativa propone un ciclo de vida para los productos en el que los residuos se transforman en recursos valiosos, una filosofía que se adapta perfectamente al sector agroalimentario (Mora Aguirre, 2019). En este contexto, la biodigestión se presenta como una tecnología clave. El proceso de biodigestión, al descomponer la materia orgánica como el estiércol, no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también genera biogás, que puede usarse como energía renovable, y bioabono, que enriquece el suelo. Un ejemplo de su implementación se encuentra

en el departamento del Cesar, en Colombia, donde el Proyecto Vaca Madrina ha demostrado la viabilidad de la biodigestión como una solución sostenible, liderado por Sistema.bio¹ y con apoyo de Freskaleche² (Peralta Avila, L. P., 2025).

2.3 El sector porcino catalán: Crecimiento y retos pendientes

El sector agroalimentario en Europa ha experimentado una significativa transformación en las últimas décadas, evolucionando hacia un modelo de producción intensiva que, si bien maximiza la rentabilidad, ha generado graves consecuencias ambientales (Brundtland, 1987). Cataluña es un claro ejemplo de esta paradoja, donde el crecimiento de la cabaña porcina ha provocado un problema crítico con la gestión de sus residuos, los purines. La sobrecarga de estos residuos ricos en nitratos ha llevado a la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, con un 40% del territorio declarado como zona vulnerable. (Greenpeace, 2023).

Según los datos de 2024, el sector porcino catalán ha mantenido los buenos resultados económicos. El sector ha encadenado dos años "excelentes" tras un 2022 con pérdidas (La Vanguardia, 2025). El beneficio promedio por cerdo fue de unos 42,79 euros, lo que representa un aumento de un euro en comparación con 2023.

Este beneficio se debe, en parte, a la caída de los costos de producción, especialmente el abaratamiento del pienso. A nivel regional, el censo porcino en Cataluña se ha mantenido relativamente estable, con una cifra que superó los 8 millones de cabezas en mayo de 2024 (infoiberico.com, 2025). A nivel estatal, el sector porcino catalán representa alrededor del 55% de la producción ganadera y el 35% de la producción agraria final (Unió de Pagesos de Catalunya, 2024). A pesar de la reducción progresiva en el número de pequeñas explotaciones,

¹ Sistema.bio: Empresa dedicada a la producción, distribución e instalación de biodigestores

² Empresa de producción y comercialización de leche de origen animal

la producción de carne en canal ha crecido, reflejando un proceso de modernización y tecnificación de las granjas. Este crecimiento económico y la consolidación del sector intensivo, a pesar de las fluctuaciones en los precios del cerdo vivo, subrayan la necesidad de abordar sus impactos ambientales de manera sostenible.

3. Marco teórico

3.1 De la sostenibilidad lineal a la economía circular

El análisis crítico del concepto de sostenibilidad nos obliga a ir más allá de su definición tradicional y examinar los modelos económicos que la subyacen. La sostenibilidad, tal como se aplica a menudo, se basa en un modelo económico lineal de "producir, usar y desechar", lo que perpetúa problemas estructurales como el sobreempaque y la contaminación por nitratos. Esta lógica fragmentada de la sostenibilidad no aborda las causas de fondo del impacto ambiental, como se evidencia en la legislación que tolera el uso masivo de plásticos reciclables sin limitar su cantidad (Ley 11/2022, de 8 de abril).

En contraposición, la **economía circular** se presenta como un paradigma alternativo y un pilar fundamental de la sostenibilidad genuina. A diferencia del modelo lineal, la economía circular propone un sistema en el que los recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible, extrayendo el máximo valor de ellos mientras están en circulación y recuperando y regenerando productos y materiales al final de su vida útil. Este enfoque busca eliminar los residuos y la contaminación desde el diseño, manteniendo los productos y materiales en uso. (Hopewell et al., 2009). Según Plastics Europe (2022), solo el 40 % del plástico posconsumo en Europa se recicla efectivamente, lo que implica que gran parte de estos residuos terminan en vertederos o incineradoras, generando emisiones y contribuyendo a la contaminación.

3.2 La biodigestión como un pilar de la economía circular

Dentro de la agricultura y la ganadería, la economía circular encuentra una aplicación práctica y efectiva a través de la **biodigestión**. Este proceso se basa en la descomposición de

la materia orgánica, como el estiércol, en ausencia de oxígeno para producir biogás y bioabono o biol. Este sistema no solo gestiona los residuos de manera eficiente, sino que los transforma en recursos valiosos, cerrando el ciclo de los nutrientes y la energía en la cadena de valor (Sistema.bio, s.f.).

Un ejemplo concreto de la aplicación de la economía circular y la biodigestión es el proyecto Vaca Madrina en el Cesar, Colombia. Este modelo demuestra que los biodigestores no solo mitigan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de las deyecciones del ganado, sino que también generan un impacto económico directo. El biogás producido se utiliza como combustible para las familias, reduciendo la dependencia de leña, y el biol líquido se aprovecha como fertilizante natural para los cultivos, lo que mejora la productividad y minimiza el uso de insumos químicos.

3.3 Las bondades del biol: Evidencia de un modelo circular

El **biol** es un biofertilizante con propiedades que lo distinguen de los insumos tradicionales. La investigación rigurosa que respalda su eficacia es evidente en los análisis que demuestran su composición química. El reporte de la Universidad de Antioquia, por ejemplo, categoriza al biol como un **abono líquido** de color café y textura heterogénea. Su análisis fisicoquímico muestra una composición rica, con elementos como nitrógeno orgánico (0.85 g/l), potasio (0.780 g/l), sodio (0.19 g/l), y magnesio (0.1977 g/l) (Universidad de Antioquia, 2024).

Las investigaciones de empresas como **Sistema.bio**, que posee sistemas patentados de biodigestión, demuestran que este subproducto es una fuente de materia orgánica, nutrientes minerales y hormonas de crecimiento, que enriquecen el suelo para las cosechas (Sistema.bio, s. f.). Su aplicación puede reducir el uso de fertilizantes químicos entre un 60 % y un 100 % (Sistema.bio, s. f.). Adicionalmente, el biol contribuye a la salud del suelo al

aportar microbiota que mantiene la humedad y potencia la masa radicular, lo que acorta los ciclos de producción y aumenta las cosechas. La efectividad de este bioabono convierte un residuo en un recurso, generando valor en cada etapa del ciclo de producción.

4. Hipótesis

Hipótesis General

La transición de un modelo de gestión de residuos centralizado y dependiente de subsidios, como el de la ganadería en Cataluña, a un modelo descentralizado y de economía circular, como el de la biodigestión en las granjas del Cesar, Colombia, representa un paradigma más intrínsecamente sostenible y viable, tanto en términos ambientales como económicos y sociales.

Hipótesis Específicas

- Hipótesis 1: La biodigestión a escala de granja no solo mitiga la contaminación por nitratos, sino que genera una rentabilidad superior al convertir los residuos en activos, eliminando la dependencia de subvenciones externas y de la volatilidad del mercado energético que llevaron al fracaso del modelo centralizado catalán.
- Hipótesis 2: La gestión individual del sistema de biodigestión por parte de los productores fomenta la apropiación de la solución, empoderando a las comunidades y generando beneficios sociales directos que van más allá de los ambientales y económicos, como la mejora de la salud y el ahorro de tiempo para las mujeres y niñas.

5. Objetivos

Objetivo General:

Analizar críticamente la viabilidad de dos modelos de gestión de residuos porcino y ganadero - el modelo centralizado de Cataluña y el modelo descentralizado de biodigestión en el Cesar, Colombia - e integrar un marco ético de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) para evaluar un paradigma más sostenible, resiliente y económicamente viable.

Objetivos Específicos:

1. Identificar y describir las problemáticas y desafíos logísticos y económicos del modelo centralizado de gestión de purines en Cataluña, con especial énfasis en el impacto que tuvo el cierre de las plantas de cogeneración.
2. +Describir y contextualizar el modelo de biodigestión descentralizado del Proyecto Vaca Madrina en el departamento del Cesar, detallando el proceso de implementación y el rol que la apropiación individual de la tecnología tiene para las comunidades ganaderas.
3. Evaluar de manera comparativa el impacto ambiental, económico y social de ambos modelos de gestión, utilizando datos sobre la reducción de la contaminación, la rentabilidad para los productores y los beneficios directos en la calidad de vida de las comunidades.
4. Argumentar que la biodigestión descentralizada, al generar beneficios multifacéticos y fomentar la autonomía del productor, se posiciona como una alternativa más intrínsecamente sostenible que los modelos centralizados dependientes de políticas externas.

5. Proponer un modelo de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y gestión ética de la cadena de suministro, contrastando la alianza de Crepes & Waffles con pequeños productores (eliminación de intermediarios y exigencia de insumos orgánicos) con el sector de distribución español, para argumentar la necesidad de que las grandes empresas asuman un rol activo en la sostenibilidad social y ambiental del sector primario

6. Metodología

La presente investigación adoptará un enfoque de análisis comparativo de estudio de caso para evaluar la viabilidad de un modelo de economía circular en el sector agroalimentario. Se contrastarán dos enfoques de gestión de residuos: el modelo de gestión intensiva predominante en Cataluña y el modelo de biodigestión descentralizada, aplicado en el Cesar, Colombia, como un paradigma de sostenibilidad.

6.1 Revisión y contextualización de la problemática en Cataluña

La primera fase de la metodología se centrará en una exhaustiva revisión bibliográfica para construir un marco de referencia sólido sobre la gestión de purines en Cataluña. Esta fase incluirá:

- **Análisis del contexto:** Se examinarán datos oficiales y académicos sobre la producción ganadera, el censo porcino y la evolución de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos. Se hará un especial énfasis en la **clausura de las plantas de cogeneración** y en cómo los cambios en las políticas de subvenciones dejaron a los ganaderos sin una solución viable para el tratamiento de sus residuos.
- **Identificación de los desafíos:** Se documentarán los principales retos que enfrenta el sector, incluyendo la contaminación de aguas subterráneas, los costos logísticos asociados al transporte y la aplicación de purines, y la falta de soluciones rentables a gran escala.

6.2 Descripción y análisis del caso de estudio en el Cesar, Colombia

La segunda fase se enfocará en el análisis del Proyecto Vaca Madrina implementado en el departamento del Cesar, Colombia. Este caso de estudio servirá como ejemplo de un

modelo alternativo y descentralizado. Los datos se obtendrán principalmente de fuentes primarias y secundarias:

- **El rol de la autora en el proyecto y el proceso de implementación:**

La labor de la autora en el proyecto, desarrollado por **Sistema.bio** con el apoyo de **Freskaleche**, consistió en un proceso de implementación dividido en cuatro fases: Diagnóstico, Instalación, Puesta en Marcha y Monitoreo. La segunda fase del proyecto, iniciada en octubre de 2023, tuvo como objetivo sensibilizar a las comunidades campesinas sobre el uso de la biodigestión, adaptando el conocimiento técnico a un lenguaje sencillo y comprensible para ellos, reconociendo su propio conocimiento del entorno.

- **Análisis de fuentes:** Se revisará el artículo de la autora de este TFM en la revista *Darwin News 21-2025* para comprender la aplicación de esta tecnología a pequeña escala en las comunidades ganaderas del Cesar. La información se complementará con la página web de la empresa Sistema.bio para detallar la tecnología utilizada y sus beneficios (Sistema.bio, 2025).

6.3 Evaluación comparativa y definición de variables de estudio

Viabilidad económica: La tercera fase consistirá en una evaluación comparativa sistemática de ambos modelos, estableciendo una serie de indicadores de sostenibilidad. La hipótesis de trabajo es que el modelo de biodigestión a escala de granja, al ser gestionado directamente por los productores, no solo es más viable económicamente sino que fomenta la apropiación del problema y de la solución, evitando la dependencia de modelos centralizados que han demostrado ser frágiles. Se medirán las siguientes variables:

- **costos de inversión y beneficios de cada modelo:** Se contrastarán los costos de inversión y los beneficios de cada modelo, y se analizarán los ahorros directos

para las familias ganaderas colombianas por el uso del biogás y del bioabono, y los ingresos adicionales que pueden generar con la venta de la parte sólida del digestato después del compostaje.

- **Impacto ambiental:** Se evaluará la capacidad de cada modelo para reducir la contaminación por nitratos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Se argumentará que el uso del biol y del compost mejora la salud del suelo y contribuye a la economía circular a nivel de granja.
- **Impacto social:** Se examinarán los beneficios sociales directos en la calidad de vida de los productores y sus comunidades, como la reducción de la dependencia de la leña y la mejora de las condiciones sanitarias.

6.4 Diseño del Modelo de Responsabilidad Social Empresarial y Gestión Ética

Esta fase está dedicada al cumplimiento del último objetivo específico, que consiste en la formulación de un modelo de **Responsabilidad Social Empresarial (RSE)** para la cadena agroalimentaria española. Este diseño se basará en un análisis cualitativo y deductivo, integrando los hallazgos de los casos de estudio colombianos con las necesidades del sector de la distribución en España:

- **Análisis del Paradigma Ético (Estudio de Caso Cualitativo):** Se analizará la alianza de **Crepes & Waffles** con los productores (eliminación de intermediarios, exigencia de insumos orgánicos, bienestar animal y desarrollo social). Este modelo se utilizará como la **referencia ideal** de RSE, un estándar ético al cual el sector de distribución español debe aspirar.
- **Contraste de Modelos de Suministro:** Se comparará el modelo de Crepes & Waffles con las iniciativas de proximidad existentes en España (como "**Km 0**"), argumentando por qué estas últimas se quedan cortas en la dimensión ética al no exigir un **compromiso verificable** con el manejo de residuos y la salud del suelo.

- **Formulación del "Contrato Social y Ambiental":** Finalmente, se deducirá un modelo de **Contrato Social y Ambiental** para las grandes empresas de distribución españolas (cárnicas y proveedoras de frutas/verduras). Este contrato se propondrá como la herramienta operativa que debe exigir la **gestión adecuada de residuos (biodigestión)** y la **sustitución de agroquímicos (uso del biol)** a sus proveedores, trasladando la responsabilidad de la sostenibilidad del gobierno al mercado.

7. Análisis y Resultados

7.1 Un Enfoque Comparativo: El Contraste de Dos Modelos

Esta sección presenta un análisis comparativo entre la problemática de la gestión de purines en Cataluña y el modelo de economía circular aplicado en el Cesar, Colombia. Se demuestra que la biodigestión, enfocada en una gestión descentralizada y la valorización integral de los residuos, es una alternativa más sostenible y viable que los modelos centralizados, especialmente aquellos que han demostrado ser frágiles ante cambios económicos y regulatorios.

7.2 El Fracaso del Modelo Centralizado en Cataluña

El sector porcino catalán, a pesar de su alta rentabilidad económica con un beneficio promedio de **42,79 euros por cerdo en 2024**, enfrenta un desafío estructural insostenible. A lo largo de los años, el modelo de gestión dependió de plantas de cogeneración a gran escala, cuya rentabilidad estaba ligada a un esquema de primas y subvenciones del gobierno. La eliminación de estos apoyos en 2013 hizo que la operación dejara de ser viable, lo que llevó a su cierre y dejó al sector sin una solución de gestión efectiva. Este fracaso puso de manifiesto la vulnerabilidad de un modelo centralizado que, al depender de políticas externas y no generar valor intrínseco de los residuos, colapsó y dejó la gestión del purín nuevamente en manos de los ganaderos, exacerbando la contaminación por nitratos.

7.3 Gestión de subproductos en las plantas de cogeneración

Si bien las plantas de cogeneración catalanas higienizaban y reducían la carga de

nitrógeno del purín, su modelo de negocio no se centró en la valorización integral de los subproductos. Se realizaba una **separación sólido-líquido**, siendo la fracción sólida comercializable como abono. Sin embargo, la fracción líquida (lixiviado/biol) siguió siendo un problema logístico y su gestión compleja no generó un valor económico directo que hiciera autosuficiente a la granja. Esto contrasta con el caso colombiano, donde la venta del biol se convierte en una fuente de ingresos principal.

7.4 La Viabilidad del Modelo de Economía Circular en Colombia

La investigación revela dos casos de estudio en Colombia que demuestran la viabilidad de la biodigestión como un modelo autosuficiente que no solo resuelve el problema de los residuos, sino que genera beneficios económicos y ambientales directos a nivel de granja.

7.4.1 El Proyecto Vaca Madrina

Este proyecto, que implementó biodigestores en pequeñas fincas del departamento del Cesar, demuestra un impacto ambiental y social significativo. La tabla de resultados del proyecto (Tabla 1) evidencia que la implementación de 100 biodigestores ha logrado una **reducción total de 1.000 toneladas de gases de efecto invernadero (GEI) al año**. Además, estos sistemas producen 19.500 litros de biol al día, un biofertilizante que contribuye a la salud del suelo y aumenta la productividad de los cultivos de forma orgánica.

	Estiércol (L/día)	Producción diaria de biogás (m ³ /día)	Tiempo de cocción promedio en un quemador (h/día)	Equivalente en gas LP (Lb/mes)	Producción de Biol (L/día)	Potencial área fertilizada equivalente (ha/año)	Reducción GEI/año (t)
Sistema 8, producción individual	65	2,5	4,9	68	195	7,0	10
Sistema 8, producción total (100)	6500	250	490	6800	19500	700	1000

Tabla 1, Resultados del Proyecto Vaca Madrina (Peralta Avila L.P, 2025)

7.4.2 El Caso de la Porcícola Lola Pig

El Caso de la Porcícola Lola Pig, ubicada en La Dorada, Caldas, es un ejemplo contundente de la viabilidad económica a gran escala de la biodigestión descentralizada. La granja, con una población de aproximadamente 5.000 cerdos, convierte diariamente **12.500 kg de estiércol** en un recurso valioso a través de la biodigestión en 24 biodigestores.

- **Viabilidad Económica:** El sistema genera diariamente **25.392 litros de biol**, lo que se traduce en un ingreso mensual de aproximadamente **€91.000**, sin depender de subsidios. Adicionalmente, vende el subproducto sólido, una vez separado y secado al 70%, como abono físico, demostrando la valorización total del residuo.
- **Impacto Ambiental y Energético:** La granja utiliza el biogás para sus propias necesidades, incluida la preparación de alimentos y algunas actividades de **energía mecánica**, como en motobombas. Dado que la porcícola está ubicada en una zona con una **temperatura promedio anual de entre 28°C y 33°C**, el uso de este recurso para calefacción de los animales es innecesario, generando un excedente significativo. Este biogás excedente se quema mediante antorchas, una práctica justificada científicamente. Al quemar el metano (CH₄), un gas con un Potencial de Calentamiento Global (PCG) 27.9 veces mayor que el CO₂, se mitigan las emisiones, transformando un GEI potente en una forma menos dañina, lo que se alinea con los objetivos ambientales (Sistema.bio., s. f.).

7.4.3 Integración Ética y Social: El Modelo Crepes & Waffles como Paradigma

La sostenibilidad duradera requiere, además de la viabilidad técnica y económica, un compromiso ético y social por parte de los grandes actores de la cadena de suministro. El modelo de la empresa gastronómica colombiana **Crepes & Waffles** representa un paradigma de **Responsabilidad Social Empresarial (RSE)** genuina y de **integración vertical ética** que España debe emular (Crepes & Waffles S.A., s.f.).

Este modelo se distingue por:

- **Dignidad Rural y Eliminación de Intermediarios:** Crepes & Waffles establece una alianza directa con pequeños agricultores, eliminando la intermediación. Esto garantiza un **precio justo y estable** para el campesino y permite a la empresa tener un control total sobre la cadena de valor y el origen de sus productos (Crepes & Waffles S.A., s.f.).
- **Compromiso con la Salud Pública y lo Orgánico:** La empresa exige a sus proveedores el uso exclusivo de **fertilizantes y procesos orgánicos**, garantizando la salud de sus comensales al evitar la exposición a agroquímicos asociados a diversas enfermedades. Este compromiso va más allá del *greenwashing* enfocado solo en el *packaging* reciclado y ataca el problema en la raíz del impacto ambiental y de salud (Crepes & Waffles S.A., s.f.).
- **Estándar de Bienestar Animal:** La alianza de Crepes & Waffles en España con la iniciativa "**Huevos sin jaula**" eleva el estándar ético al priorizar el bienestar de los animales en su cadena de suministro. Este compromiso demuestra una RSE exportable que abarca la dimensión social, ambiental y el trato ético a los seres vivos, un nivel de exigencia que las distribuidoras españolas deberían adoptar (Crepes & Waffles S.A., s.f.).

- **Impacto Social y Empoderamiento:** La empresa vincula su éxito

comercial a proyectos de desarrollo social, como la construcción de escuelas y el apoyo a comunidades vulnerables, demostrando que la rentabilidad no debe estar disociada de la equidad social (Crepes & Waffles S.A., s.f.).

7.5 Implicaciones para el Sector de Distribución Español

Mientras que en España existen iniciativas loables como la **Gastronomía de Kilómetro Cero** y la **proximidad** (modelos que aseguran calidad e impulsan la economía local), estos a menudo se quedan cortos en el compromiso ético integral. El desafío para las grandes empresas de distribución españolas (supermercados y proveedoras cárnicas que trabajan con la ganadería catalana) es **ir más allá del Km 0** y la mera exigencia de plásticos reciclables.

Se propone la adopción de un **Contrato Social y Ambiental** con sus proveedores, basado en los siguientes principios:

1. **Exigencia Ambiental Rigurosa:** Las empresas distribuidoras de carne deben hacer de la **gestión adecuada de residuos**, un **requisito contractual** para suministrar productos. Esto trasladaría la responsabilidad ambiental del gobierno (subsidios) a la cadena de valor (mercado), haciendo que el modelo de biodigestión sea obligatorio y rentable.
2. **Sostenibilidad del Producto:** Exigir a los proveedores agrícolas el uso de **prácticas orgánicas** (reemplazando fertilizantes químicos por biol), alineando la salud del suelo y del productor con la salud del consumidor final.
3. **Dignidad Económica:** Formalizar alianzas de suministro que eliminen la intermediación, garantizando un precio estable y justo para el sector primario.

El caso colombiano de Lola Pig (viabilidad técnica) y Crepes & Waffles (viabilidad ética y social) demuestran que la sostenibilidad es alcanzable si se integra en el modelo de negocio con un propósito que va más allá del beneficio económico inmediato.

8. Conclusiones

1. Respuesta a la Hipótesis General: La Sostenibilidad Intrínseca

Se concluye que la sostenibilidad, concebida como un paradigma perdurable, **no es alcanzable bajo modelos centralizados dependientes de políticas externas**. El caso de Cataluña demostró que el modelo de cogeneración, al estar ligado a las primas gubernamentales, resultó **frágil y económicamente insostenible**. En cambio, la sostenibilidad se revela como intrínsecamente viable al adoptar un **enfoque sistémico y circular que genera valor desde la raíz del problema**. Los modelos como el Proyecto Vaca Madrina y Lola Pig, al ser autosuficientes, son inherentemente más resilientes.

2. Eje Ambiental y Técnico: Del Problema a la Solución

- **Mitigación de la Contaminación:** Se verifica que la biodigestión descentralizada aborda la problemática de la contaminación por nitratos de manera efectiva. A diferencia de las plantas catalanas, donde la fracción líquida (biol) seguía siendo un problema logístico, el modelo colombiano la convierte en un biofertilizante con propiedades que **mejoran la salud del suelo y la productividad**.
- **Gestión Responsable del Metano:** La quema del excedente de biogás con antorchas, justificada por el **bajo Potencial de Calentamiento Global (PCG)** del CO₂ resultante en comparación con el metano (CH₄), confirma una gestión activa y responsable de las emisiones.

3. Eje Económico: Rentabilidad sin Subsidios

- **Autonomía del Productor:** El análisis de la porcícola Lola Pig prueba la **Hipótesis 1** sobre la rentabilidad. El sistema genera un ingreso mensual significativo por la venta del biol y del subproducto sólido. Esta capacidad de generar un ingreso directo a partir del residuo elimina la dependencia de subsidios externos y de la volatilidad del precio de la energía que provocó el fracaso del modelo catalán.
- **Ahorro en Insumos:** La producción de biol reduce la necesidad de costosos fertilizantes químicos, lo que representa un ahorro directo para el agricultor y contribuye a la viabilidad económica del campo.

4. Eje Social y Ético: La RSE como Imperativo

- **Modelo de Integración Ética:** El caso de Crepes & Waffles demuestra que la sostenibilidad debe ser un **imperativo ético integrado en la cadena de valor**. Este modelo de **Responsabilidad Social Empresarial (RSE)** va más allá del control de residuos y establece un contrato social con el productor (eliminación de intermediarios, precio justo, compromiso social).
- **Propuesta de Contrato Social y Ambiental:** Se concluye que las grandes distribuidoras y el sector gastronómico español (que trabajan con la ganadería catalana) deben adoptar este modelo colombiano. Deben exigir la **biodigestión como requisito contractual** para el suministro de carne y la **sustitución de agroquímicos por insumos orgánicos** (biol) para frutas y verduras. Esto trasladaría la responsabilidad ambiental del gobierno al mercado, asegurando la salud del consumidor y la dignidad del sector

primario.

9. Futuras líneas de trabajo

1. Evaluación de la Transferencia de Biotecnología Descentralizada

- **Propuesta:** Realizar un estudio piloto de la viabilidad técnica y económica de un biodigestor en granjas porcinas catalanas de pequeña o mediana escala que no pudieron acceder al modelo de cogeneración; implementando uno de un tamaño pequeño.
- **Justificación:** Esto permitiría cuantificar el ahorro real en fertilizantes y la reducción de la contaminación por nitratos en el contexto normativo y climático español, utilizando el biol como sustituto total de los fertilizantes químicos. Se trata de poner a prueba la hipótesis del modelo Lola Pig directamente en Cataluña.

2. Desarrollo de un Índice de Sostenibilidad Ética (ISE) para la Cadena Agroalimentaria

- **Propuesta:** Diseñar y validar un índice de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) que vaya más allá del *packaging* y mida el compromiso de las grandes distribuidoras (supermercados y cárnicas) con tres variables clave: 1) Eliminación de intermediarios, 2) Exigencia de prácticas orgánicas/uso de biofertilizantes (biol), y 3) Cumplimiento de estándares de bienestar animal.
- **Justificación:** El modelo Crepes & Waffles demostró la necesidad de un enfoque holístico. Esta línea de trabajo daría a las empresas españolas una herramienta práctica para medir su impacto ético y social real, incentivando la adopción del **Contrato Social y Ambiental** que propones.

3. Análisis de la Viabilidad Legal de la Sostenibilidad Intrínseca

- **Propuesta:** Estudiar las barreras legales y burocráticas en la normativa agraria y medioambiental española que dificultan la **creación de valor a partir de subproductos como el biol**.
- **Justificación:** Esto permitiría proponer cambios legislativos que promuevan la **autonomía del productor** y faciliten la reintroducción del biol en la cadena de valor, asegurando que la sostenibilidad intrínseca no se vea limitada por regulaciones pensadas para modelos de producción lineales.

10. Referencias

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común*. Oxford University Press.
<http://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=es&v=pdf>

Crepes & Waffles S.A. (s.f.). *Crepes & Waffles España se une a Huevos sin jaula*. Fundación Crepes & Waffles. Recuperado el 30 de septiembre de 2025 de <https://www.coursehero.com/file/174585709/Screen-Shot-2022-10-28-at-64419-PMpng/>

Crepes & Waffles S.A. (s.f.). *[Historia y Misión]*. Recuperado el 30 de septiembre de 2025 de <https://business.google.com/es/business-profile/>

Crepes & Waffles S.A. (s.f.). *Sembrando esperanza en Montes de María*. Fundación Crepes & Waffles. Recuperado el 30 de septiembre de 2025 de <https://www.coursehero.com/file/174585709/Screen-Shot-2022-10-28-at-64419-PMpng/>

Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The drivers of greenwashing. *California Management Review*, 54(1), 64–87. <https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64>

DOC-20240731-WA0014.(2) Resultado de muestra de Biol.pdf Universidad de Antioquia, Corporación de Patologías Tropicales. (2024). *Resultado de muestra de Biol.*

[Informe de laboratorio].

EEA – European Environment Agency. (2020). *Water and agriculture: towards sustainable solutions*. <https://www.eea.europa.eu/publications/water-and-agriculture>

Environment. (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment*. Naciones Unidas. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=es&v=pdf>

FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Greenpeace. (2023). *La contaminación del agua por nitratos en España*. <https://es.greenpeace.org/es/en-profundidad/un-agua-de-mierda-el-legado-de-las-macrogranjas>

Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>

iAgua. (2023). *España ante el Tribunal de Justicia por no reducir la contaminación por nitratos*. <https://www.iagua.es/noticias>

infoiberico.com. (2025, 17 de julio). *Unió de Pagesos alerta de una tendencia a la baja en el balance del 1º semestre de 2025 en el sector porcino*. Recuperado de <https://infoiberico.com/unio-de-pagesos-alerta-de-una-tendencia-a-la-baja-en-el-balance->

del-1o-semester-de-2025-en-el-sector-porcino/

La Vanguardia. (2025, 10 de enero). *El sector porcino encadena dos años positivos y cierra 2024 con ganancia media de 42,79 euros por animal*. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/local/lleida/20250110/10272201/sector-porcino-encadena-dos-anos-positivos-cierra-2024-ganancia-media-42-79-euros-animal.html>

Ley 11/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, BOE núm. 85. (2022).

Magnier, L., & Crié, D. (2015). Communicating packaging eco-friendliness: An exploration of consumers' perceptions of eco-designed packaging. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 43(4/5), 350–366. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-04-2014-0048>

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books.

Naciones Unidas. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

Peralta Avila, L. P. (2025). La biodigestión. Implemento en las comunidades ganaderas del Cesar (Colombia). *Darwin News*, (21), 39-46.

PlasticsEurope. (2022). *Plastics – the Facts 2022*. <https://plasticseurope.org>

Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., ... & Wratten, S. D. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441–446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>

Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases, BOE núm. 311. (2022).

Rebelión. (2022). *Contaminación por pesticidas en aguas españolas*. <https://rebelion.org>

Sistema.bio. (s. f.). *Impacto Ambiental Sistema.bio*. [Documento PDF].

Sistema.bio. (s. f.). *Triptico de biol*. [Folleto].

Unió de Pagesos de Catalunya. (2024, mayo). *Propostes de la Unió de Pagesos de Catalunya de cara les eleccions al Parlament de Catalunya del 12 de maig del 2024*. Recuperado de <https://uniopagesos.cat/wp-content/uploads/2024/05/PropostesEleccionsCatCN20240411.pdf>