

Conchas de mejillón, lombrices y humedales: una solución gallega para reducir los metales pesados en los purines

En este artículo abordamos la gestión sostenible de los purines porcinos en Galicia para reducir la contaminación por metales pesados y ponemos el foco en un tratamiento biológico estructurado en tres etapas —a base de conchas de mejillón, lombrices y humedales artificiales— capaz de eliminar cerca del 90 % del zinc y el cobre.

María Dolores Báez Bernal, Carlos López López
Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo-Agencia Gallega de la Calidad Alimentaria (CIAM-Agacal)

La producción porcina constituye un sector de creciente importancia en la ganadería gallega y española, y la gestión de los purines representa uno de los grandes retos ambientales asociados a la ganadería intensiva. En Galicia, el censo de ganado porcino ha experimentado un crecimiento sostenido durante las últimas décadas (figura 1). Este crecimiento ha ido acompañado de un incremento considerable en la generación de deyecciones que requieren de una gestión y valorización adecuadas para garantizar la sostenibilidad de las explotaciones.

Los purines de porcino constituyen una fuente importante de nutrientes para los cultivos, pero si son mal gestionados pueden provocar problemas de contaminación de suelos, aguas y atmósfera. Entre los contaminantes que generan preocupación se encuentran los metales pesados, ya que se trata de elementos acumulativos y no biodegradables, y que pueden producir problemas ambientales derivados de su toxicidad frente a microorganismos, plantas, animales y seres humanos. Algunos metales pesados son esenciales en cantidades traza para las plantas superiores (Cu, Fe, Mn y Zn) y para los animales y seres humanos (Fe, Mn, Ni, Zn, Cu, V, Co y Cr). Beneficiosos en pequeñas concentraciones pueden ser tóxicos cuando están presentes en cantidades considerables y en forma disponible (Rodríguez Martín *et al.*, 2009), pudiendo contribuir, bajo determinadas condiciones de exposición, a la transferencia de contaminantes a través de la cadena alimentaria.

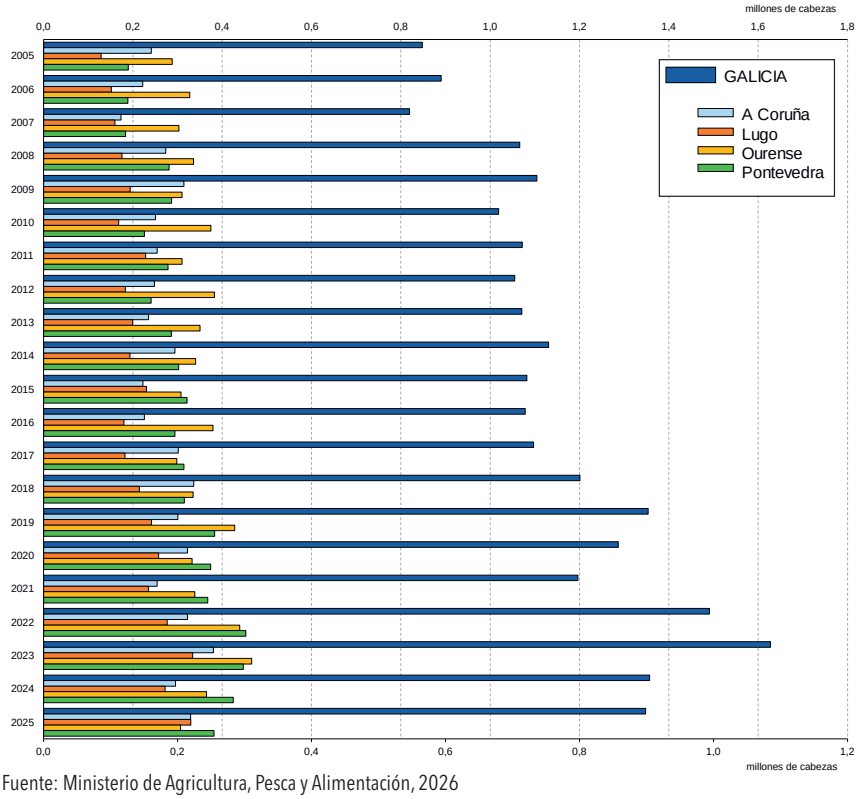
En los suelos agrícolas la entrada de metales pesados puede producirse a través de la atmósfera, pero mayoritariamente a través de lodos de

LOS PURINES DE PORCINO CONSTITUYEN UNA FUENTE IMPORTANTE DE NUTRIENTES PARA LOS CULTIVOS, PERO SI SON MAL GESTIONADOS PUEDEN PROVOCAR PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS, AGUAS Y ATMÓSFERA

depuradora, fertilizantes, plaguicidas, estiércoles y purines. Los abonos derivados de la producción animal, especialmente porcina (Nicholson *et al.*, 2003), pueden representar una contribución importante a los contenidos de estos metales en el suelo debido a que una parte importante de los minerales suministrados en la dieta no es absorbida por el organismo y acaba siendo excretada.

Diversos estudios han demostrado que la aplicación repetida de purines con altas concentraciones de Zn y

Figura 1. Evolución del número total de animales de ganado porcino en Galicia



Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2026

Desde 1980 siendo **especialistas en la importación, distribución y comercialización de maquinaria** de primer nivel para la **agricultura y la ganadería**

farming agrícola



KRONE AMAZONE FARESIN TANCO B&L SHAKTIMAN HSUN

Paraje La Gata. Pol 502 · Parcela 67 · 34170 Villamartín de Campos (Palencia)
(+34) 979 728 450 · info@farming-agricola.com
Delegaciones en Palencia | Frades, A Coruña | La Luisina, Sevilla

farmingagricola.com

Cu puede provocar alteraciones en la actividad microbiana del suelo, reducir la biodiversidad edáfica y aumentar el riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Campillo-Cora *et al.*, 2025).

Hoy en día, la normativa vigente en materia de nutrición sostenible de suelos agrarios (Real Decreto 1051/2022) refuerza la necesidad de un control más estricto de los aportes de nutrientes y contaminantes procedentes de fuentes orgánicas. El contenido total de metales pesados en los horizontes superficiales del suelo puede servir como indicador de su toxicidad potencial. Así, el Real Decreto 1051/2022 establece límites a la concentración de metales pesados en los suelos (tabla 1), y en los materiales aplicados al suelo (tabla 2), y fija aportes máximos anuales para elementos como el Zn y Cu con el objetivo de evitar la acumulación progresiva de estos elementos en el suelo; de ahí la necesidad de reducir estos contaminantes en los aportes de los fertilizantes orgánicos. En Galicia, esta problemática cobra especial relevancia debido a la presencia en los suelos de concentraciones relativamente elevadas de ambos elementos (figura 2).

En este contexto, la búsqueda de tecnologías capaces de reducir la carga de metales pesados presente en los purines sin comprometer su valor fertilizante se ha convertido en una prioridad para el sector, al permitir compatibilizar la valorización de los purines con la protección ambiental y favorecer una gestión más eficiente de los nutrientes, en línea con los principios de la economía circular.

Tabla 1. Contenido máximo en metales pesados en los suelos agrarios en los primeros 25 cm de profundidad (RD 1051/2022)

Metales pesados	Valores límite en el suelo (mg/kg materia seca)	
	pH suelo <7	pH suelo ≥7
Cd	1	1.5
Cu	50	100
Ni	30	70
Pb	50	100
Zn	150	200
Hg	0.5	1
Cr	60	100

Tabla 2. Valores límite de metales pesados en los materiales aplicados al suelo (RD 1051/2022)

Metales pesados	Valores límite (mg/kg materia seca)
Zn	2.500
Cu	1.000
Cr	1000
Ni	300
Pb	750
Cd	10

ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA A LA GESTIÓN DE PURINES

En el proyecto europeo NUTRITIVE (2024-2028), titulado *InNovative decision-making tool for defining the most sUitable manure management sTRategies to achieve a sustaInable livestock farming sysTem during the whole ValuE chain* (www.nutritive.es), se aborda el desarrollo y la validación de soluciones innovadoras para optimizar la gestión del estiércol manteniendo un enfoque integrado de sostenibilidad ambiental, viabilidad económica y aceptación social. Se estudia y modeliza la implementación de nuevas tecnologías de tratamiento y valorización de subproductos que permitan reducir contaminantes y los riesgos asociados al manejo de las deyecciones ganaderas, favoreciendo la recuperación de nutrientes y facilitando la toma de decisiones mediante herramientas de apoyo basadas en criterios técnicos, ambientales y económicos.

En el marco de este proyecto se ha llevado a cabo una experiencia piloto en las instalaciones de Ecocelta Galicia, S.L. (Ponteareas, Pontevedra), con el objetivo de evaluar la eficacia del sistema de tratamiento biológico Agropurin® en la reducción de metales pesados presentes en los purines de porcino.

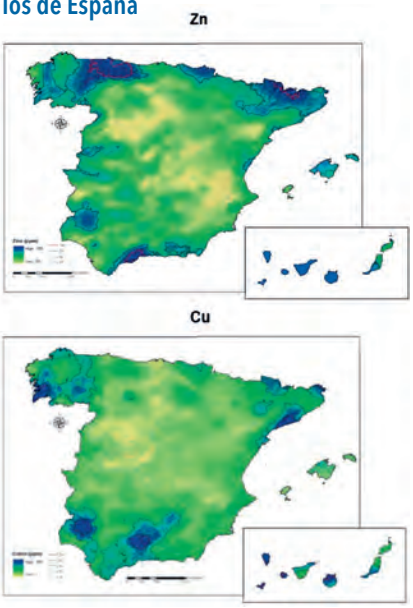
La instalación combina diferentes procesos biológicos que actúan de forma secuencial como filtros sobre la fracción líquida del purín obtenida tras un separador sólido-líquido, o sobre el purín directamente si este presenta un bajo contenido en sólidos (figura 3, pág. sig.):

- filtro elaborado a partir de conchas de moluscos compostadas,
- tratamiento Vermifitas®: vermifiltro con lombrices de tierra y un humedal artificial plantado con macrófitas acuáticas.

Este sistema de tratamiento es coherente con los principios de economía circular, puesto que aprovecha residuos procedentes de otras actividades productivas para generar nuevos recursos de utilidad agronómica.

La circulación del purín a través de las tres etapas se realiza principalmente por gravedad, lo que reduce las necesidades energéticas y simplifica la operación del sistema.

Figura 2. Contenidos de Zn y Cu en suelos de España

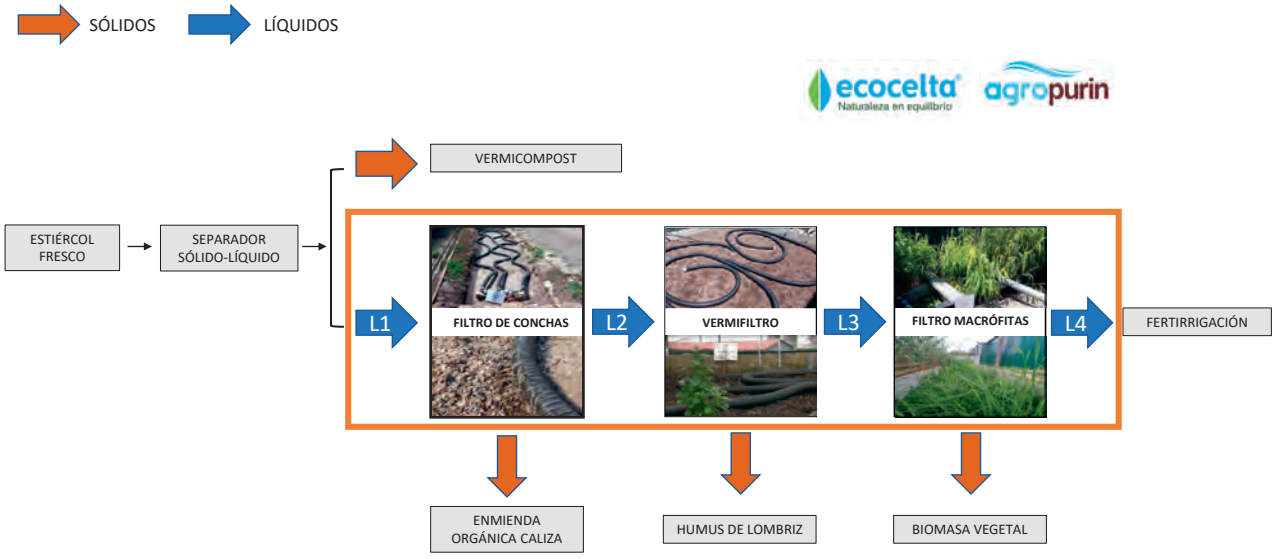


Fuente: Rodríguez Martín *et al.*, 2009

EL PAPEL CLAVE DE LAS CONCHAS DE MEJILLÓN

Galicia es uno de los principales productores europeos de mejillón y ge-

Figura 3. Esquema integrado de tratamiento de purín de cerdo que combina la separación sólido-líquido y sistema de vermicompostaje y biofiltración para la fracción líquida del separador



L1: producto de entrada en el sistema de filtros. L2: líquido procedente del filtro de conchas que es conducido hacia el vermifiltro. L3: líquido procedente del vermifiltro conducido a la balsa de macrófitas. L4: líquido obtenido al finalizar el proceso de filtración

ESTE SISTEMA DE TRATAMIENTO ES COHERENTE CON LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR; APROVECHA RESIDUOS PROCEDENTES DE OTRAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS PARA GENERAR NUEVOS RECURSOS DE UTILIDAD AGRONÓMICA





nera cada año miles de toneladas de residuos de conchas procedentes de la industria transformadora. Tradicionalmente, la gestión de estos materiales ha supuesto un problema ambiental y económico, pero su elevado contenido en carbonato cálcico las convierte en un recurso con gran potencial para aplicaciones agrícolas y ambientales.

La primera etapa del tratamiento Agropurin® consiste en la circulación del purín a través de un filtro de material compostado a base de conchas de moluscos y materia orgánica estabilizada. Este material presenta una estructura muy porosa que favorece la infiltración del líquido y proporciona una amplia superficie de contacto. Estudios previos han demostrado la capacidad de las conchas trituradas para retener fósforo y adsorber metales gracias a mecanismos de intercambio iónico y complejación superficial (Ramírez-Pérez *et al.*, 2013).

EL PAPEL DE LAS LOMBRICES EN LA DEPURACIÓN

Una vez atravesado el filtro de conchas, el efluente atraviesa el vermifiltro que alberga poblaciones de lombrices del género *Eisenia*. Estos ejemplares son reproducidos en las propias instalaciones de Ecocelta (Galicia) y adaptados a diferentes tipos de alimentos orgánicos.

La vermifiltración es una tecnología basada en la acción conjunta de lombrices y microorganismos.

Las lombrices consumen parte de la materia orgánica presente en el efluente y favorecen la aireación del sustrato, mientras que las comunidades microbianas degradan compuestos orgánicos complejos.

Esta actividad conjunta en el sustrato favorece la degradación de la materia orgánica, la reducción de patógenos y la estabilización de los nutrientes generando pequeñas cantidades de humus de calidad que puede utilizarse como enmienda orgánica.

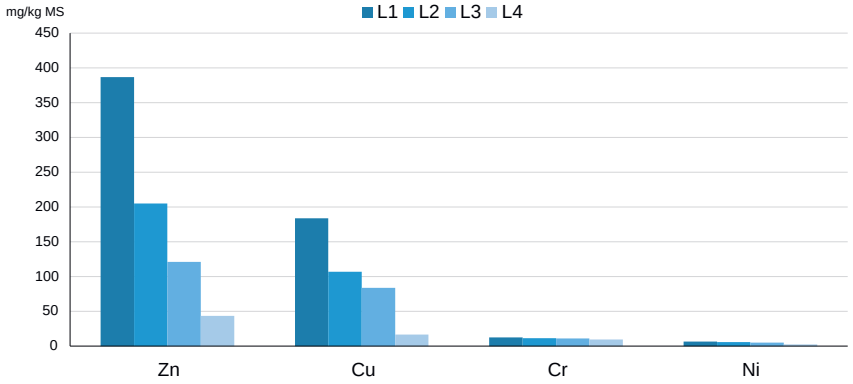
Diversas investigaciones han demostrado que este tipo de sistemas permiten reducir significativamente la carga orgánica, los sólidos en suspensión y determinados contaminantes presentes en efluentes ganaderos (Lazcano *et al.*, 2008).

LA ACTIVIDAD CONJUNTA DE LOMBRICES Y MICROORGANISMOS EN EL SUSTRATO FAVORECE LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA, LA REDUCCIÓN DE PATÓGENOS Y LA ESTABILIZACIÓN DE LOS NUTRIENTES GENERANDO HUMUS DE CALIDAD QUE PUEDE UTILIZARSE COMO ENMIENDA ORGÁNICA



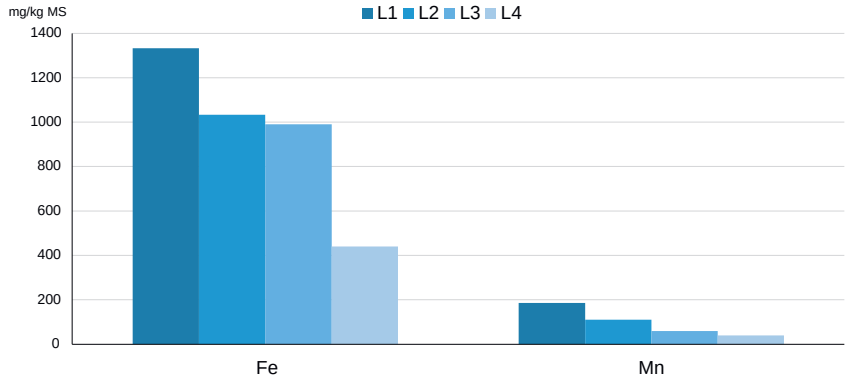


Figura 4. Evolución de las concentraciones de metales (mg/kg de materia seca) durante el proceso de biofiltración



L1: purín de entrada; L2, L3 y L4: fracciones líquidas obtenidas en las sucesivas etapas del tratamiento

Figura 5. Evolución de las concentraciones de micronutrientes: Fe y Mn (mg/kg MS) durante el proceso de biofiltración



L1: purín de entrada; L2, L3 y L4: fracciones líquidas obtenidas en las sucesivas etapas del tratamiento

HUMEDALES ARTIFICIALES: LA ÚLTIMA ETAPA DEL PROCESO

El tratamiento se completa con un humedal artificial plantado con macrófitas acuáticas como carrizos (*Phragmites*) y eneas (*Typha*), dos géneros ampliamente utilizados en sistemas de depuración natural. En este caso, las especies utilizadas fueron especialmente seleccionadas para crecer y depurar efluentes con alta carga orgánica (Proyecto VIVEDEPUR, FEADER 2017/081B).

Las raíces de estas plantas crean un entorno muy activo desde el punto de vista biológico, favoreciendo el desarrollo de microorganismos capaces de transformar nutrientes y degradar compuestos residuales. Los humedales artificiales constituyen una de las tecnologías más eficientes y sostenibles para el tratamiento final de efluentes agrícolas y ganaderos debido a su bajo consumo energético y reducido coste de mantenimiento (Vymazal, 2010). Además, diversos estudios han demostrado su elevada eficacia para eliminar metales pesados, manteniendo al mismo tiempo concentraciones moderadas de nutrientes que permiten la reutilización del agua tratada como fertilizante (Dias *et al.*, 2020).

REDUCCIÓN SIGNIFICATIVA DE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC Y COBRE

En estudios previos (Proyecto AGROPURIN, FEADER 2021/064A), el sistema de tratamiento había sido testado con purines procedentes de cerdas reproductoras obteniendo resultados prometedores en cuanto a la reducción de contaminantes y mejora de la calidad del efluente final (Báez *et al.*, 2023, 2025).

En el marco del nuevo proyecto NUTRITIVE se estudia la capacidad del sistema para la reducción de metales pesados y micronutrientes (Zn, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb, Fe, Mn) y se evalúa la influencia en macronutrientes (N, P, K), materia seca (MS), materia orgánica (MO) y parámetros fisicoquímicos como pH y conductividad.

El Zn y el Cu, elementos que habitualmente aparecen en concentraciones elevadas en los purines de porcino debido al uso de suplementos minerales en la alimentación, fueron los metales que mostraron una mayor reducción (figura 4). Las concentraciones de Zn disminuyeron de 387 a 43 mg/kg MS, mientras que las de Cu pasaron de 184 a 17 mg/kg MS, alcanzándose reducciones globales cercanas al 90 % en ambos casos. Asimismo, se observó una disminución en las concentraciones de Cr y Ni, con reducciones del 24 % y 65 %, respectivamente.

El sistema también redujo significativamente la concentración de otros micronutrientes presentes en el purín, como el Fe y Mn (figura 5). Las concentraciones de Fe dismi-

nuyeron en un porcentaje del 67 %, mientras que las de Mn se redujeron en un 79 %. Otros metales potencialmente tóxicos, como Cd y Pb, permanecieron por debajo de los límites de detección durante todo el proceso.

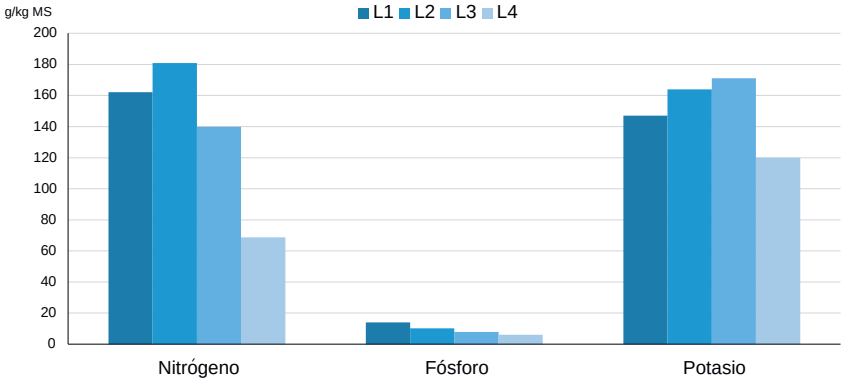
TRES ETAPAS, TRES MECANISMOS DE DEPURACIÓN

La reducción de los metales pesados no se produce por un único mecanismo, sino por la acción complementaria de las tres etapas del sistema.

Los análisis mostraron que el primer filtro fue responsable de la mayor parte de la eliminación inicial de Zn, Cu y Fe. Gracias a su elevado contenido en Ca, este filtro biológico favorece la retención de P y la inmovilización de metales pesados mediante procesos de adsorción y precipitación.

La segunda etapa, el vermifiltro con lombrices, continúa la depuración mediante la intensa actividad biológica desarrollada en el sustrato. La degradación de la materia orgánica y la acción de los microorganismos asociados a las lombrices contribuyen a inmovilizar los metales en formas más estables y menos disponibles. Por último, el humedal artificial actúa como una etapa de pulido final donde las plantas acuáticas absorben parte de los metales y nutrientes residuales, mientras que los microorganismos presentes en la rizosfera completan los procesos de transformación y estabilización. En conjunto, gracias a la combinación de mecanismos físicos, químicos y biológicos, el sistema logró reducciones cercanas al 90 % para Zn y Cu y descensos importantes en Cr, Fe y Mn.

Figura 6. Evolución de las concentraciones de macronutrientes: N, P y K (g/kg MS) durante el proceso de biofiltración



L1: purín de entrada; L2, L3 y L4: fracciones líquidas obtenidas en las sucesivas etapas del tratamiento

MENOS CARGA CONTAMINANTE Y EFLUENTES REUTILIZABLES

Además de reducir la carga de metales pesados, el sistema de biofiltración genera efluentes que pueden ser aprovechados agronómicamente. El líquido obtenido tras el filtro de conchas (L2),



puede aportar nutrientes (N, P y K; figura 6) con una reducción significativa de las concentraciones de Zn y Cu respecto al purín inicial (L1), lo que permite su utilización directa como fertilizante orgánico en sistemas de fertirrigación.

El efluente final (L4) experimenta una mayor reducción de nutrientes y metales pesados. Los resultados muestran disminuciones superiores al 50 % en las concentraciones de N y P, mientras que la concentración de K permanece más parecida a la del purín inicial (L1).

El pH se mantuvo prácticamente constante durante todo el proceso, en un intervalo de valores compatible con la utilización agrícola. La conductividad eléctrica disminuyó de forma notable, indicando una reducción del contenido de sales disueltas y los contenidos de MS y MO descendieron progresivamente a lo largo de las tres etapas del sistema. Por tanto, el efluente L4 presenta menores concentraciones de metales, materia orgánica y nutrientes, lo que minimiza el riesgo de contaminación de suelos y aguas asociado a su aplicación.

Estas características permiten su reutilización como agua de riego en la propia explotación, favoreciendo una gestión eficiente de los recursos hídricos, o su descarga como efluente tratado, siempre que cumpla los criterios de calidad establecidos por la normativa vigente y disponga de la correspondiente autorización administrativa.

UNA TECNOLOGÍA ALINEADA CON LOS RETOS DE LA GANADERÍA DEL FUTURO

Los resultados obtenidos muestran que la combinación de subproductos locales y procesos basados en la naturaleza constituye una alternativa prometedora para la gestión sostenible de purines de porcino.

Esta tecnología genera productos reutilizables a partir de las materias originales, tales como fertilizantes líquidos, enmiendas orgánicas, humus de lombriz y biomasa vegetal. De este modo, el excedente de purín de porcino dejaría de ser una carga para la explotación y se transforma en una fuente de recursos valorizables, ampliando las oportunidades para su aprovechamiento y contribuyendo a una producción ganadera más sostenible.

▸ LA UTILIZACIÓN DE CONCHAS PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA MEJILLONERA GALLEGA INCORPORA UN CLARO COMPONENTE DE ECONOMÍA CIRCULAR QUE CIERRA CICLOS DE NUTRIENTES ENTRE SECTORES PRODUCTIVOS ESTRATÉGICOS, REDUCE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS Y FAVORECE EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS LOCALES

La utilización de conchas procedentes de la industria mejillonera gallega incorpora un claro componente de economía circular que cierra ciclos de nutrientes entre sectores productivos estratégicos, reduce la generación de residuos y favorece el aprovechamiento de los recursos locales.

En las próximas fases del proyecto NUTRITIVE se evaluará el comportamiento del sistema de biofiltrado con purines procedentes de diferentes sistemas de producción y se avanzará en la caracterización de las fracciones sólidas generadas durante el tratamiento. Estos trabajos contribuirán a optimizar la eficiencia del sistema y a evaluar su viabilidad técnico-económica, así como su potencial de implantación en las propias explotaciones ganaderas como herramienta para la gestión sostenible del purín de porcino.

De este modo, se impulsa la transición hacia modelos de producción más circulares, eficientes y respetuosos con el medio ambiente, a la vez que se reduce el impacto ambiental asociado a la actividad ganadera.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo ha sido financiado con el proyecto NUTRITIVE (Grant Agreement N.º 10113540; European Commission HORIZON-CL6-2023_ZERO-POLLUTION-02). Los autores agradecen a la empresa Ecocelta Galicia S. L. la colaboración prestada y al Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia (LAFIGA) el apoyo en las determinaciones analíticas. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Báez M.D. & García M.I. (2023). Valor fertilizante de las fracciones derivadas de la depuración de purín de porcino con un sistema modular de vermigestión y su aplicación agronómica en maíz. Libro de Resúmenes de la 5ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes, p. 72. 5ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Huelva (España) y Loulé (Portugal), 17 al 20 de abril de 2023.

Báez M.D., & García M.I. (2025). Fertilización de raigrás con fracciones derivadas de la depuración de purín de porcino utilizando un sistema modular de vermigestión. Actas de la 63ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos, pp. 33-34. Lugo, 23-26 de septiembre de 2025.

Campillo-Cora, C., Rodríguez-Seijo, A., Pérez-Rodríguez, P., Fernández-Calviño, D., & Santás-Miguel, V. (2025). Effect of heavy metal pollution on soil microorganisms: Influence of soil physicochemical properties. A systematic review. European Journal of Soil Biology, 124, 103706. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2024.103706

Dias, S., Mucha, A.P., Duarte Crespo, R., Rodrigues, P., & Almeida, C.M.R. (2020). Livestock wastewater treatment in constructed wetlands for agriculture reuse. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17, 8592. https://doi.org/10.3390/ijerph17228592

Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., & Domínguez, J. (2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere, 72, 1013-1019. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.016

Nicholson, F.A., Smith, S.R., Alloway, B.J., Carlton-Smith, C., & Chambers, B.J. (2003). An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Science of The Total Environment, 311, 205-219. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00139-6

Ramírez-Pérez, A.M., Paradelo, M., Nóvoa-Muñoz, J.C., Arias-Estévez, M., Fernández-Sanjurjo, M.J., Álvarez-Rodríguez, E., & Núñez-Delgado, A. (2013). Heavy metal retention in copper mine soil treated with mussel shells: Batch and column experiments. Journal of Hazardous Materials, 248-249, 122-130. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.12.045

Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/12/27/1051/con

Rodríguez Martín J.A., López Arias M., & Grau Corbí J.M. (2009). Metales Pesados, materia orgánica y otros parámetros de los suelos agrícolas y pastos de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y marino. 225 pg. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). ISBN: 978-84-491-0980-5

Vymazal, J. (2010). Constructed wetlands for wastewater treatment. Water, 2, 530-549. https://doi.org/10.3390/w2030530







DIECI





Cubriendo las necesidades de manipulación de cargas en GALICIA

www.cardelle.com

49 años

En A Coruña
981 780 001
Ctra. Nacional VI, km 577
15319 Cortiñán - **Bergondo**

En Pontevedra
986 348 652
Polígono Ind. A Vejigadaña
Rúa das Baloutas de Abaixo, 9
36415 **Mos**

CARDELLE