

Cunchas de mexillón, miñocas e humidais: unha solución galega para reducir os metais pesados nos xurros

Neste artigo abordamos a xestión sostible dos xurros porcinos en Galicia para reducir a contaminación por metais pesados e poñemos o foco nun tratamento biolóxico estruturado en tres etapas —a base de cunchas de mexillón, miñocas e humidais artificiais— capaz de eliminar preto do 90 % do zinc e do cobre.

María Dolores Báez Bernal, Carlos López López
Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo-Axencia Galega da Calidade Alimentaria (CIAM-Agacal)

A produción porcina constitúe un sector de crecente importancia na gandería galega e española, e a xestión dos xurros representa un dos grandes retos ambientais asociados á gandería intensiva. En Galicia, o censo de gando porcino experimentou un crecemento sostido durante as últimas décadas (figura 1). Este crecemento foi acompañado dun incremento considerable na xeración de dexeccións que requiren unha xestión e valorización axeitadas para garantir a sostibilidade das explotacións.

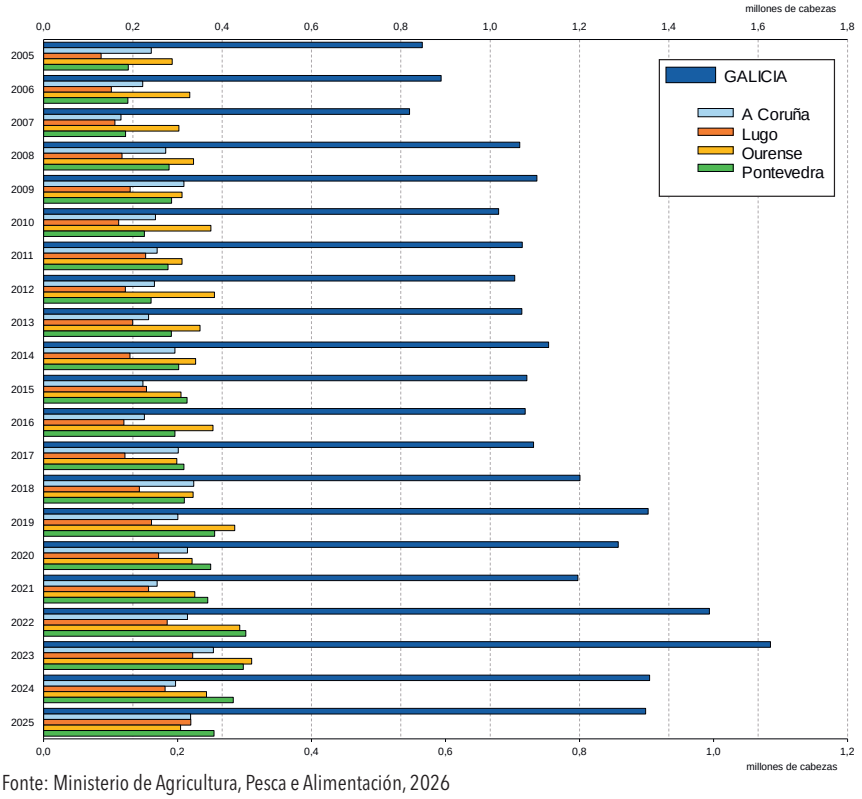
Os xurros de porcino constitúen unha fonte importante de nutrientes para os cultivos, mais, se están mal xestionados, poden provocar problemas de contaminación dos solos, das augas e da atmosfera. Entre os contaminantes que xeran preocupación atópanse os metais pesados, xa que se trata de elementos acumulativos e non biodegradables, que poden producir problemas ambientais derivados da súa toxicidade fronte a microorganismos, plantas, animais e seres humanos. Algúns metais pesados son esenciais en cantidades traza para as plantas superiores (Cu, Fe, Mn e Zn) e para os animais e os seres humanos (Fe, Mn, Ni, Zn, Cu, V, Co e Cr). Beneficiosos en pequenas concentracións, poden ser tóxicos cando están presentes en cantidades considerables e en forma dispoñible (Rodríguez Martín *et al.*, 2009), e poden contribuír, baixo determinadas condicións de exposición, á transferencia de contaminantes a través da cadea alimentaria.

Nos solos agrícolas, a entrada de metais pesados pode producirse a

OS XURROS DE PORCINO CONSTITÚEN UNHA FONTE IMPORTANTE DE NUTRIENTES PARA OS CULTIVOS, PERO, SE ESTÁN MAL XESTIONADOS, PODEN PROVOCAR PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN DOS SOLOS, DAS AUGAS E DA ATMOSFERA

través da atmosfera, pero maioritariamente a través de lodos de depuradora, fertilizantes, praguicidas, esterco e xurros. Os fertilizantes derivados da produción animal, especialmente porcina (Nicholson *et al.*, 2003), poden representar unha contribución importante aos contidos destes metais no solo debido a que unha parte importante dos minerais subministrados na dieta non é absorbida polo organismo e acaba sendo excretada.

Figura 1. Evolución do número total de animais de gando porcino en Galicia



Fonte: Ministerio de Agricultura, Pesca e 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

Diversos estudos demostraron que a aplicación repetida de xurros con altas concentracións de Zn e Cu pode provocar alteracións na actividade microbiana do solo, reducir a biodiversidade edáfica e aumentar o risco de contaminación das augas superficiais e subterráneas (Campillo-Cora *et al.*, 2025).

Hoxe en día, a normativa vixente en materia de nutrición sostible dos solos agrarios (Real decreto 1051/2022) reforza a necesidade dun control máis estrito das achegas de nutrientes e contaminantes procedentes de fontes orgánicas. O contido total de metais pesados nos horizontes superficiais do solo pode servir como indicador da súa toxicidade potencial. Así, o Real decreto 1051/2022 establece límites á concentración de metais pesados nos solos (táboa 1) e nos materiais aplicados ao solo (táboa 2), e fixa achegas máximas anuais para elementos como o Zn e o Cu co obxectivo de evitar a acumulación progresiva destes elementos no solo; de aí a necesidade de reducir estes contaminantes nas achegas dos fertilizantes orgánicos. En Galicia, esta problemática cobra especial relevancia debido á presenza nos solos de concentracións relativamente elevadas de ambos os elementos (figura 2).

Neste contexto, a procura de tecnoloxías capaces de reducir a carga de metais pesados presente nos xurros sen comprometer o seu valor fertilizante converteuse nunha prioridade para o sector, ao permitir compatibilizar a valorización dos xurros coa protección ambiental e favorecer unha xestión máis eficiente dos nutrientes, en liña cos principios da economía circular.

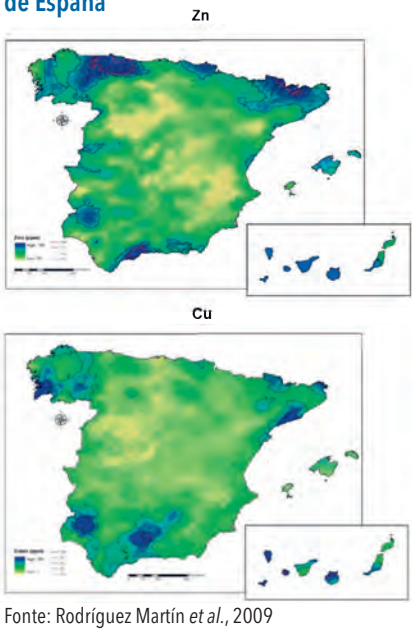
Táboa1. Contido máximo de metais pesados nos solos agrarios nos primeiros 25 cm de profundidade (RD 1051/2022)

Metais pesados	Valores límite no solo (mg/kg materia seca)	
	pH solo <7	pH solo ≥7
Cd	1	1.5
Cu	50	100
Ni	30	70
Pb	50	100
Zn	150	200
Hg	0.5	1
Cr	60	100

Táboa 2. Valores límite de metais pesados nos materiais aplicados ao solo (RD 1051/2022)

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

Figura 2. Contidos de Zn e Cu nos solos de España



Fonte: Rodríguez Martín *et al.*, 2009

ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA Á XESTIÓN DE XURROS

No proxecto 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), abórdase o desenvolvemento e a validación de solucións innovadoras para optimizar a xestión do esterco mantendo un enfoque integrado de sostibilidade ambiental, viabilidade económica e aceptación social. Estúdase e modelízase a implementación de novas tecnoloxías de tratamento e valorización de subprodutos que permitan reducir os contaminantes e os riscos asociados ao manexo das dexeccións gandeiras, favorecendo a recuperación de nutrientes e facilitando a toma de decisións mediante ferramentas de apoio baseadas en criterios técnicos, ambientais e económicos.

No marco deste proxecto levouse a cabo unha experiencia piloto nas instalacións de Ecocelta Galicia, S.L. (Ponteareas, Pontevedra), co obxectivo de avaliar a eficacia do sistema de tratamento biolóxico Agropurin® na redución de metais pesados presentes nos xurros de porcino.

A instalación combina diferentes procesos biolóxicos que actúan de forma secuencial como filtros sobre a fracción líquida do xurro obtida tras un separador sólido-líquido, ou sobre o xurro directamente se este presenta un baixo contido en sólidos (figura 3, páx. seguinte):

- filtro elaborado a partir de cunchas de moluscos compostadas,
- tratamento Vermifitas®: vermifiltro con miñocas de terra e un humidal artificial plantado con macrófitas acuáticas.

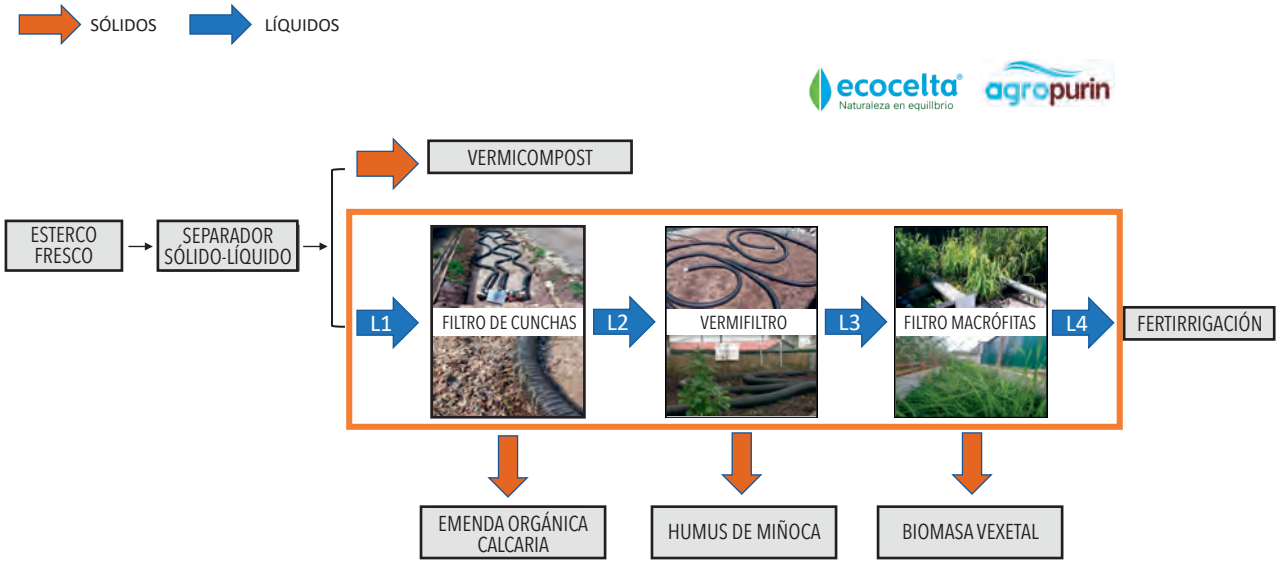
Este sistema de tratamento é coherente cos principios da economía circular, posto que aproveita residuos procedentes doutras actividades produtivas para xerar novos recursos de utilidade agronómica.

A circulación do xurro a través das tres etapas realízase principalmente por gravidade, o que reduce as necesidades enerxéticas e simplifica o funcionamento do sistema.

O PAPEL CLAVE DAS CUNCHAS DE MEXILLÓN

Galicia é un dos principais produtores europeos de mexillón e xera cada ano miles de toneladas de residuos de cunchas procedentes da industria transformadora.

Figura 3. Esquema integrado de tratamento de xurro de porco que combina a separación sólido-líquido e un sistema de vermicompostaxe e biofiltración para a fracción líquida do separador



L1: produto de entrada no sistema de filtros. L2: líquido procedente do filtro de cunchas que é conducido cara ao vermifiltro. L3: líquido procedente do vermifiltro conducido á balsa de macrófitas. L4: líquido obtido ao finalizar o proceso de filtración

ESTE SISTEMA DE TRATAMENTO É COHERENTE COS PRINCIPIOS DA ECONOMÍA CIRCULAR; APROVEITA RESIDUOS PROCEDENTES DOUTRAS ACTIVIDADES PRODUTIVAS PARA XERAR NOVOS RECURSOS DE UTILIDADE AGRONÓMICA



Tradicionalmente, a xestión destes materiais supuxo un problema ambiental e económico, pero o seu elevado contido en carbonato cálcico convérteos nun recurso con gran potencial para aplicacións agrícolas e ambientais.

A primeira etapa do tratamento Agropurin® consiste na circulación do xurro a través dun filtro de material compostado a base de cunchas de moluscos e materia orgánica estabilizada. Este material presenta unha estrutura moi porosa que favorece a infiltración do líquido e proporciona unha ampla superficie de contacto. Estudos previos demostraron a capacidade das cunchas trituradas para reter fósforo e adsorber metais grazas a mecanismos de intercambio iónico e complexación superficia (Ramírez-Pérez *et al.*, 2013).

O PAPEL DAS MIÑOCAS NA DEPURACIÓN

Unha vez atravesado o filtro de cunchas, o efluente atravesa o vermifiltro, que alberga poboacións de miñocas do xénero *Eisenia*. Estes exemplares reprodúcense nas propias instalacións de Ecocelta (Galicia) e están adaptados a diferentes tipos de alimentos orgánicos.

A vermifiltración é unha tecnoloxía baseada na acción conxunta das miñocas e dos microorganismos.

As miñocas consomen parte da materia orgánica presente no efluente e favorecen a aireación do substrato, mentres que as comunidades microbianas degradan compostos orgánicos complexos.

Esta actividade conxunta no substrato favorece a degradación da materia orgánica, a redución de patóxenos e a estabilización dos nutrientes, e xera pequenas cantidades de humus de calidade que pode utilizarse como emenda orgánica.

Diversas investigacións demostraron que este tipo de sistemas permiten reducir significativamente a carga orgánica, os sólidos en suspensión e determinados contaminantes presentes nos efluentes gandeiros (Lazcano *et al.*, 2008).

HUMIDAIS ARTIFICIAIS: A ÚLTIMA ETAPA DO PROCESO

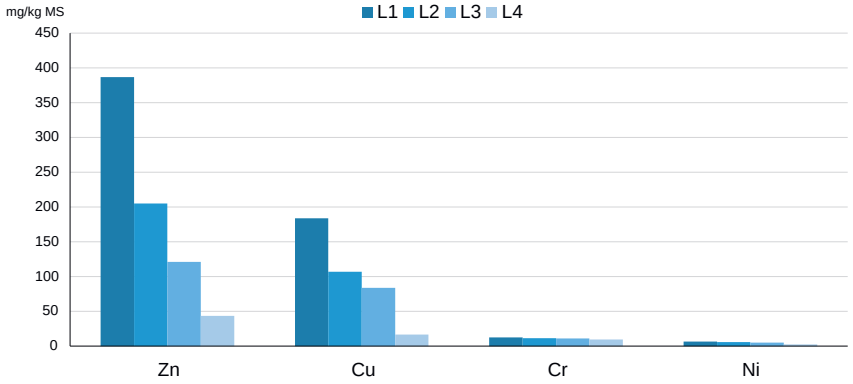
O tratamento complétase cun humidal artificial plantado con macrófitas acuáticas como carrizos (*Phragmites*) e espadanas (*Typha*), dous xéneros

A ACTIVIDADE CONXUNTA DAS MIÑOCAS E DOS MICROORGANISMOS NO SUBSTRATO FAVORECE A DEGRADACIÓN DA MATERIA ORGÁNICA, A REDUCIÓN DE PATÓXENOS E A ESTABILIZACIÓN DOS NUTRIENTES, E XERA HUMUS DE CALIDADE QUE PODE UTILIZARSE COMO EMENDA ORGÁNICA



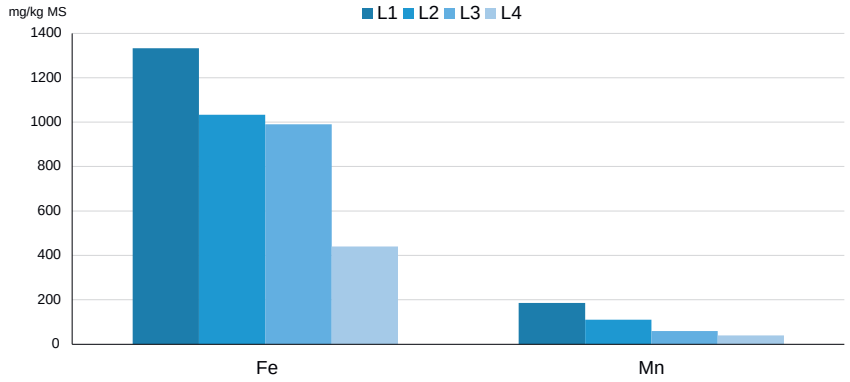


Figura 4. Evolución das concentracións de metais (mg/kg de materia seca) durante o proceso de biofiltración



L1: xurro de entrada; L2, L3 e L4: fraccións líquidas obtidas nas sucesivas etapas do tratamento

Figura 5. Evolución das concentracións de micronutrientes: Fe e Mn (mg/kg MS) durante o proceso de biofiltración



L1: xurro de entrada; L2, L3 e L4: fraccións líquidas obtidas nas sucesivas etapas do tratamento

amplamente utilizados en sistemas de depuración natural. Neste caso, as especies utilizadas seleccionáronse especialmente para crecer e depurar efluentes con alta carga orgánica (Proyecto VIVEDEPUR, FEADER 2017/081B).

As raíces destas plantas crean un medio moi activo desde o punto de vista biolóxico, favorecendo o desenvolvemento de microorganismos capaces de transformar nutrientes e degradar compostos residuais. Os humidais artificiais constitúen unha das tecnoloxías máis eficientes e sostibles para o tratamento final de efluentes agrícolas e gandeiros debido ao seu baixo consumo enerxético e ao reducido custo de mantemento (Vymazal, 2010). Ademais, diversos estudos demostraron a súa elevada eficacia para eliminar metais pesados, mantendo ao mesmo tempo concentracións moderadas de nutrientes que permiten a reutilización da auga tratada como fertilizante (Dias *et al.*, 2020).

REDUCIÓN SIGNIFICATIVA DAS CONCENTRACIÓNS DE ZINC E COBRE

En estudos previos (Proxecto AGROPURIN, FEADER 2021/064A), o sistema de tratamento fora probado con xurros procedentes de porcas reprodutoras, obtendo resultados prometedores en canto á redución de contaminantes e á mellora da calidade do efluente final (Báez *et al.*, 2023, 2025).

No marco do novo proxecto NUTRITIVE estúdase a capacidade do sistema para reducir metais pesados e micronutrientes (Zn, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb, Fe, Mn) e avalíase a influencia nos macronutrientes (N, P, K), a materia seca (MS), a materia orgánica (MO) e parámetros fisicoquímicos como o pH e a condutividade.

O Zn e o Cu, elementos que habitualmente aparecen en concentracións elevadas nos xurros de porcino debido ao uso de suplementos minerais na alimentación, foron os metais que mostraron unha maior redución (figura 4). As concentracións de Zn diminuíron de 387 a 43 mg/kg MS, mentres que as de Cu pasaron de 184 a 17 mg/kg MS, acadándose reducións globais próximas ao 90 % en ambos os casos. Así mesmo, observouse unha diminución nas concentracións de Cr e Ni, con reducións do 24 % e do 65 %, respectivamente.

O sistema tamén reduciu significativamente a concentración doutros micronutrientes presentes no xurro, como o Fe e o Mn (figura 5). As concentracións de Fe diminuíron nunha porcentaxe do 67 %, mentres que as de Mn se reduciron nun 79 %. Outros metais potencialmente tóxicos, como o Cd e o Pb, permaneceron por debaixo dos límites de detección durante todo o proceso.

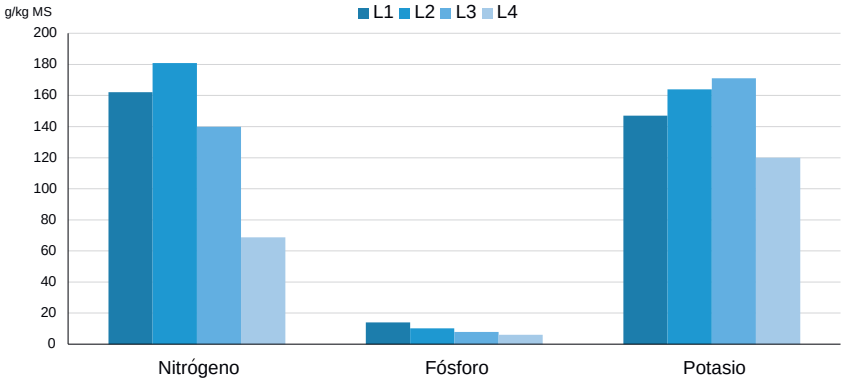
TRES ETAPAS, TRES MECANISMOS DE DEPURACIÓN

A redución dos metais pesados non se produce por un único mecanismo, senón pola acción complementaria das tres etapas do sistema.

As análises mostraron que o primeiro filtro foi responsable da maior parte da eliminación inicial de Zn, Cu e Fe. Grazas ao seu elevado contido en Ca, este filtro biolóxico favorece a retención de P e a inmobilización de metais pesados mediante procesos de adsorción e precipitación.

A segunda etapa, o vermifiltro con miñocas, continúa a depuración mediante a intensa actividade biolóxica desenvolvida no substrato. A degradación da materia orgánica e a acción dos microorganismos asociados ás miñocas contribúen a inmobilizar os metais en formas máis estables e menos dispoñibles. Por último, o humidal artificial actúa como unha etapa de pulido final na que as plantas acuáticas absorben parte dos metais e nutrientes residuais, mentres que os microorganismos presentes na rizosfera completan os procesos de transformación e estabilización. En conxunto, grazas á combinación de mecanismos físicos, químicos e biolóxicos, o sistema logrou reducións próximas ao 90 % para o Zn e o Cu e descensos importantes no Cr, Fe e Mn.

Figura 6. Evolución das concentracións de macronutrientes: N, P e K (g/kg MS) durante o proceso de biofiltración



L1: xurro de entrada; L2, L3 e L4: fraccións líquidas obtidas nas sucesivas etapas do tratamento

MENOS CARGA CONTAMINANTE E EFLUENTES REUTILIZABLES

Ademais de reducir a carga de metais pesados, o sistema de biofiltración xera efluentes que poden aproveitarse agronomicamente. O líquido obtido tras o filtro de cunchas (L2) pode



achegar nutrientes (N, P e K; figura 6) cunha redución significativa das concentracións de Zn e Cu respecto ao xurro inicial (L1), o que permite a súa utilización directa como fertilizante orgánico en sistemas de fertirrigación.

O efluente final (L4) experimenta unha maior redución de nutrientes e metais pesados. Os resultados mostran diminucións superiores ao 50 % nas concentracións de N e P, mentres que a concentración de K permanece máis parecida á do xurro inicial (L1).

O pH mantívose practicamente constante durante todo o proceso, nun intervalo de valores compatible coa utilización agrícola. A condutividade eléctrica diminuíu de forma notable, o que indica unha redución do contido de sales disolvidas, e os contidos de MS e MO descenderon progresivamente ao longo das tres etapas do sistema. Polo tanto, o efluente L4 presenta menores concentracións de metais, materia orgánica e nutrientes, o que minimiza o risco de contaminación dos solos e das augas asociado á súa aplicación.

Estas características permiten a súa reutilización como auga de rega na propia explotación, favorecendo unha xestión eficiente dos recursos hídricos, ou a súa descarga como efluente tratado, sempre que cumpra os criterios de calidade establecidos pola normativa vixente e dispoña da correspondente autorización administrativa.

UNHA TECNOLOXÍA ALIÑADA COS RETOS DA GANDERÍA DO FUTURO

Os resultados obtidos mostran que a combinación de subprodutos locais e procesos baseados na natureza constitúe unha alternativa prometedora para a xestión sostible dos xurros de porcino.

Esta tecnoloxía xera produtos reutilizables a partir das materias orixinais, tales como fertilizantes líquidos, emendas orgánicas, humus de miñoca e biomasa vexetal. Deste xeito, o excedente de xurro de porcino deixaría de ser unha carga para a explotación e transformaríase nunha fonte de recursos valorizables, ampliando as oportunidades para o seu aproveitamento e contribuíndo a unha produción gandeira máis sostible.

A utilización de cunchas procedentes da industria mexilloeira galega incorpora un claro compoñente de economía circular que pecha ciclos de nutrientes entre sectores produtivos estratéxicos, reduce a xeración de residuos e favorece o aproveitamento dos recursos locais.

> A UTILIZACIÓN DE CUNCHAS PROCEDENTES DA INDUSTRIA MEXILLOEIRA GALEGA INCORPORA UN CLARO COMPOÑENTE DE ECONOMÍA CIRCULAR QUE PECHA CICLOS DE NUTRIENTES ENTRE SECTORES PRODUTIVOS ESTRATÉXICOS, REDUCE A XERACIÓN DE RESIDUOS E FAVORECE O APROVEITAMENTO DOS RECURSOS LOCAIS

Nas próximas fases do proxecto NUTRITIVE avaliarase o comportamento do sistema de biofiltrado con xurros procedentes de diferentes sistemas de produción e avanzarase na caracterización das fraccións sólidas xeradas durante o tratamento. Estes traballos contribuirán a optimizar a eficiencia do sistema e a avaliar a súa viabilidade técnico-económica, así como o seu potencial de implantación nas propias explotacións gandeiras como ferramenta para a xestión sostible do xurro de porcino.

Deste xeito, impúlsase a transición cara a modelos de produción máis circulares, eficientes e respectuosos co medio ambiente, ao tempo que se reduce o impacto ambiental asociado á actividade gandeira.

AGRADECEMENTOS

O traballo foi financiado co proxecto NUTRITIVE (Grant Agreement N.º 10113540; European Commission HORIZON-CL6-2023_ZEROPOLLUTION-02). Os autores agradecen á empresa Ecocelta Galicia S. L. a colaboración prestada e ao Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia (LAFIGA) o apoio nas determinacións 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