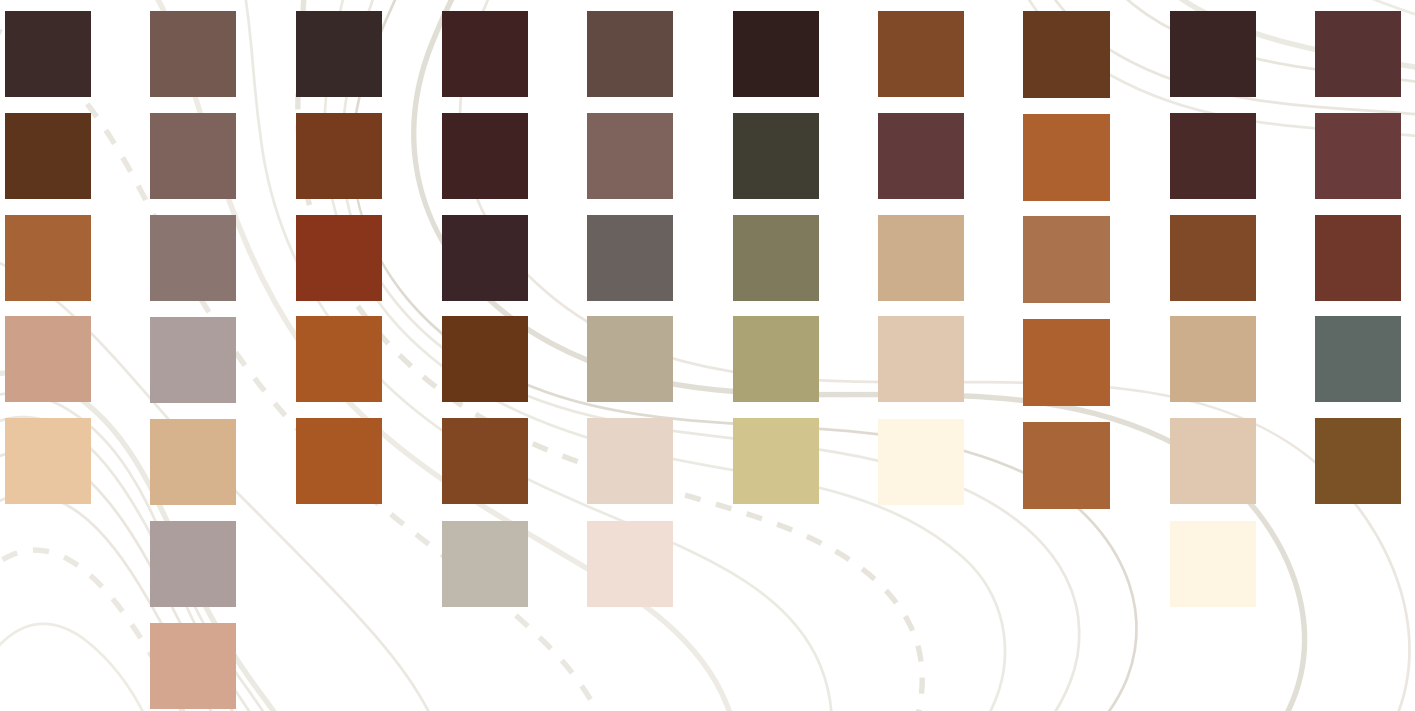


LIBRO DE RESÚMENES DE LA XXXIV REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS 2026

RENS 2026 · Alcoi, Alicante · 1-4 septiembre 2026



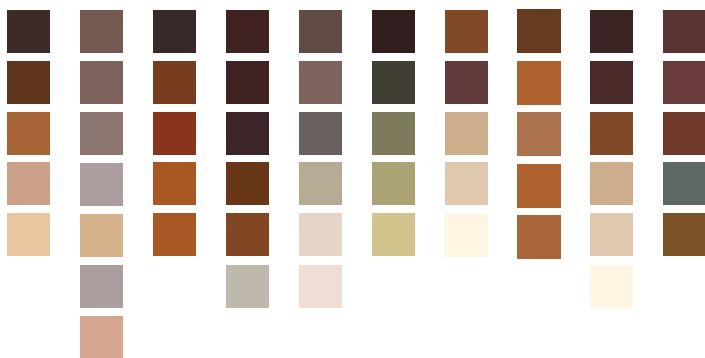
RENS

XXXIV Reunión Nacional
de Suelos 2026

Editores: **Minerva García-Carmona y Jorge Mataix-Solera**

LIBRO DE RESÚMENES DE LA XXXIV REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS 2026

RENS 2026 · Alcoi, Alicante · 1-4 septiembre 2026



CRÉDITOS:

Editores: Minerva García-Carmona¹, Jorge Mataix-Solera¹

(1) Área de Edafología y Química Agrícola. Dept. de Agroquímica y Medio Ambiente.
Universidad Miguel Hernández

ISBN: 979-13-87966-13-3

Publica: Universidad Miguel Hernández

Este libro junto con la Guía de Campo forma parte de la documentación entregada a los asistentes de la RENS 2026. Los resúmenes aquí publicados son de los trabajos presentados en la primera jornada celebrada en la Fundició Rodes. Alcoi. Los resúmenes han sido revisados por miembros del comité científico y/o del comité organizador.

Comité organizador UMH: Minerva García-Carmona, Jorge Mataix-Solera, Fuensanta García-Orenes, Victoria Arcenegui, José Navarro Pedreño, Luis D. Olivares, Javier Nadal Fuentes, Manuel M. Jordán Vidal, Ignacio Gómez Lucas, Chon Orts Sánchez, Aitana González Milán, Marcos Domenech Herrera, Víctor Bori Martínez, Melanie Agulló Medina, Duna Peiro Sánchez, Rania Aouachri.

Comité científico: Irene Ortiz Bernad (UGR), Ana Moliner Aramendía (UPM), Raúl Zornoza Belmonte (UPCT), Sara Ibáñez Asensio (UPV), Daniel Arenas Lago (UVIGO), Antonio Girona García (IMIB · CSIC), Antonio Jordán López (US), Gael Bárcenas Moreno (US), David Badía Villas (UNIZAR), Carmen Castañeda del Álamo (EEAD-CSIC), Agnès Lladós Soldevila (ICGT), Xose Lois Otero (USC), Juan Antelo Martínez (USC), Rosa M. Poch (UdL), Joaquín Cámara Gajate (UPM), Eduardo Vázquez García (UPM).

Diseño de portada y maquetación: La Repla: www.larepla.es

PRÓLOGO

Nos complace presentar el *Libro de Resúmenes de la XXXIV Reunión Nacional de Suelos* (RENS 2026), una obra que reúne contribuciones científicas y técnicas de investigadores, profesionales y estudiantes comprometidos con el avance del conocimiento en sus respectivas áreas de trabajo en el campo de la Edafología. Este volumen constituye una muestra representativa de la diversidad, la calidad y el dinamismo de la investigación en ciencia del suelo que se está desarrollando actualmente, así como del esfuerzo colectivo por afrontar los retos presentes y futuros de nuestra sociedad. En este sentido, el avance en un conocimiento más profundo del suelo en España es vital para combatir la desertificación, optimizar la producción agrícola sostenible, mantener la calidad de nuestros suelos y proteger ecosistemas únicos. La investigación en edafología resulta indispensable para adaptar el uso de los suelos al cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria. España es uno de los países europeos más afectados por la degradación del suelo, su estudio ayuda a mapear y recuperar zonas amenazadas por la erosión y pérdida de materia orgánica entre otros problemas.

Los encuentros científicos desempeñan un papel fundamental como espacios de intercambio de ideas, debate académico y establecimiento de nuevas colaboraciones. En este contexto, la RENS 2026 se consolida como un foro de referencia que favorece el diálogo interdisciplinar, la difusión de resultados innovadores y la creación de redes de trabajo entre instituciones, grupos de investigación y profesionales procedentes de distintos ámbitos dedicados al estudio del suelo como pieza clave de los ecosistemas terrestres. La variedad temática recogida en estas páginas refleja la riqueza de perspectivas que caracteriza a la comunidad científica y pone de manifiesto la importancia de abordar los desafíos contemporáneos desde enfoques integradores y complementarios.

Los resúmenes incluidos en este libro representan el esfuerzo de numerosos autores que han compartido generosamente los resultados de sus investigaciones, experiencias y reflexiones. Cada contribución aporta una pieza valiosa al conocimiento colectivo y evidencia el compromiso de sus autores con la excelencia académica, la innovación y la transferencia de conocimiento. Asimismo, estas aportaciones permiten conocer tendencias emergentes, metodologías novedosas y aplicaciones con potencial impacto científico, tecnológico y social en la ciencia del suelo.

La elaboración de este volumen ha sido posible gracias al trabajo coordinado del comité organizador, del comité científico y de todas las personas que han participado en el proceso de evaluación, revisión y edición de los trabajos. Su dedicación y rigor han contribuido a garantizar la calidad de los contenidos presentados y a ofrecer una publicación que servirá como referencia para los asistentes al encuentro y para la comunidad científica en general.

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a los autores por su participación y confianza, así como a las instituciones y entidades colaboradoras que han respaldado esta iniciativa. De manera especial, queremos reconocer la contribución de los patrocinadores de la RENS 2026, cuyo apoyo ha resultado fundamental para hacer posible la organización de este encuentro y para mantener un espacio de intercambio científico abierto, dinámico y de calidad. Su compromiso con la investigación, la innovación y la difusión del conocimiento constituye un valioso impulso para el desarrollo de actividades que fortalecen el progreso científico y tecnológico. Gracias a su colaboración, ha sido posible favorecer la participación de investigadores y profesionales, promover la transferencia de conocimiento y consolidar un foro de referencia para la comunidad científica.

Confiamos en que este libro de resúmenes contribuya a enriquecer el intercambio de ideas durante el encuentro, estimule nuevas líneas de investigación y fomente futuras colaboraciones en la ciencia del suelo en España. Deseamos que la lectura de estas contribuciones resulte tan inspiradora como lo ha sido para quienes han participado en su preparación y que la RENS 2026 constituya una experiencia fructífera para todos sus participantes.

Comité Organizador de la XXXIV Reunión Nacional de Suelos 2026

PROGRAMA

MARTES 1 SEPTIEMBRE • SEDE "FUNDICIÓN RODES"

9:00: Recepción, registro e instalación de pósteres

10:00: Inauguración

10:30: Conferencia Inaugural «¿Qué hay de nuevo en las últimas ediciones de Soil Taxonomy (13ªed.) y World Reference Base for Soil Resources (4ªed.)? Dr. Joaquín Cámara Gajate & Dr. Eduardo Vázquez García · Sección de Clasificación de Suelos de la SECS

11:30: Pausa café

12:00: Sesión de pósters y talleres

14:00: Comida en Alcoi

16:00: Conferencia Premio Tesis Doctoral SECS 2025: «Tecnosoles derivados de residuos para el tratamiento de suelos y aguas afectados por elementos potencialmente contaminantes». Dr. Antonio Aguilar Garrido

17:00: Asamblea General de la SECS

MIÉRCOLES 2 SEPTIEMBRE • CAMPO

Mañana: Suelos Forestales de la Font Roja

Tarde: Suelos del Puerto de Albaida (Terraza de cultivo y Suelo Forestal)

JUEVES 3 SEPTIEMBRE • CAMPO

Mañana: Suelos de la Sierra de Mariola (Terraza de cultivo y Suelo Forestal)

Tarde: Visita científico-cultural al Yacimiento Arqueológico «El Salt»

VIERNES 4 SEPTIEMBRE • CAMPO

Mañana: Suelos de la Ribera del Serpis

ÍNDICE

C. Pérez-de-los-Reyes, S. Bravo, M. Sánchez-Ormeño, A. Gómez-Magán, F.J. García Navarro, M. Jiménez-Elipe, J. Rodríguez-Jiménez, R. Jiménez-Ballesta Mejora de la retención de humedad en suelos agrícolas mediante adición de puzolanas	10
S. Bravo, A. Gómez-Magán, C. Pérez-de-los-Reyes, M. Sánchez-Ormeño, F.J. García Navarro, R. Jiménez-Ballesta Suelos con horizonte petrocálcico del Campo de Calatrava: delineando genosoles vs fenosoles	11
A. Artetxe, P. Gallejones, G. Besga, O. Artieda, A. Aizpuruax Itinerario edáfico de montaña en el País Vasco como herramienta de sensibilización	12
X. Pontevedra-Pombal, M. Souto, R. Carballeira, S. Ricoy, J. Úbeda, J. de Marcos, P. Masias, J. López-Bedoya, M. Valcarcel Agua, carbono y vida en los Andes: los bofedales del Nevado Coropuna como laboratorio vivo	13
V. Sánchez-Navarro, E. Heredia, A. Rodríguez-Seijo, V. Lafuente, J. Álvaro-Fuentes, D. Kundel, D. Fernández-Calviño, A. Zusevica, C. van Capelle, E. Lloret y Raúl Zornoza Salud del suelo y servicios ecosistémicos en diferentes usos de suelo y regiones biogeográficas europeas ...	14
M.I. Gracia, A. Enrique, I. Salvador, J. Eslava, J.J. Jaen, C. Wagner, E. Nadal-Romero, A. Lladós, M. Vicens, A. Artetxe, A. Aizpuruax, P. Oliva, A. Boespflug, S. Chauvin, V. Turu, E. García, J. Terradez, P. Nakhle, I. Virto Itinerarios edáficos para conocer los suelos de los Pirineos	15
J. Aguilera-Huertas, B. Lozano-García, M. González-Rosado Impacto de la aplicación de enmiendas orgánicas en la calidad del suelo bajo manejo agroecológico	16
T. Rodríguez-Espinosa, P. Antoniou, M.B. Almendro-Candel, A. Pérez-Gimeno. M.M. Jordán Vidal, I. Gómez Lucas, J. Navarro-Pedreño Efecto del mulching sobre el contenido en materia orgánica y retención hídrica de suelos urbanos	17
N. Delgado-Pallares, M.S. Andrades, M.S. Rodríguez-Cruz, J.M. Marín-Benito Efecto de las prácticas de conservación y profundidad en la adsorción-desorción de herbicidas en suelos ...	18
N. Delgado-Pallares, M.S. Andrades, J.M. Marín-Benito, M.S. Rodríguez-Cruz Degradación de herbicidas en suelos agrícolas bajo prácticas de manejo sostenibles	19
J. Cuevas, J.A. Acosta, S. Martínez, G. García, A. Faz Factores fisicoquímicos que controlan la fitoestabilización asistida mediante enmiendas en residuos de fundición del SE de España	20
M. Higuera-Valdivia, A. Aguirre-Arcos, M. Merkohasanaj, M. Paniagua-López, I. García-Romera, A. Romero-Freire Efectos del dispropio en suelos: influencia de la concentración y el tiempo de exposición	21
C. Martínez-Castillo, I. Moreira-Suárez, P. Pérez-Rodríguez, D. Arenas-Lago Efecto de nanofertilizantes NPK sobre el crecimiento y rendimiento del trigo en suelos agrícolas	22
I. Moreira-Suarez, C. Martínez-Castillo, P. Pérez-Rodríguez, D. Arenas-Lago Respuesta de <i>Lactuca Sativa</i> L. a nanopartículas de cobre en suelos agrícolas	23
A. Parente Sendín, L. Acemel Míguez, A. Castro Prado, F. Alonso Vega, J.C. Nóvoa Muñoz Caracterización de horizontes orgánicos (OL y OF+OH) de suelos de bosques de roble (<i>Quercus robur</i>) de la zona atlántica de Galicia	24
J. M. De la Rosa, G. Bárcenas-Moreno, P. Campos, C. Rodríguez-López, J. Márquez-Moreno, S. Pérez-Dalí, Á. Sánchez-Martín, R. León, P. Souza, A. Moreno, A. Merino, J.A. González-Pérez Enmiendas orgánicas de residuos para mejorar la calidad de suelos calcáreos mediterráneos	25
E. Cortell, S. Mangas, N. Roca Metales pesados en los suelos urbanos del sector Llobregat de la ciudad de Barcelona	26
D. Gonzalo-Vaquerizo, M. Vieitez-García, N. Roca La restauración de los suelos en la gran muralla verde del Sahel (Mauritania)	27
L. Merchán, R. Forján, A.M. Martínez-Graña Representación espacial de la erosión del suelo y la vegetación afectada por un incendio forestal en la Sierra de Francia (España) mediante RUSLE y NDVI	28

ÍNDICE

C. Ruíz Sánchez, M.J. Navas, M. A. Jiménez-González, J.E. Herranz-Luque, M.J. Fernández-Alonso, J. P. Martín-Sanz, J. González-Canales, B.E. Sastre, M.J. Marqués Respiración microbiana y retención de humedad en cultivos leñosos mediterráneos semiáridos con cubierta vegetal	29
F. Peregrina Alonso, L. Cordera Fernández, D. Enciso Santacruz, A.B. Muñiz González, I. Mariscal Sancho Secuestro de carbono por conversión de suelo agrícola a parque fotovoltaico	30
M.A. Redañez, E. Gutiérrez, N. Roca Análisis de gradientes ambientales en el crecimiento de <i>Pinus pinea</i> en el Delta del Llobregat	31
J. Solis-Llerena, T. Sauras-Yera, N. Roca Efecto del biochar sobre la biodisponibilidad y lixiviación de metales pesados en suelos urbanos contaminados	32
D.O. Alves, H.P.L. Cordovil, L.D. Silva, L.C. Silva, D.C. Machado, F.S. Vasconcelos, A.R. Oliveira, A.A. Ribon Educación en suelos: sensibilización y difusión en educación en suelos con los alumnos del Instituto Federal de São Paulo - Campus Matão, Brasil (2005-2006)	33
L.D. Silva, F.S. Vasconcelos, D.C. Machado, L.C. Silva, D.O. Alves, W.J. Melo, T.A.R. Nogueira Efecto de lodos de depuradora vs. fertilizantes en carbono orgánico y densidad aparente del suelo	34
O.A. Sene, D.C. Machado, D.O. Alves, W.J. Melo Efecto de los lodos de depuradora en la acumulación de materia orgánica en el suelo	35
A. Lidón, C. Lull, P. Varó, P.A. Martínez, F. Sánchez, M. Valero, J.L. Iguacel, V. Salabert, A.M Cabanes, I. Arnau Métodos rápidos de determinación de nitrato en el suelo	36
E. Gómez-Gombao, C. Fernández, C. Santín, R. Bolaños, M. Martins, A. Girona-García Efecto a corto plazo del mulching en la redistribución post-incendio de carbono	37
M.A. Jiménez-González, A.M. Torres-Ramírez, M.J. Fernández-Alonso, P. Carral, C. García-Delgado, J.E. Herranz-Luque, C. Hontoria, I. Mariscal, S. Sánchez-Élez, M.J. Marqués Efectos del cambio climático sobre las tasas de emisión de CO₂ del suelo en viñedos bajo diferentes manejos	38
D. Badía-Villas, L. Laorden-Camacho, J. Guerrero-Iturbe, J.M. Samsó-Escolà Una catena de suelos "open access" en el Somontano de Huesca	39
A. Aguilar-Garrido, J. Álvarez-Rogel, J.J. Martínez-Sánchez, H.M. Conesa, M.N. González-Alcaraz Erosión eólica como vía de dispersión de metales en un área minera semiárida mediterránea	40
X. Pontevedra-Pombal, S. Torre, E. García-Rodeja Caracterización edáfica de depresiones intradunares húmedas en la Costa da Morte: bases para su conservación	41
I.I. Skarmeta-Jiménez, J. Álvarez-Rogel, J.J. Martínez-Sánchez, M. Ceacero-Moreno, A. Aguilar-Garrido, R. Juan-Ovejero, S. Peixoto, M.N. González-Alcaraz Proyecto SIMULATE: respuesta al calentamiento de depósitos mineros metalíferos en ambientes semiáridos	42
M. Ceacero-Moreno, J. Álvarez-Rogel, J.J. Martínez-Sánchez, M.N. González-Alcaraz Respuesta al cambio climático de suelos en depósitos mineros restaurados y colonizados por vegetación nativa	43
C. J. Fariña-Martínez, M. Broin, D. Fernández-Calviño, M. Conde-Cid Valorización de los residuos orgánicos locales para lograr una viticultura resiliente: proyecto Interreg SUDOE VITI-VALMO	44
C. J. Fariña-Martínez, M. Arias-Estévez, D. Fernández-Calviño, M. Conde-Cid Adsorción del fungicida boscalid en suelos de viñedo	45

ÍNDICE

V. Lalín Pousa, P. Pérez-Rodríguez, A. Gómez-Armesto, V. Sánchez-Navarro, R. Zornoza, D. Fernández-Calviño, A. Rodríguez-Seijo	
Microplásticos bajo diferentes usos del suelo: resultados preliminares en suelos de Galicia.....	46
M. Conde-Cid, C. Pérez-Novo, P. Paíga, C. Delerue-Matos	
Nanopartículas de óxidos de hierro de síntesis verde para la retención de glifosato en suelos.....	47
M. Pérez-Pascual, A. Serna, E. Carbó, E. Gimeno, S. Asins, I. Buesa, D. Sacristán	
Clasificación de suelos agrícolas para mejorar su gestión y el rendimiento de cultivos	48
A. Aguirre-Arcos, R. Sbabo, L. Millán-Barba, F. Pinta, I. Ortiz-Bernad, E. Fernández-Ondoño	
Efecto combinado de digestato y biochar sobre la actividad enzimática de suelos mediterráneos.....	49
R. Sbabo, A. Aguirre-Arcos, L. Millán-Barba, F. Pinta, I. Ortiz-Bernad, E. Fernández-Ondoño	
Efectos del biochar sobre las propiedades fisicoquímicas y biológicas de suelos mediterráneos en cultivos sucesivos.....	50
A. Ramón-Llin, P. Hernández-Muñoz, B. López-Abad, C. Lull, A.L. Lidón, S. Ibáñez-Asensio, H. Moreno-Ramón	
Efecto del tamaño del digestato en la materia orgánica particulada en suelos con distinta textura.....	51
M. Vicens, A. Vidal, A. Baltiérrez	
Cartografías de suelos del ICGC.....	52
P.Hernández-Muñoz, A. Ramón-Llin, B. López-Abad, S. Ibáñez-Asensio, A. Luis Lidón, C. Lull, H. Moreno-Ramón	
Estabilización del nitrógeno en digestato mediante la adición de ácidos inorgánicos	53
A. Lladós, M. Nicart, M. Vicens	
Hacia una cartografía continua de los suelos del Pirineo (1:400.000): retos metodológicos y armonización transfronteriza en el proyecto SOLPYR.....	54
D.C. Machado, A. Míguez-González, L.D. Silva, F.S. Vasconcelos, L.C. Silva, W.B. De Lucena, A. Barreiro, R. Cela-Dablanca, M.J. Fernández-Sanjurjo, E. Álvarez-Rodríguez, A. Núñez-Delgado, W.J. Melo, W.M. Arantes, T.A.R. Nogueira	
Dinámica de adsorción/desorción de plomo en suelo brasileño bajo aplicaciones de lodo de depuradora	55
A. Míguez-González, R. Cela-Dablanca, D.C. Machado, M. Díaz-Raviña, J.J. Villaverde, B. Sevilla-Morán, A. Núñez-Delgado, M. J. Fernández-Sanjurjo, E. Álvarez-Rodríguez, A. Barreiro	
Capacidad de los suelos de Galicia para retener el antibiótico ionóforo salinomicina.....	56
E. Rodrigo García, J.M. Martínez-Vidaurre, P. Balda Manzanos, C. Tarragona Pérez, A. Pou Mir	
Influencia del tipo y manejo del suelo sobre las emisiones de GEI y productividad en viticultura	57
R. Cela-Dablanca, A. Míguez-González, D.C. Machado, B. Sevilla-Morán, J.J. Villaverde, M. Díaz-Raviña, T.A. Centeno, A. Amado-Fierro, A. Barreiro, A. Núñez-Delgado, E. Álvarez-Rodríguez, M.J. Fernández-Sanjurjo	
Mitigación del riesgo ambiental de la azitromicina mediante el uso de <i>hydrochars</i> y biochar	58
A. Gómez-Magán, C. Pérez-de-los-Reyes, S. Bravo, M. Sánchez-Ormeño, F.J. García Navarro, R. Jiménez-Ballesta	
Influencia de la profundidad del perfil en la retención hídrica en suelos vitícolas de Valdepeñas.....	59
S. Diez-Pascual, C. Mancho, J. González, J. Alonso, M. Gil-Díaz, M.C. Lobo	
Valorización de residuos como enmiendas orgánicas en un suelo agrícola.....	60
E. Vázquez, M. Estrella, M. Benito	
La eliminación de quemas modifica las dinámicas del carbono y nitrógeno y la interacción suelo-árbol.....	61
I. Miralles, A. Comeau, R. Ortega, F. Gómez, F. Morillas, L. López, R. Soria	
Evaluación del potencial microbiano del metabolismo del fósforo en suelos agrícolas restaurados mediante metagenómica shotgun	62
I. Miralles, A. Comeau, R. Ortega, F. Morillas, F. Gómez, L. López, R. Soria	
Potencial genético microbiano asociado al ciclo del nitrógeno en suelos restaurados agrícolas con enmiendas orgánicas	63
I. Miralles, F. Gómez, F. Morillas, L. López, R. Ortega, R. Soria	
Estudio metatranscriptómico de la respuesta funcional de la microbiota edáfica en suelos restaurados.....	64

ÍNDICE

C. Lull, A.J. Molina, J.V. Llinares, L. Roca Acercando la ciencia del suelo a la sociedad	65
L. Acemel-Míguez, A. Parente-Sendín, A. Castro-Prado, J.C. Nóvoa-Muñoz, F. Alonso-Vega Influencia de la especie arbórea en las propiedades químicas de horizontes orgánicos de suelos forestales	66
A. Barreiro, A. Míguez-González, R. Cela-Dablanca, A. Núñez-Delgado, M.J. Fernández-Sanjurjo, E. Álvarez-Rodríguez Uso de sub-productos agroalimentarios para mejorar la fertilidad de suelos forestales ácidos (no España) ..	67
E. Carbó, J. Sánchez, C. Añó Suelos isohúmicos en la Comunidad Valenciana	68
J. Cámara, M. Agulló, V. Casero, M. Ceacero, M. Estrella, J. Boixadera Participación de la SECS en el 5th International Soil Judging Contest celebrado en Nanjing (China)	69
R. Soria, A. Comeau, R. Ortega, L. López, F. Gómez, F. Morillas, I. Miralles Estabilidad estructural y genes bacterianos relacionados con la producción de sustancias poliméricas extracelulares en tecnosuelos	70
R. Soria, M.D. Carmona, P.A. Plaza-Álvarez, A. Asmiri, J.L. González, M.E. Lucas-Borja Respuesta del suelo a la madera quemada remanente en una cronosecuencia post-incendio en clima semiárido	71
R. Aouachri, L.D. Olivares-Martinez, V. Arcenegui, J. Mataix-Solera Variabilidad en la agregación del suelo tras incendios forestales: el papel de la frecuencia del fuego y la vegetación en el noroeste de Túnez	72
C. Cornolti, C. Ruiz Martínez, C. Ferré, J. Mataix-Solera, M. García-Carmona Dinámicas de recuperación del suelo bajo distintos estados sucesionales post-incendio en un ecosistema mediterráneo	73
J. Vadell, A. Forss Composición mineralógica de los suelos de Eivissa	74
L.D. Olivares-Martinez, I. Meléndez Pastor, M. García-Carmona, J. Mataix-Solera, O.M. López Granado, M.O. Martínez Rach, H.F. Migallón Gomis AI4FIRES: integración de inteligencia artificial y teledetección para el seguimiento post-incendio	75
M. Merkohasanaj, J. Contero Hurtado, M. Higuera-Valdivia, J. Rodrigo Comino, E. Romero Frías, A. Romero-Freire Living Lab Granada Tierra Viva: evaluación de prácticas innovadoras para la salud del suelo en agroecosistemas mediterráneos	76
R. Forján, V. Hernandez-Nicolás, T. Cueto-Padrós, J. R. Gallego, M. J. Fernández-Sanjurjo, A. Núñez-Delgado, E. Álvarez-Rodríguez, A. Barreiro, L. Salgado Evaluación geoquímica-espacial de contaminación por arsénico en el entorno de la antigua mina La Constancia (Lugo)	77
R. Forján, M. Larramona, L. Merchán, A.M. Martínez-Graña, J. R. Gallego, L. Salgado De residuo a solución: valorización de un subproducto de dolomía para la rehabilitación de suelos	78
A.P. Conte, I.S. de Soto, P. Barré, K. Zamanian, H. Urmeneta, R. Antón, A. Enrique, I. Virto Efectos del regadío y cambio de cultivo C3/C4 sobre la dinámica del carbono inorgánico del suelo: limitaciones del método isotópico	79
D. Fernández-Calviño, V. Sánchez-Navarro, R. Zornoza, A. Rodríguez-Seijo Inbestsoil: impulsando inversiones sostenibles para un futuro resiliente-resultados tras tres años de proyecto	80
A. Míguez-González, A. Barreiro, R. Cela-Dablanca, D.C. Machado, M. Díaz-Raviña, J.J. Villaverde, B. Sevilla-Morán, T.A. Centeno, A. Amado-Fierro, A. Núñez-Delgado, E. Álvarez-Rodríguez, M. J. Fernández-Sanjurjo Evaluación de diferentes residuos, hidrochars y biochars como bioadsorbentes de salinomicina	81

ÍNDICE

R. Cela-Dablanca, A. Míguez-González, D.C. Machado, B. Sevilla-Morán, J.J. Villaverde, M. Díaz-Raviña, T.A. Centeno, A. Amado-Fierro, A. Barreiro, A. Núñez-Delgado, M.J. Fernández-Sanjurjo, E. Álvarez-Rodríguez	
Eficiencia de <i>hydrochars</i> y <i>biochars</i> frente a materiales residuales en la retención de amoxicilina	82
C. García-Hernández, A. Morugán-Coronado, E. Samper-Perez, R. Zornoza, M.D. Gómez-López, D. Fernández-Calviño, A. Rodríguez-Seijo, S. Remelli, M. Vecchi, Menta	
Calidad biológica del suelo (QBS-ar) en olivares bajo diversos manejos de cubierta.....	83
J. Cuevas, J.A. Acosta, S. Martínez, M. Doval, G. García, A. Faz	
Dinámicas biogeoquímicas tempranas durante la fitorremediación asistida de residuos mineros mediante enmiendas	84
A. Morugán-Coronado, E. Samper-Pérez, I. Giménez, C. García-Hernández, M.D. Gómez-López, M. Shanskiy, A. Synowiec, T. Fedoniuk, M.A. Almeida Pinheiro de Carvalho, C. Campillo-Cora, R. Zornoza	
Estrategias agroecológicas regionales para la resiliencia del suelo y la mitigación climática - proyecto AGROSUS.....	85
M. Díaz-Raviña, C.J. Fariña-Martínez, V. Santás-Miguel, M. Conde-Cid, E. Peiteado, A. Míguez- González, R. Cela, Barreiro, M.J. Sanjurjo, A. Nuñez-Delgado, C. Carrión, Á. Yusta, , A. Ribas, T. Gesto, N. Cambón, Ó. Prado, R. Montes, A. Artola, A. Sánchez, J. Gominho, A. Lourenço, S. Santos, A. Silvestre, J.R. García-Guinarte, F. Cameirinha-Ramos, F. Romba , C. Delattre, E. Lainé, P. Lacapelle, J.-B. Beigbeder, G. Cazaudehore, E. Álvarez-Rodríguez, D. Fernández-Calviño, J.J. Villaverde	
Toxicidad del bagazo y del raspón de tres bodegas del espacio SUDOE	87

MEJORA DE LA RETENCIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE ADICIÓN DE PUZOLANAS

C. Pérez-de-los-Reyes^{1*}, S. Bravo¹, M. Sánchez-Ormeño¹, A. Gómez-Magán¹, F.J. García Navarro¹, M. Jiménez-Elipe¹; J. Rodríguez-Jiménez¹, R. Jiménez-Ballesta²

¹ Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Ciudad Real (ETSIA).

² Universidad Autónoma de Madrid

*Mail de contacto: Caridad.Perez@uclm.es

RESUMEN

El presente trabajo evalúa la capacidad de las puzolanas (residuo de materiales volcánicos naturales) para mejorar la retención de humedad en suelos agrícolas. Se enmarca en un proyecto de colaboración, desarrollado entre 2023 y 2025, entre Petrofísica Ibérica S.A. y el grupo Suelos Vitícolas de la ETSIA de Ciudad Real (UCLM).

Se estudiaron tres suelos agrícolas representativos de la provincia de Ciudad Real: S1. franco arenoso (Carrión de Calatrava, viñedo), S2. franco arcilloso (Almagro, olivar) y S3. franco arcillo arenoso (Granátula de Calatrava, viñedo), a los que se incorporaron diferentes proporciones de puzolana (20 % y 40 %) con tres granulometrías diferentes (0-3mm, 0-6mm y 0-10 mm) proporcionadas por la empresa. El estudio se desarrolló utilizando dos métodos: a) placas Richards, para determinación de Agua Útil (AU), como humedad gravimétrica, aplicando tensiones de -33 kPa (Capacidad de Campo, CC) y -1500 kPa (Punto de marchitez permanente, PMP) a mezclas tamizadas (<2 mm) de suelo-puzolana (AU=CC-PMP), y b) tensiómetros, registrando la evolución de la humedad gravimétrica entre la saturación y tensiones próximas a -80 kPa.

Los resultados obtenidos mediante placas Richards mostraron que el residuo de puzolana posee un AU intrínseca reducida (2,7-3,3 %) y que su incorporación al suelo no generó diferencias significativas en el AU entre distintos tipos de suelos, ni entre las distintas proporciones de puzolana. Sin embargo, los ensayos con tensiómetros evidenciaron que la adición de puzolana incrementó la humedad retenida respecto al testigo en los tres suelos estudiados. La respuesta dependió fundamentalmente de la granulometría y del tipo de suelo. Las puzolanas de 0-10 mm resultaron más eficaces (mayor retención de humedad) en suelos franco arenosos y franco arcillosos, mientras que la granulometría 0-6 mm mostró mayor retención en el suelo franco arcillo arenoso. El porcentaje óptimo de aplicación de puzolana fue, en la mayoría de los casos, del 20 %, sin incrementos significativos al aumentar hasta el 40 %.

En conjunto, el estudio confirma que la puzolana puede mejorar la retención de humedad en suelos agrícolas, siendo la elección de la granulometría un factor crítico y dependiente de las características texturales del suelo.

Palabras clave: puzolana, retención de humedad, agua del suelo.

SUELOS CON HORIZONTE PETROCALCICO DEL CAMPO DE CALATRAVA: DELINEANDO GENOSUELOS VS FENOSUELOS

S. Bravo¹, A. Gómez-Magán¹, C. Pérez-de-los-Reyes^{1*}, M. Sánchez-Ormeño¹, F.J. García Navarro¹, R. Jiménez-Ballesta²

¹ Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Ciudad Real (ETSIA).

² Universidad Autónoma de Madrid

*Mail de contacto: sandra.bravo@uclm.es

RESUMEN

En el Campo de Calatrava, (una de las regiones españolas donde abundan materiales volcánicos), es común el desarrollo de suelos con horizontes petrocálcicos, dedicándose una notable proporción al cultivo del viñedo. Aunque la presencia de estos horizontes en un territorio determinado suscita el concepto de edafogenón, es decir una clase de suelos basados en factores formadores similares, en este estudio intentamos explorar la delimitación de genosuelos y fenosuelos, entendidos como suelos en un estado mínimamente perturbado versus suelos que reflejan un mayor grado de alteración debido a presiones antropogénicas, respectivamente.

Para abordar este estudio se abrieron, mediante máquina retroexcavadora, 29 perfiles de suelo georreferenciados a una profundidad variable (alcanzando en ocasiones hasta 2 m) para su descripción completa, de acuerdo con las Directrices de la FAO; posteriormente se analizaron en laboratorio diferentes propiedades físico-químicas de sus horizontes.

Morfológicamente, los horizontes petrocálcicos estudiados aparecen bajo una variada gama de formas. Analíticamente, los resultados obtenidos de los horizontes superficiales (Ap) ponen de manifiesto que se trata de suelos moderadamente básicos (pH entre 7,6 y 8,5; media de 8,3), con escaso contenido en materia orgánica (MO, entre 0,45-2,40%; media de 1,34%), conductividad eléctrica (CE, entre 0,10 y 0,52 dS/m y media de 0,24 dS/m), CaCO₃ (entre 0 y 52,5% y media de 24,6%), caliza activa (entre 0 y 15,1%; media de 9,2%), nitrógeno (N, entre 0,02 y 0,09% y media de 0,05%). Texturalmente son muy variables, (por ejemplo, el contenido de arcilla oscila entre 11,4 y 48,9%); finalmente, la densidad aparente varía (concretamente entre 1,10 y 1,50 g/cm³).

Los coeficientes de variación calculados son 2,3; 50; 51,6; 94; 35; 5,9; 20 y 34,4 para pH, CE, CaCO₃, caliza activa, MO, densidad aparente, N y arcilla, respectivamente. El análisis de componentes principales y el dendrograma obtenidos para estos horizontes superficiales evidencian la existencia de al menos dos grupos diferenciados, resultado tanto de procesos edafogenéticos como de influencias antrópicas. En conjunto, pueden permitir delimitar zonas dominadas por fenosuelos frente a otras caracterizadas por genosuelos, lo que tiene relevancia desde el punto de vista cartográfico y funcional, pudiendo aplicarse de forma práctica en la zonificación vitícola.

Palabras clave: petrocálcicos, volcano-carbonáticos, Campo Calatrava.

ITINERARIO EDÁFICO DE MONTAÑA EN EL PAÍS VASCO COMO HERRAMIENTA DE SENSIBILIZACIÓN

A. Artetxe^{1*}, P. Gallejones¹, G. Besga¹, O. Artieda², A. Aizpurua¹

¹NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Berreaga 1, 48160 Derio, Bizkaia.

²Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra- IACYS. Universidad de Extremadura. 10600, Plasencia, Cáceres

*Mail de contacto: ahiartetxe@neiker.eus

RESUMEN

Es asombroso cómo nos cuesta tanto percibir algo que se puede ver, oler, tocar, saborear e incluso escuchar. Y difícilmente protegeremos aquello que no percibimos. Aun cuando aparentemente reconocemos la importancia del suelo y su carácter no-renovable a escala humana (como ejemplo, la Directiva (UE) 2025/2360 relativa a la vigilancia y resiliencia del suelo), los investigadores en este campo continúan obteniendo datos alarmantes sobre su pérdida y degradación. Esto ha llevado a buscar formas de comunicación (cómic, dibujos, exposiciones artísticas, performances, etc.) más allá de las científico-técnicas, con el fin de modificar nuestra percepción de los suelos y, en consecuencia, nuestro comportamiento hacia ellos.

Bajo este prisma de cambio de perspectiva y lenguaje con fines de difusión y concienciación, en el presente trabajo se ha diseñado un itinerario edáfico en el País Vasco, para dar mayor visibilidad a los suelos y conectarlos con un mayor número de personas que hacen un uso recreativo de la montaña. Así, se pretende contribuir a un objetivo más ambicioso de favorecer el conocimiento y la protección de los suelos de montaña, y su resiliencia al cambio climático (proyecto POCTEFA SOLPYR <https://solpyr.eu/>).

Era necesario buscar una zona de montaña, vinculada (lúdica, emocional y casi espiritualmente) a senderistas y excursionistas, de tránsito relativamente alto, con facilidades para el esparcimiento, y donde la observación y mantenimiento de los perfiles fuera relativamente sencillo. La zona elegida fueron las campas de Urbia (Parque Natural de Aizkorri-Aratz), lugar de uso ganadero ancestral y de gran belleza del País Vasco. A continuación, se diseñó un recorrido circular, exportable a aplicaciones móviles (en formato GPX), de dificultad baja-moderada (16,6 km), con inicio en el emblemático Santuario de Arantzazu (Oñati). Se identificaron y describieron 5 perfiles (Cambisols bajo pastos de montaña, topografía fuertemente ondulada, régimen údico-mésico, sobre calizas y areniscas), así como diversos puntos de interés geológico, antropológico y cultural. Posteriormente, se mostraron con un lenguaje sencillo (verbal y visual) los aspectos más relevantes identificados para hacer comprensible la información a los senderistas.

Palabras clave: itinerario edáfico, Cambisol, sensibilización, protección, conservación, Urbia, Aizkorri.

AGUA, CARBONO Y VIDA EN LOS ANDES: LOS BOFEDALES DEL NEVADO COROPUNA COMO LABORATORIO VIVO

X. Pontevedra-Pombal^{1*}, M. Souto², R. Carballeira³, S. Ricoy¹, J. Úbeda⁴, J. de Marcos⁴, P. Masias⁵, J. López-Bedoya⁶, M. Valcarcel⁶

1: GEMAP-CISPAC research group, Departamento de Edafología e Química Agrícola, Facultade de Biología, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galiza.

2: Facultade de Ciências e Tecnologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, Ilha São Miguel, Portugal.

3: Departamento de Ciencias Farmacéuticas y de la Salud. Universidad San Pablo CEU, Madrid, España.

4: Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

5: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú (INGEMMET). Lima, Perú.

6: GEMAP research group, Departamento de Xeografía, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galiza.

*Mail de contacto: xabier.pombal@usc.gal

RESUMEN

Los bofedales altoandinos asociados al Nevado Coropuna constituyen sistemas edáficos singulares en los que la interacción entre suelo, agua y criosfera determina la disponibilidad de recursos esenciales para comunidades pastoriles ancestrales. Estos humedales de alta montaña, desarrollados en condiciones de extrema altitud (4.500–6.400 m s.n.m.) y elevada sensibilidad climática, actúan simultáneamente como reguladores hidrológicos, reservorios de carbono y soportes de biodiversidad especializada, desempeñando un papel estratégico en la adaptación al cambio climático en los Andes tropicales.

La actuación integra una perspectiva edáfica avanzada para comprender la resiliencia holocena de los suelos de bofedal frente al retroceso glaciar, la dinámica del permafrost y las presiones antrópicas derivadas del sobrepastoreo. El análisis multiproxy (geoquímica de la materia orgánica, isótopos estables, bioindicadores como diatomeas y tecamebas) se combina con la caracterización geomorfológica y la monitorización hidrológica de las microcuencas de Río Blanco y Tuhualque, permitiendo reconstruir la evolución funcional de estos sistemas socioecológicos y evaluar su capacidad como sumideros de carbono y reguladores ecohidrológicos.

Los resultados evidencian la elevada complejidad edafogenética de los bofedales del Coropuna, con más de 900 muestras analizadas y la identificación de once microhábitats diferenciados, lo que confirma su elevada heterogeneidad funcional y su relevancia como archivo paleoambiental de alta resolución. La implementación de redes de monitorización hidrológica, junto con cartografía geomorfológica aplicada, ha permitido vincular la dinámica glaciar–periglacial con la evolución de los suelos orgánicos saturados y su capacidad de regulación hídrica.

Paralelamente, el proyecto incorpora acciones participativas orientadas a la gestión sostenible de los bofedales, incluyendo planes comunales de manejo de pastizales, restauración ecohidrológica y capacitación en prácticas adaptativas basadas en ecosistemas. Este enfoque integrador demuestra que la conservación funcional de los suelos de humedal constituye un elemento clave para mejorar la resiliencia climática, la seguridad hídrica y la sostenibilidad de los sistemas ganaderos tradicionales, generando un modelo replicable de transferencia de conocimiento científico hacia estrategias de desarrollo territorial en ambientes de montaña extrema.

Palabras clave: Andes, Suelos orgánicos, Adaptación basada en ecosistemas.

SALUD DEL SUELO Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN DIFERENTES USOS DE SUELO Y REGIONES BIOGEOGRÁFICAS EUROPEAS

V. Sánchez-Navarro^{1*}, E. Heredia¹, A. Rodríguez-Seijo², V. Lafuente³, J. Álvaro-Fuentes³, D. Kundel⁴, D. Fernández-Calviño², A. Zusevica⁵, C. van Capelle⁶, E. Lloret¹ y Raúl Zornoza¹

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.

² Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo, Universidade de Vigo, Ourense.

³ Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Zaragoza.

⁴ Departamento de Ciencia del Suelo, Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica (FiBL), Frick, Suiza.

⁵ Instituto Estatal de Investigación Forestal de Letonia SILAVA, Salaspils, Letonia.

⁶ Instituto de Biodiversidad; Instituto Thünen, Braunschweig, Alemania.

*Mail de contacto: virginia.sanchez@upct.es

RESUMEN

El conocimiento del suelo en Europa presenta una gran variabilidad según la región biogeográfica y el uso del suelo. Existe una carencia importante de información sobre cómo interactúan los servicios ecosistémicos del suelo, especialmente en regiones boreales, alpinas y atlánticas, así como en suelos de humedales y tierras seminaturales. Además, los suelos urbanos, forestales y mineros generan incertidumbre debido a su heterogeneidad y contaminación. Este estudio analiza parámetros fisicoquímicos clave del suelo, en 25 sitios experimentales distribuidos en cinco regiones biogeográficas (alpina, atlántica, boreal, continental y mediterránea) y siete tipos de uso del suelo (urbano, industrial, agrícola, forestal, minero, seminatural y humedal). Se evaluaron indicadores de calidad y salud del suelo a una profundidad de 0–20 cm, considerando propiedades físicas y químicas. Los resultados muestran diferencias significativas entre regiones y usos del suelo. Los suelos orgánicos de la región boreal destacan por sus altos contenidos de carbono orgánico total (COT), carbono orgánico particulado (COP), amonio (NH_4^+) y sodio intercambiable, en comparación con suelos minerales de otras regiones. En contraste, los suelos minerales de la región mediterránea presentan mayores niveles de carbono inorgánico, calcio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y pH. A nivel regional, se observan patrones específicos: en la región alpina, los suelos industriales presentan mayores concentraciones de aluminio y hierro biodisponibles, comparado con suelos agrícolas y de humedales. En la región atlántica, los suelos seminaturales muestran mayor contenido de agua, COT y nutrientes en comparación con los agrícolas. En la región boreal, los suelos mineros tienen más COT y COP que los agrícolas. En la región continental, los suelos forestales contienen más COT que otros usos. En la región mediterránea, los suelos seminaturales presentan mejores indicadores de fertilidad que los industriales. En conjunto, el estudio resalta el alto contenido de materia orgánica en suelos orgánicos y revela que los suelos mediterráneos pueden tener mayor fertilidad de la esperada. Asimismo, los usos forestales y seminaturales favorecen la calidad del suelo.

Palabras clave: Salud del suelo, distintas condiciones edafoclimáticas, fertilidad del suelo, Europa.

ITINERARIOS EDÁFICOS PARA CONOCER LOS SUELOS DE LOS PIRINEOS

M.I. Gracia^{1*}, A. Enrique¹, I. Salvador², J. Eslava², J.J. Jaen³, C. Wagner³, E. Nadal-Romero³, A. Lladós⁴,
M. Vicens⁴, A. Artetxe⁵, A. Aizpurua⁵, P. Oliva⁶, A. Boespflug⁶, S. Chauvin⁷, V. Turu⁸, E. García⁹, J.
Terradez⁹, P. Nakhle⁹, I. Virto¹

¹ Dept. de Ciencias, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, Pamplona-Iruñea, 31006 Spain

² Sección de Suelos y Climatología. Dpto. Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra, C/ González Tablas, 9. Pamplona-Iruñea, 31003 Spain

³ Pyrenean Institute of Ecology-CSIC (IPE-CSIC), Avenida Montañana 1005, Zaragoza, 50059 Spain

⁴ Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Parc de Montjuïc s/n, Barcelona, 08038 Spain

⁵ Neiker-Teknalia, Parque Tecnológico de Bizkaia – C/ Berreaga, 1, Derio, 48160 Spain

⁶ Université Toulouse III - Paul Sabatier. Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse UMR 5563, 14, avenue Édouard Belin, Toulouse, 31400 France

⁷ FORESPIR, 23 bis Boulevard Bonrepos, Toulouse, 31000 France

⁸ Fundació Marcel Chevalier, Carrer Dr. Nequi 4, 1r pis AD500 Andorra la Vella, Andorra

⁹ Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC) Avda. N. Sra de la Victoria, 8, Jaca, 22700 Spain

*Mail de contacto: mariaisabel.gracia@unavarra.es

RESUMEN

La conservación de los suelos de montaña es de vital importancia debido a su especial vulnerabilidad por sus características genéticas y climáticas. Por ejemplo, la erosión y compactación del suelo de montaña pueden aparecer como resultado de algunos usos tradicionales, y también de otras actividades humanas (como usos recreativos de montaña). Estos procesos de degradación del suelo resultan en algunas localizaciones en la pérdida de capacidad del suelo para desempeñar sus funciones y para proveer de servicios ecosistémicos.

La necesidad de proteger y conservar los suelos de los Pirineos es uno de los pilares del proyecto SOLPYR (<https://solpyr.eu/>), basado en la idea de que un mejor conocimiento de los suelos y los problemas asociados a su uso, podría sensibilizar a los usuarios de la montaña y a los organismos de gestión para la protección y conservación de este recurso vital para los Pirineos. Este proyecto cuenta con una serie de acciones. Más concretamente, en la Acción 5, centrada en la sensibilización y divulgación de los suelos de los Pirineos, se propone la elaboración de una “Guía de itinerarios de divulgación de suelos”. El principal objetivo de esta guía es incrementar el conocimiento, la sensibilización y la concienciación del suelo como recurso natural para su conservación. Esta guía estará compuesta por una serie de itinerarios edáficos de los suelos de los Pirineos a partir de rutas de senderismo populares. Para ello, la cooperación transfronteriza es imprescindible. Los distintos itinerarios edáficos de esta guía serán compartidos en refugios de montaña, geoparques, parques, reservas naturales y centros educativos de los Pirineos para su uso y difusión. En cada itinerario edáfico se pretende poner en valor el suelo informando sobre los factores y procesos formadores, su diversidad, y los problemas de degradación.

Palabras clave: degradación de suelos, diversidad de suelos, itinerarios edáficos.

IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA CALIDAD DEL SUELO BAJO MANEJO AGROECOLÓGICO

J. Aguilera-Huertas^{1,2*}, B. Lozano-García², M. González-Rosado²

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.

² Grupo de Investigación SUMAS, Departamento de Química Agrícola, Edafología y Microbiología, Facultad de Ciencias, Campus Agroalimentario de Excelencia Internacional (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España.

*Mail de contacto: jesus.aguilera@upct.es

RESUMEN

El presente estudio evalúa el efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas, compost y biochar, sobre la calidad del suelo en un sistema bajo manejo agroecológico, considerando especialmente el carbono orgánico del suelo (COS), el stock de carbono (COS-S), la fertilidad y la microbiología edáfica. La investigación se desarrolló durante seis meses en una finca experimental, donde se establecieron los tratamientos compost y biochar al 100% (CB100), compost y biochar al 50% (CB50), compost al 100% (C100), compost al 50% (C50), control (C) y manejo convencional (CONV).

Los resultados muestran que, aunque muchas de las diferencias observadas no alcanzaron significación estadística debido al corto periodo de estudio, se detectaron tendencias claras de incremento del COS y del COS-S en los tratamientos con enmiendas orgánicas, especialmente en las dosis moderadas y altas. Estas mejoras se concentraron principalmente en la capa superficial del suelo, evidenciando una respuesta temprana a la incorporación de compost y biochar. El aumento del COS refuerza su papel como indicador clave de calidad del suelo, mientras que el incremento del COS-S resalta el potencial de estas prácticas para contribuir a la mitigación del cambio climático.

Además, la aplicación de compost y biochar produjo efectos positivos sobre la fertilidad y la microbiología del suelo. El compost, por su elevado contenido en materia orgánica y nutrientes, favoreció la mejora de la estructura del suelo, así como su capacidad de retención de agua y nutrientes como el fósforo asimilable. Por su parte, el biochar, debido a su elevada estabilidad, porosidad y capacidad de intercambio catiónico, contribuyó a optimizar las propiedades físico-químicas del suelo. En conjunto, ambas enmiendas promovieron el desarrollo de la biomasa microbiana y de grupos funcionales beneficiosos, como bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrícicos y actinobacterias, impulsando los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y fósforo. En definitiva, el uso combinado de compost y biochar se perfila como una estrategia agroecológica eficaz para mejorar la calidad del suelo y avanzar hacia sistemas agrarios más resilientes y sostenibles.

Palabras clave: Compost, biochar, calidad del suelo.

EFFECTO DEL MULCHING SOBRE EL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA Y RETENCIÓN HÍDRICA DE SUELOS URBANOS

T. Rodríguez-Espinosa^{1*}, P. Antoniou^{1,2}, M.B. Almendro-Candel¹, A. Pérez-Gimeno¹, M.M. Jordán Vidal¹, I. Gómez Lucas¹, J. Navarro-Pedreño¹

¹ GETECMA, Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández de Elche

²Aristotle University of Thessaloniki, Tesalónica, Grecia

*Mail de contacto: maria.rodrigueze@umh.es

RESUMEN

El uso de residuos vegetales para la protección del suelo mediante la técnica de acolchado o mulching es una estrategia que permite, por un lado, proteger el suelo del impacto mecánico (por ejemplo, de la precipitación) y la erosión y, por otro lado, tras los procesos de transformación de los residuos vegetales, incrementar la materia orgánica existente en el suelo, especialmente en el horizonte superficial. En este estudio, se analizaron muestras superficiales inalteradas de suelos, de 0-5 cm de profundidad, situados en un medio urbano del campus de Elche de la UMH. Estos suelos han sido altamente modificados por la ejecución de obras de nivelación y de relleno. Se han comparado muestras de los suelos en las que se ha utilizado restos de material vegetal (grama fina, restos de poda de jardinería, restos de poda de palmeras) para el acolchado (aproximadamente de 4-5 cm de espesor) con aquellos en los que no se aplicó. Las propiedades analizadas han sido el contenido en materia orgánica mediante el método de oxidación con dicromato de Walkley-Black y mediante ignición en horno mufla a 380 °C durante 4 horas (LOI), y la capacidad de retención hídrica de agua a las 24 horas tras la saturación de muestras inalteradas de suelo (water holding capacity, WHC). Los resultados obtenidos muestran un aumento del contenido en materia orgánica en los suelos acolchados y un incremento de la capacidad de retención hídrica. Adicionalmente, se ha localizado la presencia de lombrices de tierra en el suelo con acolchado de grama fina y de larvas de escarabajo rinoceronte (*Oryctes nasicornis*) en los suelos con acolchado de palmera. Se considera que la estrategia de reutilización de estos residuos obtenidos *in situ* y aplicados sobre los suelos como acolchado, mejora las propiedades físico-químicas analizadas, incrementa la retención de agua y la materia orgánica. Como evidencia adicional, se pudo constatar la presencia de fauna edáfica en los muestreos realizados, que no aparecía en aquellos suelos sin acolchado, que precisaría de estudios posteriores.

Palabras clave: acolchado, materia orgánica, capacidad de retención hídrica, residuos vegetales.

EFFECTO DE LAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN Y PROFUNDIDAD EN LA ADSORCIÓN-DESORCIÓN DE HERBICIDAS EN SUELOS

N. Delgado-Pallares¹, M.S. Andrades², M.S. Rodríguez-Cruz¹, J.M. Marín-Benito¹

¹ Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC), Salamanca, España

² Universidad de La Rioja, Logroño, España

*Mail de contacto: noelia.delgado@irnasa.csic.es

RESUMEN

Las prácticas agrícolas de conservación del suelo, como el acolchado (mulch) o la incorporación de enmiendas orgánicas, se han consolidado como alternativas para frenar la erosión y degradación del suelo, al ser capaces de mejorar sus propiedades fisicoquímicas y biológicas. Estos cambios, en particular en el contenido en carbono orgánico (CO), pueden afectar a los procesos de adsorción-desorción de los herbicidas en el suelo, los cuales, a su vez, controlan su comportamiento y persistencia en el ecosistema suelo. El objetivo de este trabajo fue estudiar la capacidad de adsorción-desorción de los herbicidas dimethenamid-P, mesotriona y rimsulfuron, y de sus principales metabolitos en parcelas experimentales (81 m²) de: i) suelo control (S) de textura franco-arenosa, con rotación de cultivos (avena-maíz), siembra directa y sin laboreo; ii) suelo control con el 50 % de su superficie cubierta con residuos de cereal durante 6 años (S+mulch); y iii) suelo control enmendado con compost vegetal (S+GC) a una dosis de 5 t C/ha. El estudio se realizó en los suelos a tres profundidades (0-15, 15-30 y 30-50 cm) con el fin de evaluar la influencia de las propiedades del suelo bajo los tres tratamientos y de la profundidad en la interacción suelo-compuesto. El ensayo de adsorción se llevó a cabo mediante la técnica batch en equilibrio y se determinaron los parámetros de adsorción (coeficiente de distribución-Kd y porcentaje de adsorción real) de los compuestos. Los resultados mostraron que el suelo bajo los tratamientos S+mulch y S+GC presentó una mayor capacidad de adsorción (hasta 4.3 veces) de los compuestos respecto al control, especialmente en las capas más superficiales. El valor de Kd varió con la profundidad, aunque su influencia dependió de las propiedades del compuesto y del suelo. En este sentido, se observó una correlación significativa ($p < 0.05$) para dimethenamid-P (positiva) y mesotriona (negativa) entre sus valores de Kd y el contenido en CO del suelo. En resumen, las prácticas de manejo y la profundidad del suelo son factores a considerar en el estudio de la interacción de los herbicidas con el suelo, su persistencia y destino medioambiental.

Agradecimientos: Proyecto financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y ERDF/EU (PID2023-151031OB-I00). Noelia Delgado Pallares agradece a MICIU/AEI/PIF2024 por su contrato predoctoral (PREP2023-002031). Los autores agradecen a J.M. Ordax y B. Sánchez por su asistencia técnica, al Proyecto "CLU-2025-2-02—Unidad de Excelencia IRNASA_CSIC", financiado por la Junta Castilla y León y cofinanciado por la Unión Europea (FEDER "Europa impulsa nuestro crecimiento"), y al proyecto "DEEP-MaX-2024_IRNASA" financiado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Palabras clave: herbicida, adsorción, agricultura de conservación.

DEGRADACIÓN DE HERBICIDAS EN SUELOS AGRÍCOLAS BAJO PRÁCTICAS DE MANEJO SOSTENIBLES

N. Delgado-Pallares¹, M.S. Andrades², J.M. Marín-Benito¹, M.S. Rodríguez-Cruz^{1*}

¹ Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC), 37008 Salamanca, España

² Complejo Científico-Tecnológico, Universidad de La Rioja, 26006 Logroño, España

*Mail de contacto: msonia.rodriguez@irnasa.csic.es

RESUMEN

Las prácticas de manejo sostenible de suelos agrícolas, como la aplicación de enmiendas orgánicas y acolchado, producen cambios en las propiedades del suelo que influyen en la disipación y persistencia de herbicidas. El objetivo de este trabajo fue estudiar la degradación de los herbicidas dimetenamida-P, mesotriona y rimsulfurón, y la formación y degradación de sus principales metabolitos en suelos con los tratamientos: i) suelo francoarenoso (S-control) con rotación de cultivos (avena-maíz), siembra directa y sin laboreo; ii) suelo con el 50 % de su superficie cubierta con residuos de cereal durante 6 años (S+mulch); y iii) suelo enmendado con compost vegetal a una dosis=5 tC/ha (S+GC). Se determinaron las vidas medias de degradación (DT₅₀) de los herbicidas y el balance de masa de la ¹⁴C-mesotriona (mineralizada, extraíble y no extraíble) para los diferentes tratamientos del suelo en condiciones controladas de laboratorio durante 113 días. La velocidad de degradación siguió el orden rimsulfurón < mesotriona < dimetenamida-P para los diferentes tratamientos, siendo el S+GC el que presentó los valores de DT₅₀ más elevados debido a la mayor adsorción y a la menor biodisponibilidad de los herbicidas para su degradación. El efecto de la práctica de manejo sobre el valor de DT₅₀ fue mayor para la degradación del rimsulfurón, con valores de DT₅₀ más elevados en el S+GC o S+mulch en comparación con el S-control. El uso de GC o acolchado aumentó 1,4, 1,3 y 1,9 veces la persistencia de dimetenamida-P, mesotriona y rimsulfurón en el suelo. La formación y degradación de metabolitos de dimetenamida-P y mesotriona fue más rápida que la de rimsulfurón, lo cual está de acuerdo con su velocidad de degradación. La mineralización de la ¹⁴C-mesotriona fue menor en S+GC o S+mulch que en S-control. Se detectó un porcentaje importante de residuos de ¹⁴C extraíbles con agua en S+mulch, indicando una mayor biodisponibilidad de la mesotriona y sus metabolitos para ser degradados. La fracción de residuos de ¹⁴C no extraíbles fue similar en todos los tratamientos. Las propiedades fisicoquímicas de los herbicidas determinan la velocidad de degradación y su interacción con el GC o el acolchado aplicado al suelo.

Agradecimientos: Proyecto financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y ERDF/EU (PID2023-151031OB-I00). N. Delgado-Pallares agradece a MICIU/AEI/PIF2024 por su contrato PREP2023-002031. Los autores agradecen a J.M. Ordax y B. Sánchez por su asistencia técnica y a los Proyectos "CLU-2025-2-02—Unidad de Excelencia IRNASA_CSIC" (JCyL-UE/FEDER), y "DEEP-MaX-2024_IRNASA_CSIC" (CSIC).

Palabras clave: herbicida, degradación, manejo sostenible.

FACTORES FISICOQUÍMICOS QUE CONTROLAN LA FITOESTABILIZACIÓN ASISTIDA MEDIANTE ENMIENDAS EN RESIDUOS DE FUNDICIÓN DEL SE DE ESPAÑA

J. Cuevas^{1*}, J.A. Acosta¹, S. Martínez¹, G. García¹, A. Faz¹

¹ Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Cartagena, España

Autor de correspondencia: jose.cuevas@upct.es

RESUMEN

La fundición Peñarroya (Cartagena, SE España), antiguamente una de las mayores instalaciones europeas de procesamiento de plomo y plata, fue clausurada en la década de 1990, dejando extensos depósitos de cenizas de pirita contaminadas con As, Hg, Pb, Zn, Cd y Cu en concentraciones superiores a los límites legales. Este estudio evalúa la respuesta fisicoquímica a corto plazo de dos zonas de residuos geoquímicamente contrastadas (Z1 y Z2) sometidas a un tratamiento de fitoestabilización asistida mediante la combinación de enmiendas minerales (residuo de mármol, biochar y zeolita) y compost orgánico aplicado a tres dosis (1, 2 y 4% de materia orgánica). La caracterización inicial reveló diferencias marcadas entre ambas zonas. La Z1 presentó pH próximo a la neutralidad, contenido moderado de sulfatos y concentraciones relativamente bajas de metales solubles. Por el contrario, la Z2 mostró condiciones ligeramente ácidas, elevados contenidos de sulfatos y mayores concentraciones solubles de Pb, Zn y Cd, indicando una mayor inestabilidad geoquímica y riesgo de lixiviación. La incorporación de enmiendas produjo respuestas diferenciadas según la zona y la dosis de compost aplicada. En Z1, la dosis intermedia (2% MO) resultó la más eficaz, favoreciendo el incremento del pH, la mejora del contenido de carbono y nutrientes, y manteniendo bajas concentraciones de metales solubles, lo que sugiere condiciones favorables para la estabilización inicial. En cambio, la dosis más elevada (4% MO) provocó un aumento de las concentraciones metálicas solubles, probablemente asociado a procesos de complejación con compuestos orgánicos disueltos liberados durante las primeras etapas de descomposición. En Z2, el pH y el contenido de carbono aumentaron en todos los tratamientos, aunque las concentraciones de metales solubles permanecieron relativamente estables independientemente de la dosis aplicada, reflejando el papel dominante de las condicionantes geoquímicas intrínsecos del residuo frente al efecto de las enmiendas.

Estos resultados indican que la eficacia de las estrategias combinadas de enmiendas minerales y orgánicas para la rehabilitación de residuos de fundición está fuertemente condicionada por las características geoquímicas locales, y que la optimización de la dosis de compost es fundamental para evitar procesos no deseados de movilización metálica durante las fases iniciales de estabilización.

Esta investigación fue financiada por Fundación Séneca (Murcia, España), proyecto 22700/PI/24.

Palabras clave: fitoestabilización, residuos de fundición, estabilidad geoquímica, enmiendas del suelo, movilidad metálica, cenizas de pirita.

EFFECTOS DEL DISPROSIO EN SUELOS: INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

M. Higuera-Valdivia^{1*}, A. Aguirre-Arcos¹, M. Merkohasanaj¹, M. Paniagua-López²,
I. García-Romera², A. Romero-Freire¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola (Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Spain)

² Departamento de Microbiología del Suelo y de Plantas, Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC), España

*Mail de contacto: mariahiguera-val@ugr.es

RESUMEN

El uso creciente de disprosio (Dy) en nuevas tecnologías está incrementando su liberación al medio ambiente, lo que genera preocupación por su acumulación en los suelos y sus efectos sobre los procesos edáficos. Sin embargo, la información disponible sobre su impacto en suelos es aún limitada, especialmente en lo que respecta a la comunidad microbiana. En este contexto, el presente estudio evalúa el impacto de la contaminación con Dy sobre la actividad enzimática en tres suelos con propiedades fisicoquímicas contrastantes a lo largo del tiempo. Los suelos fueron contaminados con concentraciones crecientes de Dy (0–5000 ppm), aplicado en forma de $\text{Dy}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, y sometidos a un periodo de incubación de seis meses en condiciones de invernadero con riego regular. La actividad enzimática se determinó al inicio del experimento, a los tres y a los seis meses de incubación. Se evaluaron enzimas clave implicadas en los ciclos biogeoquímicos: β -glucosidasa (ciclo del carbono), fosfatasa ácida (ciclo del fósforo), ureasa (ciclo del nitrógeno) y deshidrogenasa (indicador de actividad microbiana total). Los resultados evidenciaron que la exposición a Dy induce cambios significativos en la actividad enzimática, con patrones dependientes tanto de la concentración como del tipo de suelo. En general, las concentraciones más elevadas provocaron una inhibición de la actividad enzimática, siendo la deshidrogenasa la más sensible a la contaminación. Asimismo, la respuesta enzimática varió a lo largo del tiempo, observándose diferentes patrones de adaptación o inhibición progresiva según el suelo. Estas diferencias sugieren un papel clave de propiedades como el pH, el contenido de materia orgánica y la capacidad de retención del elemento en la biodisponibilidad del Dy. En conjunto, los resultados indican que este elemento puede alterar procesos microbianos esenciales incluso a escalas temporales relativamente cortas, comprometiendo potencialmente la funcionalidad del suelo, y subrayan la necesidad de evaluar sus riesgos considerando el contexto edáfico.

Palabras clave: disprosio, actividad enzimática, ecotoxicología.

EFFECTO DE NANOFERTILIZANTES NPK SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL TRIGO EN SUELOS AGRÍCOLAS

C. Martínez-Castillo*^{1,2}, I. Moreira-Suárez¹, P. Pérez-Rodríguez^{1,2}, D. Arenas-Lago^{1,2}

¹ Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo, Área de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidade de Vigo, 32004 Ourense, España.

² Instituto de Agroecología e Alimentación (IAA), Campus Auga, Universidade de Vigo, 32004 Ourense, España.

*Mail de contacto: cecilia.araceli.martinez.castillo@uvigo.es

RESUMEN

La baja eficiencia de los fertilizantes convencionales y su impacto ambiental han impulsado el desarrollo de estrategias más sostenibles, entre ellas el uso de nanoagroquímicos (NAQ). En este contexto, el presente estudio evalúa el efecto de NAQ basadas en NPK (urea, hidroxapatita y sulfato potásico), tanto en forma libre (NAQ) como encapsulada en alginato (eNAQ), sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.), así como sobre las propiedades del suelo, con el fin de analizar cómo la encapsulación modula la liberación de nutrientes y la interacción suelo-planta. El ensayo se realizó en condiciones controladas utilizando dos suelos agrícolas de A Limia (Ourense, Galicia) con características fisicoquímicas diferenciadas (S1, con MO= 12,5%, pH= 5,6, CICE= 8,0 cmol(+) kg⁻¹ y S2 con MO= 2.9%, pH= 6,6, CICE= 4,4 cmol(+) kg⁻¹). Se estableció un diseño factorial con un control, NAQ y eNAQ a dos dosis diferentes (dosis de referencia (50:30:30 kg/ha) N:P:K y la mitad de la dosis de referencia). Se evaluaron parámetros de crecimiento vegetal, contenido nutricional y rendimiento del grano y harina. Los resultados mostraron que los NAQ promovieron una liberación rápida de nutrientes, favoreciendo el desarrollo radicular, especialmente en el suelo con mayor MO (S1). Sin embargo, este efecto no se tradujo en un incremento del rendimiento en grano. Por el contrario, los eNAQ proporcionaron una liberación progresiva, mejorando la disponibilidad de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo; aumentando significativamente la producción de grano. Este efecto fue más acusado en S1, donde la dosis media de eNAQ permitió alcanzar rendimientos máximos. En S2, la encapsulación limitó las pérdidas de nutrientes por lixiviación y favoreció una absorción más estable a lo largo del ciclo, aunque la eficiencia estuvo limitada por las características del suelo. No obstante, los tratamientos con eNAQ presentaron menores contenidos proteicos en el grano que los NAQ (12-13% frente al 14-17%). En conclusión, los eNAQ pueden ser una alternativa para mejorar la eficiencia del uso de nutrientes y la productividad del trigo, especialmente en suelos con baja capacidad de retención de nutrientes, permitiendo reducir las dosis de fertilización sin comprometer el rendimiento.

Palabras clave: nanoagroquímicos, liberación controlada, rendimiento del cultivo.

RESPUESTA DE *LACTUCA SATIVA* L. A NANOPARTÍCULAS DE COBRE EN SUELOS AGRÍCOLAS

I. Moreira-Suarez^{1,2}, C. Martínez-Castillo^{1,2}, P. Pérez-Rodríguez^{1,2}, D. Arenas-Lago^{1,2}

¹ Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencias do Solo, Área de Edafoloxía e Química Agrícola, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo, 32004 Ourense, España

² Instituto de Agroecoloxía e Alimentación (IAA), Campus Auga, Universidade de Vigo, 32004 Ourense, España

*Mail de contacto: iria.moreira@uvigo.gal

RESUMEN

El cobre (Cu) es un micronutriente esencial para las plantas, aunque en concentraciones elevadas puede resultar tóxico. En este contexto, el uso de nanopartículas de Cu (CuNPs) y su encapsulación en matrices como el alginato pueden modificar su disponibilidad, movilidad y absorción en el sistema suelo-planta. El presente estudio evalúa la influencia del tipo de nanopartícula (CuNPs vs CuNPs encapsuladas, eCuNPs), la dosis y las propiedades del suelo sobre la dinámica del Cu y la respuesta de *Lactuca sativa* L. Se realizaron ensayos en maceta en condiciones controladas utilizando dos suelos agrícolas con distinto contenido en materia orgánica (S1 = 13,5%; S2 = 3,48%) y pH (S1 = 6,45; S2 = 6,07). Se aplicaron CuNPs y eCuNPs a concentraciones de 0, 10, 25, 50 y 100 mg/kg. Se evaluaron la disponibilidad de Cu en el suelo rizosférico, su acumulación en planta, el crecimiento vegetal y el contenido nutricional. Los resultados mostraron que las CuNPs incrementaron significativamente el Cu biodisponible, especialmente en el suelo con menor contenido en materia orgánica (S2), lo que sugiere una mayor movilidad y menor capacidad de retención. Por el contrario, las eCuNPs presentaron concentraciones más bajas y estables, indicando una liberación más controlada del metal. La biomasa vegetal fue limitada en S2 en todos los tratamientos, mientras que en S1 las CuNPs redujeron el crecimiento con el aumento de la dosis, evidenciando efectos de toxicidad. En cambio, las eCuNPs mantuvieron una respuesta más estable, con una menor biodisponibilidad del Cu. La acumulación de Cu se concentró principalmente en las raíces, con una translocación limitada a la parte aérea, manteniendo concentraciones por debajo de los límites fitotóxicos, especialmente en los tratamientos con eCuNPs. Por lo tanto, los resultados indican que la encapsulación en alginato puede modular la movilidad del Cu en el suelo, reduciendo su biodisponibilidad y toxicidad potencial en planta. Asimismo, las características del suelo, especialmente su contenido en materia orgánica, juegan un papel clave en estos procesos, condicionando la respuesta del cultivo a las CuNPs.

Palabras clave: nanopartículas de cobre, encapsulación, movilidad, biodisponibilidad, suelo-planta.

CARACTERIZACIÓN DE HORIZONTES ORGÁNICOS (OL y OF+OH) DE SUELOS DE BOSQUES DE ROBLE (*Quercus robur*) DE LA ZONA ATLÁNTICA DE GALICIA

A. Parente Sendín^{1,2*}, L. Acemel Míguez^{1,2}, A. Castro Prado^{1,2}, F. Alonso Vega^{1,2}, J.C. Nóvoa Muñoz^{1,2}

¹ Universidade de Vigo, Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias. Ourense, España

² Instituto de Agroecoloxía e Alimentación (IAA), Campus Auga, Universidade de Vigo. Ourense, España
*andrea.parente@uvigo.gal

RESUMEN

Los bosques caducifolios de roble (*Quercus robur*) constituyen la formación forestal natural más representativa de la región biogeográfica Atlántica. Las condiciones climáticas favorecen la presencia de horizontes orgánicos (O) en los suelos y aunque su papel como reservorios temporales de C y N es reconocido, apenas hay estudios que reflejen otras propiedades, alguna de ellas clave en el ciclo de nutrientes en suelos forestales. Este trabajo aporta información de propiedades químicas de horizontes orgánicos de suelos atendiendo a su grado de diferenciación (OL y OF+OH) a partir del análisis de 171 muestras de 30 parcelas de *Quercus robur* representativas del bosque de la zona Atlántica de Galicia. Los subhorizontes OL presentan un promedio de 464 y 17,3 g kg⁻¹ de C orgánico total y N total, respectivamente. La relación C/N (26-30) refleja una materia orgánica poco transformada dado su reciente aporte desde el dosel forestal. Estos subhorizontes son moderadamente ácidos (pH en agua 4,6–4,9) a pesar de que la suma de cationes básicos (SCB) extraídos con NH₄Cl 1M varía entre 36 y 47 cmol_c kg⁻¹ y muestra la secuencia: Ca>Mg>>K>>Na. En los subhorizontes OL+OH disminuye el contenido promedio de N (14,9 g kg⁻¹) y, especialmente, el de C (331 g kg⁻¹), mientras que la relación C/N media (22) indica una mayor transformación de la materia orgánica que en OL. El pH en agua de los subhorizontes OF+OH es ligeramente menor que los OL (4,5-4,7), también desciende el promedio de SBC (24 cmol_c kg⁻¹) aunque la secuencia de abundancia es similar a la de los OL.

A pesar de la disminución de C, N y cationes básicos, atribuible a su pérdida durante la descomposición y lixiviado, la mayor densidad de los subhorizontes OF+OH favorece que, por unidad de superficie, presenten un reservorio entre 3 y 5 veces mayor de K, Ca y Mg que los subhorizontes OL. Así, la transformación de la materia orgánica repercute en la dinámica biogeoquímica en estos ecosistemas forestales, con los subhorizontes OL+OH desempeñando un papel clave como almacén de nutrientes en los suelos de bosques caducifolios Atlánticos.

Palabras clave: suelos forestales, materia orgánica, reciclado.

ENMIENDAS ORGÁNICAS DE RESIDUOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE SUELOS CALCÁREOS MEDITERRÁNEOS

J. M. De la Rosa¹, G. Bárcenas-Moreno^{2*}, P. Campos¹, C. Rodríguez-López¹, J. Márquez-Moreno¹, S. Pérez-Dalí¹, Á. Sánchez-Martín¹, R. León¹, P. Souza³, A. Moreno³, A. Merino³, y J.A. González-Pérez¹

¹Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC), Sevilla, España

²Universidad de Sevilla, Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Sevilla, España

³Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSE), Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España

*Mail de contacto: gbarcenas@us.es

RESUMEN

La degradación del suelo representa uno de los principales retos para la agricultura en regiones mediterráneas, donde la intensificación agrícola ha provocado una disminución progresiva de la materia orgánica del suelo, deteriorando su estructura, reduciendo su fertilidad y aumentando la dependencia de fertilizantes minerales. En este contexto, la valorización de residuos orgánicos mediante su transformación en enmiendas agrícolas constituye una estrategia prometedora dentro del marco de la economía circular para restaurar la funcionalidad de los suelos y mejorar su capacidad de secuestro de carbono. Este estudio se desarrolló en la finca experimental La Hampa (IRNAS-CSIC), situada en Coria del Río (Sevilla), sobre suelos mediterráneos alcalinos, ricos en carbonatos, muy pobres en carbono orgánico y nutrientes, y con elevada susceptibilidad a la compactación, clasificados taxonómicamente como *Calcic Haploxerepts*. Se ensayaron diferentes enmiendas basadas en composts de restos de poda, digestatos procedentes de la digestión anaerobia de purines vacunos, biochars obtenidos a partir de alperujo de almazara y hueso de aceituna, así como distintas combinaciones entre estos materiales. El objetivo fue evaluar su influencia sobre propiedades clave en la calidad del suelo, incluyendo estructura, textura, porosidad, humedad, capacidad de retención de agua, cantidad y calidad de la materia orgánica, contenido en nutrientes, actividad microbiana y tasas de respiración del suelo. Los resultados mostraron que la aplicación de biochar incrementó significativamente el contenido de carbono estable en el suelo y mejoró la capacidad de retención de humedad. Asimismo, la aplicación conjunta de biochar con compost o digestato produjo efectos sinérgicos que favorecieron la mejora de las propiedades físicas del suelo, reduciendo la compactación y promoviendo una estructura edáfica más favorable para el desarrollo vegetal y la actividad microbiana. En conjunto, los resultados evidencian que el uso de enmiendas orgánicas obtenidas a partir de residuos constituye una estrategia eficaz para restaurar la calidad de suelos mediterráneos degradados, aumentar las reservas de carbono orgánico y promover el reciclaje de nutrientes en agroecosistemas, contribuyendo simultáneamente a los objetivos de sostenibilidad agrícola y bioeconomía circular.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por los proyectos RES2SOIL y AGRORES (PID2021-126349OB-C22 y PID2021-126349OB-C21) financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

Palabras clave: Calidad del suelo, agricultura circular, materia orgánica

METALES PESADOS EN LOS SUELOS URBANOS DEL SECTOR LLOBREGAT DE LA CIUDAD DE BARCELONA

E. Cortell¹, S. Mangas¹, N. Roca^{1*}

¹ Dept. Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Fac. de Biología, Universitat de Barcelona (Barcelona, España).
*nroca@ub.edu

RESUMEN

La urbanización de grandes áreas y las actividades industriales asociadas han causado graves problemas ambientales, incluyendo la contaminación del suelo por metales pesados. En el presente estudio, se han analizado parámetros básicos y la concentración de metales pesados totales y biodisponibles en tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm) de 37 suelos del Sector Llobregat de la ciudad de Barcelona. Se ha establecido el *background* y se han detectado los puntos contaminados utilizando los índices de Geoacumulación (Igeo) y Factor de Enriquecimiento (EF). Los límites superiores de la concentración del *background* (mg/kg) establecidos para los metales pesados totales son 18,3 (As), 8,5 (Cd), 14,5 (Co), 81,3 (Cr), 74,4 (Cu), 725,2 (Mn), 23,1 (Ni), 146,0 (Pb) y 228,1 (Zn). En cuanto a los puntos estudiados, el 27% están ligeramente contaminados con al menos un metal, el 5% están moderadamente contaminados y otro 5% están extremadamente contaminados. Las mayores anomalías de enriquecimiento en Cu, Pb y Zn se detectaron en una pequeña área entre edificios en el barrio de Sants que estuvo ocupada por una industria metalúrgica en el siglo XX. Otros puntos de enriquecimiento fueron el barrio de Les Corts (Pb y Cu) y, Ciutat Vella y Eixample con una ligera contaminación en Pb. Los límites superiores del *background* para metales biodisponibles (mg/kg) son 0,02 (As), 0,07 (Cd), 0,03 (Co), 0,009 (Cr), 4,7 (Cu), 5,6 (Fe), 0,3 (Mn), 0,4 (Ni), 2,1 (Pb) y 7,9 (Zn). Se muestran diferencias significativas según la profundidad en Mn y Fe, con valores más elevados en superficie. Un gran número de los suelos estudiados muestran una biodisponibilidad superior al límite establecido en el *background*, lo que podría indicar un riesgo de fitotoxicidad para las plantas. En los suelos no contaminados, el material geológico que los conforma condiciona la concentración de metales, con los valores más altos en los suelos pseudonaturales de la llanura aluvial de Barcelona. Se han detectado diferencias significativas en las concentraciones totales de Cr y Zn entre los suelos pseudonaturales de la ciudad de Barcelona y los Technosol, como consecuencia de los rellenos con material alóctono con contenidos más bajos en ambos metales.

Palabras clave: SUITMA, Technosol, Background.

LA RESTAURACIÓN DE LOS SUELOS EN LA GRAN MURALLA VERDE DEL SAHEL (MAURITANIA)

D. Gonzalo-Vaquerizo¹, M. Vieitez-García¹, N. Roca^{1*}

¹ Dept. Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Fac. de Biología, Universitat de Barcelona (Barcelona, España).
 *nroca@ub.edu

RESUMEN

El proyecto de la Gran Muralla Verde tiene como objetivo mitigar los efectos del calentamiento global mediante la creación de un cinturón vegetal a lo largo del continente africano. Para lograrlo, es esencial restaurar los suelos del Sahel, una de las regiones más degradadas y vulnerables al cambio climático. Este estudio busca caracterizar los suelos en los cuales se han aplicado diferentes tratamientos de restauración. Se muestrearon 4 lugares con tratamientos de estabilización de dunas (Amneidire, Oveivga, Tewmiyaa y Zamur) y otros 5 lugares con vallado y posterior reforestación (El Aiwej, Guimi, Krehimi, Oveivga, Logué-Potié). Se aplicaron tres índices de calidad del suelo (SQI): el índice de calidad aditivo simple (SQI-1), el índice de calidad aditivo ponderado (SQI-2) y el índice de calidad modelado estadísticamente (SQI-3). En las zonas de estabilización de dunas, los suelos se han clasificado como Eutric Protic Aeolic Arenosols con los siguientes rangos geoquímicos del background: pH (7,16-8,50), conductividad eléctrica -CE- (0,04-0,02 dS/m), capacidad de intercambio catiónico efectiva -CICe- (0,47-2,79 cmol+/kg), porcentaje de sodio intercambiable -PSI- (0,79-1,91), arena gruesa (45,1-91,8%), arena fina (13,1-42,3%) y arcilla (0,1-4,9%). En las planas aluviales, los suelos se han clasificado como Eutric Cambisols (Loamic y/o Ochric), Eutric Protic Aeolic Arenosols, y Mollic Sodic Solonchaks (Loamic, Chloridic) con los siguientes rangos geoquímicos de pH (6,89-8,93), CE (0,01-0,09 dS/m), CICe (1,77-12,37 cmol+/kg), PSI (<2,37), arena gruesa (1,9-61,7%), arena fina (20,2-65,7%) y arcilla (<17,4%). La composición mineralógica se caracteriza por la presencia de cuarzo como mineral dominante, micas como moscovita y sericita, algunos feldespatos como albita, anortita, ortoclasa y microclina y minerales arcillosos como caolinita, illita y vermiculita. El índice de calidad aditivo ponderado (SQI-2) y el índice de calidad modelado estadísticamente (SQI-3) son los más efectivos para reflejar las diferencias entre áreas restauradas y no restauradas. Si bien la presencia de factores limitantes, como la salinidad o el ESP, determinan la calidad de estos suelos. La evaluación determinó que, aunque no se detectaron mejoras significativas, sí se observaron mejoras notables en la textura y el contenido de carbono orgánico.

Palabras clave: Calidad del Suelo, SQI, protección de los suelos.

REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA EROSIÓN DEL SUELO Y LA VEGETACIÓN AFECTADA POR UN INCENDIO FORESTAL EN LA SIERRA DE FRANCIA (ESPAÑA) MEDIANTE RUSLE Y NDVI

L. Merchán^{1*}, R. Forján^{1,2}, A.M. Martínez-Graña³

¹Área de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, Universidad de Salamanca, Salamanca, España

²Grupo de Biogeoquímica Ambiental y Materias Críticas e INDUROT, Campus de Mieres, Universidad de Oviedo, Mieres, España

³Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos, 37008 Salamanca, España

*Mail de contacto: leticiamerchan@usal.es

RESUMEN

El estudio analiza los efectos de un incendio forestal ocurrido en 2022 en la Sierra de Francia (Salamanca) sobre el suelo y la vegetación, utilizando herramientas de teledetección (NDVI) y el modelo RUSLE para estimar la erosión. Los incendios forestales, cada vez más frecuentes por el cambio climático y el abandono rural, generan importantes impactos ambientales, como pérdida de suelo, disminución de materia orgánica, aumento de la escorrentía y emisión de gases de efecto invernadero, afectando tanto a los ecosistemas terrestres como acuáticos. La investigación se centra en una zona afectada de más de 8600 hectáreas, analizando una superficie representativa mediante muestreos de suelo antes y después del incendio. Se estudiaron propiedades físico-químicas como pH, materia orgánica y textura, observándose suelos ácidos característicos de umbrisoles, con predominio de textura franco-arenosa. Tras el incendio, se detectaron ligeras variaciones en estas propiedades, destacando cambios en la materia orgánica y una ligera acidificación. El modelo RUSLE permitió cuantificar la erosión, mostrando un incremento muy significativo tras el incendio: la pérdida máxima de suelo pasó de aproximadamente 1551 t/ha/año antes del evento a cerca de 4899 t/ha/año después. Este aumento se debe principalmente a la pérdida de cobertura vegetal, el incremento de la escorrentía y la mayor vulnerabilidad del suelo, especialmente en zonas con pendiente. El factor de cobertura vegetal (C) evidenció un empeoramiento notable, reflejando la reducción de la protección del suelo frente al impacto de la lluvia. Por su parte, el índice NDVI mostró una clara disminución de la actividad vegetal, con valores máximos que descendieron un 34% tras el incendio, indicando una recuperación lenta y desigual, más limitada en zonas altas y erosionadas. Aunque se observa cierta regeneración, esta es incipiente y dominada por vegetación herbácea. Finalmente, el estudio subraya la importancia de implementar medidas de restauración, como reforestación, control de la erosión y gestión sostenible del territorio. También destaca el valor de la cartografía detallada para identificar áreas críticas y priorizar actuaciones, contribuyendo a la recuperación de los ecosistemas y a la mitigación de la degradación del suelo.

Palabras clave: Conservación, Erosion, Incendio forestal, NDVI; RUSLE, Suelo.

RESPIRACIÓN MICROBIANA Y RETENCIÓN DE HUMEDAD EN CULTIVOS LEÑOSOS MEDITERRÁNEOS SEMIÁRIDOS CON CUBIERTA VEGETAL

C. Ruíz Sánchez¹, M.J. Navas², M. A. Jiménez-González¹, J.E. Herranz-Luque¹, M.J. Fernández-Alonso¹, J. P. Martín-Sanz³, J. González-Canales^{3,4}, B.E. Sastre³, M.J. Marques^{1*}

¹ Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

² Departamento de Química en Ciencias Farmacéuticas. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.

³ Departamento de Investigación Aplicada y Extensión Agraria. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario.

⁴ Escuela de Doctorado Universidad de Alcalá de Henares.

*Mail de contacto: mariajose.marques@uam.es

RESUMEN

Las cubiertas vegetales en cultivos leñosos han demostrado su potencial para reducir la erosión y mejorar la calidad del suelo. Sin embargo, los mecanismos que vinculan el manejo del suelo con la actividad microbiana, la disponibilidad de agua y los procesos de transformación del carbono orgánico del suelo (COS) no son bien conocidos. El objetivo de este trabajo es conocer si las cubiertas vegetales permiten una mayor estabilización del COS y una mejor conservación del agua. Se utilizan muestras (0–30 cm) de parcelas pareadas con cubierta vegetal y laboreo en cultivos leñosos situados en condiciones semiáridas en España (400–500 mm/año). Las muestras, secas al aire y tamizadas, se rehumectan hasta capacidad de campo, se incuban en condiciones controladas y se determina periódicamente la emisión de CO₂ como indicador de respiración microbiana, así como el contenido de humedad para evaluar su evolución temporal. Se estima la abundancia microbiana mediante marcadores moleculares para bacterias (gen 16S rRNA), hongos (ITS) y arqueas. Asimismo, se caracteriza la calidad de la materia orgánica mediante índices ópticos como E4/E6. Las muestras presentan un amplio gradiente de COS, entre <0.3 y 2 %, y de relación E4/E6 de la materia orgánica con valores entre 4 y 15. La biomasa vegetal aérea oscila entre inapreciable y 8 Mg ha⁻¹. Los marcadores moleculares indican también una elevada variabilidad en la abundancia microbiana, con valores de 16S bacteriano entre 3.0×10⁶ y 8.0×10¹¹, 16S de arqueas entre 2.1×10² y 2.1×10⁸ y genes ITS fúngicos entre 2.7×10⁴ y 8.1×10⁸ copias g⁻¹ de suelo. Esta variabilidad permitiría analizar las relaciones entre respiración, humedad y calidad del COS. Se plantea que las cubiertas vegetales, que favorecen una mayor respiración microbiana y mayor contenido de carbono lábil, también incrementarían las fracciones más estables de COS a través de un mayor procesamiento microbiano del carbono.

Agradecimientos: financiación del proyecto SANCHOSTHIRST, EJP-SOIL Grant Agreement 862695, Ministerio de Ciencia (MCIN/AEI/10.13039/501100011033); ayuda PRE2021-097966 y Fondo Social Europeo.

Palabras clave: carbono orgánico, microbiología del suelo, agroecosistemas mediterráneos.

SECUESTRO DE CARBONO POR CONVERSIÓN DE SUELO AGRÍCOLA A PARQUE FOTOVOLTAICO

F. Peregrina Alonso^{1,3*}, L. Cordera Fernández², D. Enciso Santacruz^{1,4}, A. B. Muñiz González¹, I. Mariscal Sancho^{1,3},

¹Departamento de Producción Agraria, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Avenida Puerta de Hierro 2, 28040, Madrid, España

²Escuela Superior de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Madrid, (UPM), C/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid, España

³ Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Ambientales (CEIGRAM), Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Paseo Senda del Rey 13, 28040. Madrid, España

⁴Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción (UNA), San Lorenzo 111421, Paraguay

*Mail de contacto: fernando.peregrina@upm.es

RESUMEN

Actualmente, los parques fotovoltaicos (PFV) están proliferando en suelos que antes estaban dedicados a cultivos agrícolas extensivos en España. Estos suelos, manejados mediante laboreo tradicional, presentan bajos niveles de materia orgánica. Después de finalizar el montaje de los PFV, el suelo se cubre de una cubierta vegetal espontánea (CVE), por la ausencia de laboreo. En algunos casos, como el estudiado, el desarrollo de esta CVE se controla mediante el pastoreo de ovejas. La ausencia de laboreo y los aportes de la CVE pueden incrementar el contenido de materia orgánica del suelo. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el posible incremento del C orgánico del suelo bajo los paneles fotovoltaicos, con una CVE pastoreada. El estudio se realizó en un PFV de la provincia de Toledo, ubicado en fincas agrícolas con cultivo extensivo desde al menos el año 1956. El material original es un glaciolítico de arenas y cantos, y el suelo se clasifica como Haploxeralf. En la primavera de 2025, seis años después de la instalación del PFV, se tomaron tres anillos de densidad aparente a las profundidades de 0-5, 5-10 y 10-15 cm, en tres zonas situadas bajo los paneles fotovoltaicos, y se tomaron muestras equivalentes de tres zonas en una finca contigua en cultivo desde 1956. En el laboratorio se determinó la densidad aparente, y los anillos de 0-5 cm se fraccionaron en 0-2,5 y 2,5-5 cm. Se analizó el C orgánico en las muestras compuestas de 0-2,5, 2,5-5, y 5-15 cm. Los resultados mostraron un incremento significativo del C orgánico de 0-2,5 cm en el suelo bajo los paneles ($1,22 \pm 0,34$ %) respecto del suelo cultivado ($0,76 \pm 0,14$ %). El suelo cultivado presentó menor densidad en los 0-5 cm. El incremento de C con PFV fue de $2,14 \pm 1,23$ Mg ha⁻¹, equivalente a una tasa anual de $0,36 \pm 0,21$ Mg ha⁻¹ año⁻¹. Por tanto, en condiciones climáticas mediterráneas, el abandono del laboreo agrícola tradicional de los suelos bajo PFV, combinado con una CVE pastoreada presenta tasas de secuestro de C similares a los cultivos extensivos con agricultura de conservación.

Palabras clave: stock de Carbono, usos de suelo, pastoreo de la cubierta vegetal.

ANÁLISIS DE GRADIENTES AMBIENTALES EN EL CRECIMIENTO DE *PINUS PINEA* EN EL DELTA DEL LLOBREGAT

M.A. Redañez¹, E. Gutiérrez¹, N. Roca^{2*}

¹ Sección de Ecología, Dept. Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Fac. Biología, Universitat de Barcelona (Barcelona, España)

² Laboratorio de Suelos, Dept. Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Fac. Biología, Universitat de Barcelona (Barcelona, España)

*nroca@ub.edu

RESUMEN

La productividad arbórea en paisajes áridos y salinos está controlada por las interacciones entre la profundidad y la calidad del agua subterránea, la salinidad del suelo a diferentes profundidades y la textura del suelo. Los Modelos Aditivos Generalizados (GAMs) ofrecen un enfoque flexible para identificar y modelar efectos no lineales e interactivos que a menudo quedan ocultos en los modelos tradicionales. Los objetivos de esta investigación fueron: (a) evaluar cómo los gradientes ambientales influyen en un Índice de Productividad Arbórea (TPI); (b) identificar los efectos clave individuales y de interacción entre los predictores; y (c) comparar GAM anidados para determinar el rendimiento y poder explicativo del modelo. Se estudiaron 54 árboles distribuidos a lo largo de un gradiente ambiental. Las variables predictoras incluyeron la profundidad del nivel freático (WT_{gw}), la conductividad eléctrica del agua subterránea (EC_{gw}), la conductividad del suelo (ECs) a tres profundidades (capa superficial, intermedia y subsuelo) y la textura. La variable de respuesta fue el primer componente principal (PCI), que refleja el desempeño general del árbol (altura, DBH, área de albura, etc.). Se aplicaron tres modelos: el Modelo 1 incluyó efectos univariados mediante suavizadores $s()$, el Modelo 2 añadió interacciones de grupo con productos tensoriales $te()$ y el Modelo 3 extendió el Modelo 2, aplicando la selección automática de términos ($select = TRUE$). El Modelo 3 obtuvo el mejor ajuste (R^2 ajustado = 0,86), identificando automáticamente los predictores más relevantes. Entre ellos, el contenido de arcilla tuvo un fuerte efecto positivo sobre el TPI, probablemente debido a una mejor retención de agua o capacidad amortiguadora. En contraste, WT_{gw} y EC_{gw} contribuyeron principalmente a través de la interacción, en lugar de como efectos independientes. Un hallazgo clave fue la interacción no lineal significativa entre las capas de salinidad del suelo. Específicamente, cuando la EC del subsuelo superó los $\sim 0,3$ dS/m, las combinaciones de salinidad moderada a alta en la capa superficial e intermedia produjeron fuertes efectos negativos en el TPI. Esto indica que el aumento de la salinidad profunda amplifica el impacto negativo de la salinidad de la capa superior en la productividad de los árboles.

Palabras clave: Aguas subterráneas, salinidad del suelo, modelos estadísticos.

EFFECTO DEL BIOCHAR SOBRE LA BIODISPONIBILIDAD Y LIXIVIACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS URBANOS CONTAMINADOS

J. Solis-Llerena¹, T. Sauras-Yera¹, N. Roca^{1*}

¹ Dept. Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Fac. de Biología, Universitat de Barcelona (Barcelona, España).
*nroca@ub.edu

RESUMEN

La aplicación de biochar es una de las tecnologías más prometedoras para la remediación de metales pesados (HM), ya que puede adsorber metales y reducir su biodisponibilidad y movilidad. Este estudio evaluó el efecto de la adición de biochar sobre la biodisponibilidad y la lixiviación de HM (Cd, Pb, Ni, Cu y Zn) a escala de laboratorio en dos suelos urbanos contaminados de Barcelona (Sants -S- y Clot -C-) a dos profundidades (capa superficial -T- y subsuperficial -S-) mezclados con cuatro dosis de biochar (0, 8, 12 y 20%) a lo largo de cinco ciclos de lixiviación, simulando una lluvia de 20 mm. Las dos profundidades de los suelos de Sants mostraron contaminación ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) por Pb (1655,6 y 722,26), Cu (1254,5 y 807,99) y Zn (3960,7 y 1921,46). Por el contrario, los suelos de Clot solo estaban ligeramente contaminados por Pb en el horizonte subsuperficial ($154,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Sants mostró alta biodisponibilidad para los tres HM con valores superiores a $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en ST. En contraste, solo CT presentó una biodisponibilidad relevante de Pb ($14,07 \pm 1,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). En ST, el tratamiento 0% biochar exhibió la mayor biodisponibilidad para todos los HM, mostrando diferencias significativas en comparación con los suelos enmendados con biochar. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en SS. En los suelos Clot la adición de biochar también redujo su biodisponibilidad, aunque no siempre significativamente. Después de cinco ciclos de lixiviación, los contenidos finales de Cu en las lixivaciones SS, CT y CS mostraron diferencias entre 0% de biochar y 20% de biochar. Sin embargo, no se observaron diferencias en los contenidos de Pb y Zn. El contenido final de Pb en los lixiviados de ST fue de $9,92 \pm 1,03 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en suelos con 0 % de biochar y de $7,77 \pm 2,01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ con un 20 % de biochar. El biochar tiene un efecto positivo en la inmovilización de HM, reduciendo su biodisponibilidad en estos suelos urbanos contaminados. Sin embargo, no se observa ningún efecto significativo en la retención de los HM estudiados, a excepción del Cu, en los lixiviados una vez aplicado el biochar.

Palabras clave: SUITMA, elementos traza, remediación.

EDUCACIÓN EN SUELOS: SENSIBILIZACIÓN Y DIFUSIÓN EN EDUCACIÓN EN SUELOS CON LOS ALUMNOS DEL INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO - CAMPUS MATÃO, BRASIL (2005-2006)

D.O. Alves^{1*}, H.P.L. Cordovil¹, L.D. Silva¹, L.C. Silva¹, D.C. Machado¹, F.S. Vasconcelos¹,
 A.R. Oliveira², A.A. Ribon³

¹ Departamento de Ciencias del Suelo, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Estado de São Paulo, Brasil.

² Instituto Federal de São Paulo - Campus de Matão, São Paulo, Brasil.

³ Universidad Brasil, Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil.

*deysiele.oliveira@unesp.br

RESUMEN

La educación en suelos gana solidez y espacio en el ámbito de la Sociedad Brasileña de Suelos (SBCS) y en diversas instituciones educativas, con la educación superior articulada con la educación básica en Brasil como puente de difusión. Los docentes implicados en esta temática se esfuerzan por difundirla, conscientes de que este recurso natural requiere el cuidado de todos. Este trabajo sintetiza las acciones realizadas en el Instituto Federal de São Paulo (IFSP) - Campus de Matão, Brasil (2005 a 2006). Los 40 alumnos atendidos pertenecen a la enseñanza secundaria técnica en Azúcar y Alcohol. Las actividades de sensibilización y difusión se organizaron en tres etapas. Primera: clases expositivas sobre la importancia del suelo, las tipologías y la clasificación de los suelos de São Paulo y Brasil, y presentación del proyecto "Bonequinhos da Terra". Segunda: actividades prácticas, como pintura con suelo, construcción de miniperfis de suelo, creación de "historias" sobre las clases de suelo, montaje de rompecabezas y uso de la plataforma Kahoot! Las dos últimas estrategias contribuyeron significativamente a la dinámica de las actividades y al conocimiento ofrecido. Tercera: cuestionario de evaluación en el que los alumnos valoraron y autorizaron el uso de los datos y fotografías. El análisis de los resultados mostró que las prácticas de sensibilización y difusión de la "Educación en Suelos" fueron consideradas satisfactorias por el 100% de los alumnos, debido a las múltiples posibilidades de internalización del conocimiento. Otro aspecto relevante fue la alineación de las actividades con los contenidos curriculares del ciclo formativo. Entre las prácticas más valoradas destacan el rompecabezas y el uso de Kahoot!, con 89% de aprobación. Los cómics y los miniperfis se expusieron en el patio de la institución, lo que facilitó la divulgación de la temática a la comunidad escolar. Por último, se considera positivo el uso de estas prácticas de la Educación en Suelos en los centros educativos, independientemente del nivel o modalidad de enseñanza, ya que los beneficios trascienden el contenido explícito de las actividades y se traducen en cambios futuros en las actitudes respecto al uso y conservación de este recurso natural.

Palabras clave: prácticas educativas, suelo en la escuela, recurso natural.

EFFECTO DE LODOS DE DEPURADORA VS FERTILIZANTES EN CARBONO ORGÁNICO Y DENSIDAD APARENTE DEL SUELO

L.D. Silva¹, F. S. Vasconcelos¹, D.C. Machado¹, L.C. Silva¹, D.O. Alves^{1*}, W.J. Melo^{1,2}, T.A.R. Nogueira¹

¹ Departamento de Ciencias del Suelo, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Estado de São Paulo, Brasil.

² Universidad Brasil, Descalvado, São Paulo, Brasil.

*deysiele.oliveira@unesp.br

RESUMEN

El uso de lodos de depuradora (LD) en la agricultura es una alternativa sostenible para mejorar la salud del suelo en regiones tropicales, donde la mineralización de la materia orgánica se acelera. Este estudio evaluó la influencia de 28 años de aplicación de LD sobre el contenido de carbono orgánico total (COT) y la densidad aparente de un suelo Hapludox típico, en Jaboticabal (Brasil). El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro tratamientos: fertilización mineral convencional (FMC) y tres dosis acumuladas de LD (120, 240 y 427 Mg ha⁻¹), con cinco repeticiones. Se analizaron muestras de suelo en cinco profundidades: 0 - 0,05 a 0,30 - 0,40 m. El COT se determinó por combustión seca y la densidad aparente por el método del cilindro volumétrico. Los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad, y se aplicaron ANOVA y Tukey ($p \leq 0,05$). Los resultados mostraron que en la capa superficial (0–0,05 m), el suelo con FMC presentó 16,5 g kg⁻¹ de C, mientras que los suelos con LD alcanzaron un promedio de 26,7 g kg⁻¹, lo que representa un incremento del 61%. En la capa de 0,20 - 0,30 m, la dosis de 427 Mg ha⁻¹ de LD resultó en 18,7 g kg⁻¹ de C, un valor 19% superior al de la FMC. La densidad aparente se redujo significativamente con la aplicación de LD. En la capa superficial, la dosis de 240 Mg ha⁻¹ de LD disminuyó la densidad en un 8% (1,10 Mg m⁻³) en comparación con la FMC (1,19 Mg m⁻³). En la capa de 0,10–0,20 m, la reducción alcanzó el 12%. Los niveles de metales pesados en el suelo permanecieron por debajo de los límites fijados por la legislación brasileña para suelos agrícolas, confirmando así la seguridad ambiental de esta práctica. La aplicación continua de LD durante 28 años demostró ser una estrategia eficiente para suelos tropicales, promoviendo un aumento significativo del COT y mitigando la compactación del suelo (reducción de la densidad aparente), con beneficios que se extienden hasta las capas subsuperficiales.

Palabras clave: biosólido, fertilidad del suelo, secuestro de carbono.

EFFECTO DE LOS LODOS DE DEPURADORA EN LA ACUMULACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

O.A. Sene¹, D.C. Machado¹, D.O. Alves^{1*}, W.J. Melo^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias del Suelo, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Estado de São Paulo, Brasil.

² Universidad Brasil, Descalvado, São Paulo, Brasil.

*deysiele.oliveira@unesp.br

RESUMEN

La producción global de lodos de depuradora (LD) sigue el ritmo del crecimiento poblacional y constituye un desafío ambiental importante. Este residuo es rico en materia orgánica (MO) y en nutrientes esenciales para las plantas. Una alternativa sostenible para la disposición de este residuo es su uso en la agricultura. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de 26 años de aplicación de LD sobre el contenido de MO en un suelo Hapludox típico. El experimento de campo se realizó en Jaboticabal, São Paulo, Brasil. El diseño experimental fue en bloques aleatorizados con cuatro tratamientos: fertilización mineral convencional (FMC) y tres dosis de LD (5, 10 y 20 Mg ha⁻¹ en peso seco), con cinco repeticiones. Los datos se sometieron a ANOVA y a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los contenidos de metales pesados en el suelo se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por la legislación brasileña para suelos agrícolas, lo que confirma la seguridad ambiental de la práctica en cuanto a este parámetro. Contrariamente a lo esperado, no hubo diferencias significativas en el contenido de MO entre los tratamientos ($p > 0,05$), a pesar de una tendencia al aumento en los promedios. Los valores oscilaron entre 18 y 26 g dm⁻³, por debajo del rango típico de 31 a 60 g dm⁻³ para suelos arcillosos. Se observó una reducción del contenido de arcilla en las dosis más altas de LD ($p < 0,01$). Otros autores también reportan que la MO derivada del LD no es acumulativa en algunos contextos. Una hipótesis para esta dinámica es que los metales pesados presentes en el LD, al volverse solubles debido a la reducción del pH causada por la aplicación de LD ($p < 0,001$), podrían haber formado especies reactivas capaces de oxidar complejos de ácido fúlvico, lo que promueve la lixiviación de la MO. Así, la aplicación prolongada de LD, aunque segura en cuanto a metales pesados, no aumentó las reservas de MO en este suelo tropical bajo las condiciones estudiadas.

Palabras clave: agricultura sostenible, fertilidad del suelo, residuos orgánicos.

MÉTODOS RÁPIDOS DE DETERMINACIÓN DE NITRATO EN EL SUELO

A. Lidón^{1*}, C. Lull¹, P. Varó², P.A. Martínez², F. Sánchez², M. Valero³, J.L. Iguacel³, V. Salabert³,
A.M. Cabanes³, I. Arnau³

¹ Instituto Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (IIAMA). Universitat Politècnica València (Valencia)

² CIFEA Torre Pacheco (Murcia)

³ CIPFP Vicente Blasco Ibáñez (Valencia)

*Mail de contacto: alidon@qim.upv.es

RESUMEN

El nitrógeno nítrico (N-NO_3^-) es un indicador clave para optimizar la fertilización nitrogenada en sistemas hortícolas intensivos, especialmente en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos como la Huerta de Valencia y el Campo de Cartagena–Torre Pacheco, donde la normativa vigente exige controles periódicos del nitrógeno disponible en el suelo. En este contexto, el presente trabajo evalúa la viabilidad de distintos métodos rápidos de determinación de nitratos frente a métodos analíticos de referencia, con el objetivo de facilitar su aplicación práctica en el seguimiento del nitrógeno mineral en campo. Se analizaron muestras de 32 suelos hortícolas representativos procedentes de parcelas de la Huerta de Valencia y de una parcela experimental en Torre Pacheco, incluyendo distintos cultivos y momentos del ciclo productivo para considerar la variabilidad y disponer de un amplio rango de concentración de nitrato en el suelo. Las extracciones se realizaron con agua destilada, CaSO_4 saturado y KCl 2M. Como métodos de referencia se emplearon el análisis por FIA con reducción en columna de cadmio y la espectrofotometría UV por segunda derivada, comparándose con métodos rápidos basados en electrodos selectivos de nitrato (Imacimus y Horiba) y reflectometría portátil (Reflectoquant®). Además, se evaluó la influencia del secado al aire de las muestras analizadas. Los suelos presentaron texturas entre franco-arenosas y franco-arcillosas y valores de pH entre 7,85 y 8,70. Las concentraciones de N-NO_3^- oscilaron entre 5 y 160 mg kg^{-1} en la Huerta de Valencia y entre 27 y 59 mg kg^{-1} en Torre Pacheco, evidenciando alta variabilidad espacial en la muestra analizada. Los extractos con CaSO_4 mostraron las mejores correlaciones con los métodos de referencia, destacando Reflectoquant® ($R^2 = 0,928$) e Imacimus ($R^2 = 0,8865$), mientras que Horiba presentó correlaciones moderadas ($R^2 = 0,7359-0,823$). La elevada concordancia entre muestras húmedas y secadas al aire ($R^2 = 0,9728$) confirmó la validez del pretratamiento. Los métodos rápidos evaluados constituyen herramientas fiables, económicas y operativamente eficaces para determinar el nitrógeno nítrico en suelos agrícolas, facilitando el cumplimiento normativo y la optimización de la fertilización nitrogenada en sistemas hortícolas intensivos en la zona mediterránea.

Agradecimientos: Trabajo financiado por las Ayudas a Proyectos de Innovación e Investigación Aplicadas y Transferencia del Conocimiento en Formación Profesional (2023), en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia – Next Generation EU (proyecto AINN23/00408-185) y con la colaboración y participación de alumnos de CFGM Operaciones de Laboratorio, CFGS Análisis de Laboratorio y Control de Calidad y CFGS Química y Salud Ambiental del CIPFP V. Blasco Ibáñez.

Palabras clave: electrodo selectivo, reflectometría, hortícolas.

EFFECTO A CORTO PLAZO DEL MULCHING EN LA REDISTRIBUCIÓN POST-INCENDIO DE CARBONO

E. Gómez-Gombao^{1*}, C. Fernández², C. Santín¹, R. Bolaños¹, M. Martins³, A. Girona-García¹

¹ Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (IMIB), CSIC-Universidad de Oviedo-Principado de Asturias

² Misión Biológica de Galicia (MBG), CSIC

³ Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro

*Mail de contacto: e.gomez@csic.es

RESUMEN

El fuego es un factor inherente y recurrente en los ecosistemas mediterráneos, cuya frecuencia y severidad se han visto incrementadas en las últimas décadas debido en mayor medida al cambio climático y a la creciente presión antrópica. Estas perturbaciones alteran profundamente la funcionalidad del suelo, aumentando su vulnerabilidad frente a la erosión y favoreciendo la movilización de carbono orgánico del suelo (COS). En este contexto, la aplicación de tratamientos de emergencia post-incendio resulta fundamental para reducir la degradación edáfica y preservar los servicios ecosistémicos. Así, el objetivo de este trabajo es evaluar, a corto plazo, el efecto del mulching como tratamiento post-incendio sobre la erosión del suelo y la dinámica del COS durante los primeros seis meses post-incendio.

Para ello, se seleccionó una ladera homogénea quemada con alta severidad dentro de la zona catalogada como Bien de Interés Cultural de las Médulas, afectada por el incendio de Yeres de 2025 (León, España) que alcanzó una extensión de más de 11.000 hectáreas. Para cuantificar la erosión, se instalaron 18 parcelas tipo *sediment fence* (2x8m) en diferentes posiciones de la ladera (6 en la parte alta, 6 en la media, y 6 en la baja), y en 9 (3 por posición) de ellas se aplicó un tratamiento con mulch de paja (240g/m²). Paralelamente, se delimitaron 18 parcelas destructivas adyacentes para el muestreo de suelos con (9) y sin (9) mulch. En las muestras de suelo y sedimentos (recogidos mensualmente), se determinó el contenido en C, así como las fracciones de Carbono Orgánico Particulado (COP) y el Carbono Orgánico Asociado a Minerales (COAM) lo que permite evaluar su grado de estabilidad.

Este estudio aportará información relevante sobre la eficacia del mulching como medida de gestión post-incendio a corto plazo, y mejorará la comprensión del papel de la erosión en la redistribución del carbono en ecosistemas afectados por incendios forestales.

Palabras clave: erosión, COAM, COP.

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS TASAS DE EMISIÓN DE CO₂ DEL SUELO EN VIÑEDOS BAJO DIFERENTES MANEJOS

M.A. Jiménez-González^{*1}, A.M. Torres-Ramírez¹, M.J. Fernández-Alonso¹, P. Carral¹,
C. García-Delgado¹, J. Emilio Herranz-Luque¹, C. Hontoria², I. Mariscal², S. Sánchez-Élez³,
M.J. Marqués¹

¹ Universidad Autónoma de Madrid (UAM), Madrid, España.

² Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, España.

³ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Madrid, España.

*Mail de contacto: marco.jimenez@uam.es

RESUMEN

Los viñedos en España constituyen un sector económico de gran relevancia, junto con el olivar. El avance del cambio climático y la creciente frecuencia de eventos climáticos extremos están intensificando los procesos de degradación del suelo, especialmente en las regiones mediterráneas, donde estos fenómenos son más acusados. En estas regiones, los agricultores se enfrentan a importantes pérdidas anuales de suelo, lo que hace fundamental la adopción de estrategias de conservación. Entre estas estrategias, el uso de cubiertas vegetales se ha consolidado como una de las prácticas más empleadas para proteger el suelo frente a la erosión. Además, contribuye a mejorar diversas propiedades fisicoquímicas, como la estructura, la retención de agua, el contenido de materia orgánica y, en el caso de cubiertas de leguminosas, el contenido de nitrógeno. Estos efectos suelen reflejarse en un aumento de la actividad microbiana del suelo, favoreciendo su desarrollo e incrementando la biodiversidad, la cual se considera un indicador de la calidad o salud del suelo. No obstante, el uso de cubiertas vegetales también puede presentar inconvenientes, como la competencia con el cultivo por los recursos hídricos. Este aspecto resulta especialmente relevante en regiones con frecuentes periodos de escasez de agua, como el caso de las regiones mediterráneas. Por todo ello, resulta necesario evaluar cómo podrían afectar distintos sistemas de manejo del suelo a los cultivos ante un posible incremento de la temperatura en el futuro. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el efecto de un aumento de 1,5 °C en la tasa de respiración del suelo bajo dos tipos de manejo: con cubierta vegetal y con laboreo tradicional, en dos variedades de vid, Airén y Tempranillo. Para ello, se instalaron cámaras de calentamiento con el fin de incrementar la temperatura en 1,5 °C en su interior, junto con un sistema de monitorización de la temperatura y la humedad tanto del suelo como de la atmósfera. Se realizó un seguimiento de la tasa de respiración del suelo, observándose diferencias entre los tratamientos, lo que pone de manifiesto que el manejo del suelo puede ser un factor clave para el ciclo del carbono ante escenarios de aumento de temperatura.

Palabras clave: cubiertas vegetales, cambio climático, viñedo, respiración del suelo, calidad del suelo.

UNA CATENA DE SUELOS “OPEN ACCESS” EN EL SOMONTANO DE HUESCA

D. Badía-Villas^{1*}, L. Laorden-Camacho², Jesús Guerrero-Iturbe¹, J.M. Samsó-Escolà

¹ EPS Huesca, Universidad de Zaragoza, España

² Universidad de Innsbruck, Austria

*badia@unizar.es

RESUMEN

En la docencia de las Ciencias del Suelo la caracterización de perfiles edáficos es una herramienta que permite observar cambios de múltiples características e inferir otras desde los horizontes más superficiales a los más profundos. Además, pueden deducirse los procesos de formación a través de rasgos morfológicos, los cuales, con la ayuda de los datos analíticos, confirmarán horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico con los que clasificar los suelos. Sin embargo, no siempre resulta fácil disponer de perfiles para mostrar al alumnado de Edafología. Por ello, en este trabajo, se describen una serie de perfiles de suelos a lo largo de una catena en el somontano de las Sierras Exteriores del Pirineo Central, en la comarca de la Hoya de Huesca. Todos los perfiles pueden observarse (“open access”) al disponerse en cortes de caminos o incisiones de barrancos, siendo posible identificar su horizonación, sus principales rasgos morfológicos y plantear su clasificación tentativa, en campo. Los perfiles estudiados se han desarrollado sobre diferentes materiales (areniscas, margas y evaporitas del Mioceno; además de depósitos detríticos cuaternarios) en diferentes geoformas (laderas pendientes, glacis, terrazas...). El clima se caracteriza por una TAM de 13, 1 °C y una PAM de 550 mm. La vegetación natural en laderas pendientes (carrascales, coscojares, lastonares) da paso a cultivos mediterráneos de secano, en glacis y terrazas (almendros, olivos, cereal de invierno). Todos los perfiles presentan carbonatos primarios (material calcárico), siendo también muy frecuentes los carbonatos secundarios en las geoformas más estables, acumulándose subsuperficialmente sea en forma de pseudomicelios o cemento geopetal (horizonte cálcico) o de forma masiva y cementada (horizonte petrocálcico, localmente denominado mallacán). Raramente se localizan pseudomicelios de yeso secundario pero sí yeso primario (material gipsífero). Entre los horizontes superficiales, solo bajo cubierta forestal se identifican horizontes mólicos. En los perfiles de las laderas se distinguen con frecuencia discontinuidades líticas, evidenciadas por bruscos cambios en la proporción y naturaleza de los elementos gruesos (material solimóvico). Con la observación de esa catena se identifican cuatro grupos de suelos de referencia WRB (IUSS, 2022): Calcisols, Cambisols, Kastanozems y Regosols.

Palabras clave: perfiles, morfología, docencia.

EROSIÓN EÓLICA COMO VÍA DE DISPERSIÓN DE METALES EN UN ÁREA MINERA SEMIÁRIDA MEDITERRÁNEA

A. Aguilar-Garrido^{1*}, J. Álvarez-Rogel¹, J.J. Martínez-Sánchez¹, H.M. Conesa¹,
M. Nazaret González-Alcaraz¹

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena miembro de European University of Technology EUT+, 30203 Cartagena, España

*Mail de contacto: antonio.aguilarg@upct.es

RESUMEN

La erosión eólica es un proceso clave en la dispersión de contaminantes en ambientes semiáridos, donde la baja cobertura vegetal y la elevada sequedad del suelo favorecen el transporte de partículas por el viento. Este fenómeno es especialmente relevante en áreas mineras con abundancia de depósitos de residuos mineros abandonados ricos en metales y metaloides, particularmente en ausencia de actuaciones de restauración. Este trabajo, enmarcado en el proyecto europeo SOILPROM, aborda la erosión eólica como vía de dispersión de metales y metaloides en el antiguo distrito minero de la Sierra de Cartagena-La Unión (SE España), intensamente afectado por minería de sulfuros. La zona de estudio se sitúa en una superficie llana (~0,45 ha) en el delta de la Rambla del Beal, donde se han acumulado durante décadas miles de toneladas de residuos mineros ricos en metales y metaloides procedentes de las partes altas de la sierra. El clima es semiárido mediterráneo, con precipitación media ~ 300 mm año⁻¹ y más de 30 días/año con rachas de viento > 55 km h⁻¹, condiciones que favorecen la emisión de material particulado. Se instalaron dos grupos de cinco mástiles, uno en cada extremo de la parcela, con captadores tipo BSNE (Big Spring Number Eight) a cinco alturas (25, 50, 75, 100 y 150 cm), abarcando los regímenes de viento predominantes (Lebeche – SO y Levante – E/NE). Los captadores se vaciaron quincenalmente durante el verano de 2025 y la primavera-verano de 2026 para cuantificar el polvo recogido y analizar su granulometría y contenido en metales y metaloides. Los resultados mostraron concentraciones elevadas de metales y metaloides en el polvo (mg kg⁻¹; Zn ~ 9500, Pb ~ 8000, As ~ 213, Cd ~ 29), con predominio de la fracción limo en todas las alturas. Se observó además una diferenciación en la composición según el régimen de viento, con valores generalmente superiores y mayor variabilidad bajo condiciones de Levante. Estos resultados evidencian el papel de la erosión eólica en la dispersión de metales y metaloides en sistemas mineros semiáridos y proporcionan una base experimental para la modelización del transporte atmosférico (MicroHH) y la evaluación del riesgo ambiental.

Agradecimientos: SOILPROM está financiado por la Unión Europea en el marco del acuerdo de subvención n.º 101156589 (<https://soilprom.eu/>). Las opiniones y puntos de vista expresados corresponden exclusivamente a los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la Agencia Ejecutiva Europea de Investigación (REA). Ni la Unión Europea ni la autoridad financiadora pueden ser considerados responsables de los mismos.

Palabras clave: viento, residuos mineros, transporte.

CARACTERIZACIÓN EDÁFICA DE DEPRESIONES INTRADUNARES HÚMEDAS EN LA COSTA DA MORTE: BASES PARA SU CONSERVACIÓN

X. Pontevedra-Pombal^{1*}, S. Torre¹, E. García-Rodeja¹

1: GEMAP research group, Departamento de Edafología e Química Agrícola, Facultade de Bioloxía, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galiza.

2: Centro de Investigación Interuniversitario das Paisaxes Atlánticas Culturais (CISPAC), Edificio Fontán, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galiza.

*Mail de contacto: xabier.pombal@usc.gal

RESUMEN

Las depresiones intradunares húmedas (THIC 2190) son cubetas intradunares condicionadas por la oscilación del nivel freático, con elevada especialización ecológica y una marcada dependencia de la dinámica hidrológica y sedimentaria del sistema de dunas. En Galicia este hábitat, que ocupa unas 80 ha, presenta una amplia representación en numerosos sistemas dunares y en espacios integrados en la Red Natura 2000. En la ZEC Costa da Morte, su protagonismo es particularmente relevante. Sin embargo, su conocimiento se ha sustentado principalmente en inventarios botánicos y en referencias faunísticas puntuales, mientras que la dimensión edáfica, fundamental para explicar su funcionalidad y persistencia, apenas ha sido abordada y, en términos generales, ha quedado reducida a clasificaciones muy genéricas como *Entisols*.

Este trabajo sintetiza la caracterización de cuatro perfiles de suelo correspondientes a depresiones intradunares de los sistemas litorales de Traba, O Trece y O Rostro. Los resultados identifican suelos clasificados como *Arenosols calcáricos éutricos*, con texturas predominantemente arenosas, escasa estructuración, elevada porosidad intersticial, acumulación superficial de materia orgánica (Corg: 4,29±2,1), pH básico (8,5±0,5), baja conductividad eléctrica (652±306 μS/cm) y condiciones reductoras (-172 a -20 mV). El predominio de Ca²⁺ en el extracto de saturación (122±88 mg/L) y el contenido apreciable de CO₃Ca_{eq} en el suelo (18,3±7 %) ponen de manifiesto la importancia del material calcáreo y de la hidrología somera en la génesis y funcionamiento de estos suelos.

En conjunto, los resultados muestran que estas depresiones húmedas deben interpretarse no solo como unidades florísticas singulares, sino como sistemas hidroedáficos complejos cuya conservación depende del mantenimiento de la topografía del sistema dunar, la dinámica natural del freático, la calidad del agua y la conectividad funcional con el sistema dunar en su conjunto. Por ello, la gestión y conservación del hábitat 2190 en la Costa da Morte debe incorporar variables edáficas e hidrogeoquímicas en los protocolos de diagnóstico, seguimiento y restauración.

Palabras clave: depresión Intradunar húmeda, arenosols, conservación hidroedáfica.

PROYECTO SIMULATE: RESPUESTA AL CALENTAMIENTO DE DEPÓSITOS MINEROS METALÍFEROS EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS

I.I. Skarmeta-Jiménez^{1*}, J. Álvarez-Rogel¹, J.J. Martínez-Sánchez¹, M. Ceacero-Moreno¹,
A. Aguilar-Garrido¹, R. Juan-Ovejero², S. Peixoto³, M. Nazaret González-Alcaraz^{1*}

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena Miembro de la European University of Technology EUT+, 30203 Cartagena, España.

² Departamento de Ecología y Biología Animal, Universidad de Vigo, 36310 Vigo, España.

³ CESAM-Centre for Environmental and Marine Studies & Departamento de Biología, Universidad de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal.

*Mail de contacto: isabel.skarmeta@upct.es; nazaret.gonzalez@upct.es

RESUMEN

Los depósitos de residuos mineros metalíferos constituyen algunos de los entornos terrestres más difíciles de colonizar por la biota debido a sus elevadas concentraciones de metales, la escasez de materia orgánica y nutrientes y, a veces, valores extremos de pH y alta salinidad. Las estrategias convencionales de restauración se basan en su sellado cubriéndolos con material edáfico limpio y la revegetación, pero su sostenibilidad ha sido cuestionada en regiones áridas y semiáridas. Como alternativa, el fitomanejo, basado en el crecimiento directo de plantas sobre los residuos mineros, se plantea como una opción capaz de promover sistemas suelo-planta funcionales. Este proceso ocurre de forma natural mediante la colonización espontánea de depósitos abandonados, y su estudio permite evaluar el potencial del fitomanejo como estrategia de restauración. Sin embargo, aún se conoce poco sobre cómo estos sistemas, tanto los restaurados convencionalmente como los colonizados espontáneamente, responden al calentamiento global. El proyecto SIMULATE (PID2023-147960OB-I00) tiene como objetivo evaluar cómo y en qué medida los depósitos mineros restaurados mediante técnicas convencionales (sellado y revegetación) y los colonizados espontáneamente en áreas semiáridas mediterráneas responden al calentamiento, en comparación con suelos naturales circundantes. Para ello, se simulan condiciones de calentamiento en campo mediante la instalación de open-top chambers (OTCs) en zonas de matorral. El efecto invernadero generado en el interior de las OTCs incrementa la temperatura del aire y del suelo, aumentando la evapotranspiración y el estrés hídrico. Durante dos años se monitorizan, dentro y fuera de las OTCs, parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo relacionados con su funcionalidad, considerando la variabilidad estacional (p. ej., emisión de CO₂, descomposición de la materia orgánica, actividad enzimática, actividad metabólica microbiana y composición filogenética, actividad alimentaria de invertebrados y estructura de comunidades de microartrópodos). Asimismo, se realizan bioensayos ecotoxicológicos bajo condiciones controladas que reproducen los tratamientos de calentamiento en campo. SIMULATE generará conocimiento sobre la sensibilidad de los sistemas suelo-planta en depósitos mineros frente al calentamiento global y contribuirá a evaluar el interés del fitomanejo para la restauración. Los resultados ayudarán a mejorar la planificación, gestión y restauración de ambientes contaminados en regiones semiáridas bajo escenarios climáticos actuales y futuros.

Palabras clave: restauración de suelos; funcionalidad; ecotoxicología.

RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE SUELOS EN DEPÓSITOS MINEROS RESTAURADOS Y COLONIZADOS POR VEGETACIÓN NATIVA

M. Ceacero-Moreno^{1*}, J. Álvarez-Rogel¹, J.J. Martínez-Sánchez¹, M. Nazaret González-Alcaraz¹

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena Miembro de la European University of Technology EUT+, 30203 Cartagena, España.

*Mail de contacto: matias.ceacero@upct.es

RESUMEN

Los depósitos de residuos mineros metalíferos constituyen un importante problema ambiental y dificultan la colonización por la biota debido a sus condiciones extremas (elevadas concentraciones de metales y sales, escasez de materia orgánica y nutrientes). Las estrategias convencionales de restauración, basadas en el sellado mediante cubrición con suelo limpio y la revegetación, presentan elevados costes y pueden generar ecosistemas con limitada sostenibilidad a largo plazo, especialmente en regiones (semi)áridas. Como alternativa, el fitomanejo, en particular la fitoestabilización, se basa en la capacidad de determinadas plantas para establecerse directamente sobre los residuos mineros, reducir la movilidad de contaminantes y mejorar la funcionalidad edáfica. Dado que la restauración busca minimizar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente a largo plazo, resulta esencial comprender cómo responden los suelos de estos depósitos al cambio climático.

En este estudio se evaluaron los efectos del cambio climático sobre la funcionalidad de suelos procedentes de dos depósitos mineros: uno restaurado mediante cubrición y repoblación con pino, y otro abandonado y colonizado espontáneamente por vegetación nativa. Los suelos se recolectaron en el distrito minero de La Unión-Sierra de Cartagena (SE de España) y se muestrearon bajo arbustos y pinos. Posteriormente, se incubaron durante cuatro meses en cámaras climáticas, simulando condiciones de primavera y verano, bajo tres escenarios: clima actual y calentamiento moderado e intenso. Se analizaron indicadores fisicoquímicos y biológicos del suelo, incluyendo actividades enzimáticas, biomasa y composición microbiana, y mineralización de C y N.

Los resultados mostraron que la respuesta del suelo varió según el escenario climático y estuvo modulada por la historia de gestión y la cubierta vegetal. La biomasa microbiana y las actividades enzimáticas fueron especialmente sensibles, con cambios más acusados en los suelos del depósito restaurado. En cambio, los suelos del colonizado mostraron mayor estabilidad, lo que sugiere una mayor resiliencia. Además, la riqueza bacteriana disminuyó con el calentamiento, mientras que la diversidad funcional aumentó en los suelos del depósito colonizado. Estos resultados subrayan la necesidad de integrar el cambio climático en la gestión de depósitos mineros y promover estrategias basadas en la naturaleza que favorezcan la estabilidad funcional del suelo.

Palabras clave: contaminación metálica; escenarios climáticos; funcionalidad edáfica.

VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS LOCALES PARA LOGRAR UNA VITICULTURA RESILIENTE: PROYECTO INTERREG SUDOE VITI-VALMO

C. J. Fariña-Martínez^{1,2*}, M. Broin⁴, D. Fernández-Calviño^{1,2}, M. Conde-Cid^{1,2,3}

¹ Área de Edafología e Química Agrícola, Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo, As Lagoas s/n, 32004 Ourense, España.

² Instituto de Agroecología e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, 32004 Ourense, España.

³ REQUIMTE/LAQV, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal.

⁴ Agropolis International, F-34094 Montpellier, Francia.

*Mail de contacto: carlosjoel.farina@uvigo.es

RESUMEN

La actividad vitivinícola desempeña un papel clave en el Sudoeste Europeo (espacio SUDOE), principal región productora de vino a nivel mundial. Sin embargo, este sector se enfrenta a importantes desafíos, como la degradación del suelo, el cambio climático y la gestión ineficiente de residuos orgánicos, donde la quema in situ de cepas arrancadas genera emisiones netas de gases de efecto invernadero. En este contexto, el proyecto VITI-VALMO (2025-2028) tiene como objetivo avanzar hacia un modelo de economía circular mediante la implementación de soluciones prácticas basadas en la naturaleza que favorezcan la sostenibilidad de estos agroecosistemas. La metodología se fundamenta en la valorización de estos pasivos lignocelulósicos (cepas de vid) mediante su transformación *in situ* en biocarbón, empleando un horno móvil de bajo coste y tecnología sencilla. Este sistema permite cerrar el ciclo productivo vitivinícola, mitigando el impacto logístico y las emisiones derivadas del transporte o la quema convencional de residuos. Se espera que el biocarbón obtenido mejore propiedades clave del suelo, especialmente la capacidad de retención hídrica y el secuestro de carbono. El diseño experimental comprende ensayos de campo en tres viñedos localizados en España, Francia y Portugal, abarcando distintas condiciones edafoclimáticas representativas del espacio SUDOE. Se evaluará el efecto del biocarbón, tanto de forma aislada como en co-aplicación con compost local, sobre la funcionalidad del suelo. Tras las campañas de 2026 y 2027, se analizarán parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo, así como el estado fisiológico de la vid y la calidad de la uva. De forma complementaria, se llevarán a cabo ensayos de incubación en condiciones controladas utilizando nueve suelos adicionales con características contrastadas, con el fin de ampliar la representatividad pedoclimática del estudio. Los resultados esperados contribuirán a mejorar la sostenibilidad de la viticultura en la región SUDOE mediante la valorización de residuos orgánicos locales, la reducción de la huella de carbono y la disminución de la dependencia de fertilizantes de síntesis química. Asimismo, proporcionarán una base científica para la adopción del biocarbón como herramienta de manejo, favoreciendo la adaptación al cambio climático y el aumento de la resiliencia de los sistemas vitivinícolas.

Palabras clave: biocarbón, viñedo, economía circular.

ADSORCIÓN DEL FUNGICIDA BOSCALID EN SUELOS DE VIÑEDO

C. J. Fariña-Martínez^{1,2}, M. Arias-Estévez^{1,2*}, D. Fernández-Calviño^{1,2}, M. Conde-Cid^{1,2,3}

¹ Área de Edafología e Química Agrícola, Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo, As Lagoas s/n, 32004 Ourense, España.

² Instituto de Agroecología e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, 32004 Ourense, España.

³ REQUIMTE/LAQV, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal.

*Mail de contacto: mastevez@uvigo.es

RESUMEN

El boscalid (BSC) es un fungicida sistémico del grupo de las piridincarboxamidas empleado ampliamente en viñedos para el control de *Botrytis cinerea*. Tras su aplicación, una fracción significativa alcanza el suelo, donde su destino ambiental depende en gran medida de su grado de adsorción a las partículas edáficas. Este proceso condiciona su movilidad, biodisponibilidad y persistencia, con posibles implicaciones ecológicas y para la salud humana. En este estudio se evaluó la adsorción en equilibrio del BSC en cuatro suelos de viñedo con distintas propiedades fisicoquímicas mediante ensayos tipo *batch*. Cada suelo se puso en contacto con disoluciones de BSC a diferentes concentraciones (0,25 - 7,5 μM) durante 24 h de agitación. Tras este periodo, la fase acuosa se analizó por HPLC-UV para cuantificar la fracción adsorbida. Con estos datos se construyeron las curvas de adsorción y se ajustaron a los modelos lineal y de Freundlich. Las curvas obtenidas fueron de tipo Giles-C, indicando un reparto constante del fungicida entre la fase sólida y la disolución, propio de compuestos hidrofóbicos como el BSC. La afinidad del compuesto varió significativamente entre suelos, con porcentajes de adsorción entre el 31,6 y el 84,6 % para la concentración más alta, en concordancia con los valores del coeficiente de partición ($K_d = 4,2 - 53,9 \text{ L kg}^{-1}$) y del coeficiente de afinidad de Freundlich ($K_F = 6,6 - 56,8 \text{ L}^n \mu\text{mol}^{1-n} \text{ kg}^{-1}$), que reflejaron una afinidad moderada hasta relativamente baja y sugieren potencial de movilidad en los casos con menores valores. Ambos modelos describieron adecuadamente los datos, con coeficientes de determinación (R^2) superiores a 0,91 en todos los casos. El índice de linealidad de Freundlich ($n = 0,75-0,98$) fue cercano a la unidad, indicando un comportamiento de la adsorción cercano a la linealidad. Tanto K_d como K_F se correlacionaron positiva y significativamente con el contenido en carbono orgánico ($r = 0,996$ y $0,998$; $p < 0,01$), evidenciando el papel clave de la materia orgánica del suelo en la retención del BSC. No obstante, se recomienda ampliar el rango de suelos estudiados para confirmar estos resultados.

Palabras clave: boscalid, adsorción, suelos de viñedo.

MICROPLÁSTICOS BAJO DIFERENTES USOS DEL SUELO: RESULTADOS PRELIMINARES EN SUELOS DE GALICIA

V. Lalín Pousa^{1,2}, P. Pérez-Rodríguez^{1,2}, A. Gómez-Armesto^{1,2,3}, V. Sánchez-Navarro^{4,5}, R. Zornoza^{4,5}, D. Fernández-Calviño^{1,2}, A. Rodríguez-Seijo^{1,2}

¹ Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Edificio Politécnico-As Lagoas s/n, Universidade de Vigo, 32004 Ourense, Spain

² Instituto de Agroecología e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, Ourense, España

³ REQUIMTE/LAQV, Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal

⁴ Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena, Spain

⁵ Instituto de Biotecnología Vegetal (IBV), Campus Muralla del Mar, Edificio I+D+I, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202 Cartagena, Spain

*Mail de contacto: vanesa.lalin@uvigo.es

RESUMEN

El uso de los plásticos se intensificó desde mediados del siglo XX principalmente debido al desarrollo de la mayoría de los polímeros, elevada versatilidad y bajo coste. Como consecuencia, la contaminación asociada a estos se ha convertido en un problema ambiental global, principalmente debido a su uso masivo, a la elevada producción y a la deficiente gestión de los residuos. Los suelos representan uno de los principales compartimentos afectados, ya que en ellos pueden acumularse grandes cantidades de microplásticos (partículas < 5 mm) procedentes tanto de fuentes primarias como de la fragmentación de plásticos de mayor tamaño. Estas partículas pueden dispersarse fácilmente y causar efectos negativos en los ecosistemas. Pese a esto, los estudios existentes se han centrado únicamente en los sistemas acuáticos o en los sedimentos, y hay muchos menos para suelos, en general con usos de suelo o intensidades similares. En este estudio se recolectaron muestras de suelos de la provincia de Ourense, considerando cinco usos y 3 intensidades de manejo (alta, media o baja): urbano, agrícola, minero, seminatural y forestal, dentro del proyecto BIOservicES. En total, se seleccionaron 150 puntos de muestreo siguiendo la metodología LUCAS (0-20 cm de profundidad). Las muestras fueron procesadas mediante tamizado a 5 mm. Las muestras se extraen por densidad con soluciones saturadas de NaCl y K₂CO₃, seguido de diversas centrifugaciones y filtración mediante filtros de fibra de vidrio de 47 µm. Además, la materia orgánica del extracto se digiere con H₂O₂ al 30%. Posteriormente, son identificadas mediante microscopía óptica y ATR-FTIR. Los resultados preliminares muestran que más del 75% de las muestras analizadas presentan microplásticos (< 1 mm) y/o mesoplásticos (> 5 mm), con hasta 4400 partículas por kg de suelo, principalmente en zonas urbanas y agrícolas. Las fibras constituyeron el tipo de microplásticos predominante (>85%). Además, se pueden observar diferencias entre las distintas intensidades a estudiar, generalmente en zonas más antrópicas, aunque también se pueden encontrar en áreas seminaturales o más alejadas de posibles fuentes y forestales, por lo que esto indica la distribución ubicua de los microplásticos.

Agradecimientos: BIOservicES es un proyecto financiado por el Horizonte Europa (acuerdo 101112374).

Palabras clave: microplásticos, actividad antropogénica, fibras.

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDOS DE HIERRO DE SÍNTESIS VERDE PARA LA RETENCIÓN DE GLIFOSATO EN SUELOS

M. Conde-Cid¹, C. Pérez-Novo^{2*}, P. Paíga¹, C. Delerue-Matos¹

¹ REQUIMTE/LAQV, ISEP, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal

² Centro de Apoio Científico e Tecnológico á Investigación (CACTI), Universidade de Vigo, Edificio Campus Auga, 32004, Ourense, Spain

*Mail de contacto: cperezn@uvigo.gal

RESUMEN

El glifosato (GLY) es el herbicida más utilizado a nivel mundial en agricultura para el control de malas hierbas. Tras su aplicación foliar, una fracción significativa alcanza el suelo, donde los procesos de adsorción y desorción sobre los coloides edáficos determinan su biodisponibilidad y movilidad y, en consecuencia, sus posibles riesgos para la salud humana y ecológica.

La adsorción de GLY en suelos varía ampliamente en función de sus propiedades fisicoquímicas, observándose una mayor retención en suelos ácidos y ricos en óxidos e hidróxidos de Fe y Al. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad de nanopartículas de óxidos de hierro sintetizadas utilizando extracto de hojas de eucalipto para incrementar la retención de GLY en un suelo de viñedo. Para ello, se estudió el proceso de adsorción y desorción en equilibrio tanto en el suelo sin enmendar como en el suelo enmendado con dos dosis de nanopartículas, una dosis baja y una dosis alta, equivalentes a 500 y 2000 mg Fe kg⁻¹, respectivamente.

Los resultados mostraron que la incorporación de nanopartículas incrementó significativamente la retención de GLY, aumentando la adsorción y reduciendo la desorción. Así, para la concentración de GLY más alta evaluada (100 mg L⁻¹), el suelo sin enmendar adsorbió el 70,3% del GLY añadido, porcentaje que aumentó hasta el 89,9% y el 98,4% cuando se enmendó con ambas dosis. Esta tendencia se confirmó con los valores del coeficiente de afinidad de Freundlich (K_F), que aumentaron progresivamente desde 166 Lⁿ mg¹⁻ⁿ kg⁻¹ en el suelo sin enmendar hasta 281 y 699 Lⁿ mg¹⁻ⁿ kg⁻¹ en el suelo enmendado con la dosis baja y alta, respectivamente. En paralelo, la desorción disminuyó del 7,5% en el suelo sin enmendar al 3,5% y 1,0% en el suelo enmendado.

En conjunto, los resultados indican que las nanopartículas testadas tienen un alto potencial para incrementar la retención de GLY en suelos, reduciendo así su movilidad. Además, su obtención a partir de extractos de hojas de eucalipto, subproducto forestal, refuerza su interés en estrategias de economía circular aplicadas a la gestión sostenible de suelos agrícolas.

Palabras clave: adsorción, glifosato, economía circular.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AGRICOLAS PARA MEJORAR SU GESTIÓN Y EL RENDIMIENTO DE CULTIVOS

M. Pérez-Pascual², A. Serna², E. Carbó^{1,2}, E. Gimeno², S. Asins², I. Buesa², D. Sacristán^{1,2*}

¹ Departamento de Biología Vegetal, Universidad de Valencia, Valencia, España

² Centro de Investigaciones sobre la Desertificación (CIDE; CSIC-UV-GVA), Valencia, España

*Mail de contacto: daniel.sacristan@uv.es

RESUMEN

La correcta gestión de los agroecosistemas pasa, entre otras cosas, por entender el sistema suelo-planta de manera integral. Diferentes cultivos presentan diferentes exigencias y restricciones a nivel edáfico/edafológico, especialmente los perennes por su condición permanente. Por tanto, una acción importante a acometer para la correcta gestión de los agroecosistemas es realizar una correcta caracterización y descripción del perfil de suelo. Dentro del proyecto INTERMED (PID2023-153293OA-I00), se realizó la descripción de los suelos presentes en una parcela de 5 ha de almendros (variedades Ferragnes y Ferraduel injertadas sobre GF-677) ubicada en la localidad de El Rebollar y en un viñedo de 2 ha (variedad Tempranillo injertada sobre 161-49C) ubicado en la localidad de Los Isidros, ambos en la Comunidad Valenciana. La parcela de almendro presentaba una pendiente media del 4%, lo que permitió abrir dos calcatas y clasificar dos tipos de suelos, uno en la zona más llana y otro en la zona de mayor pendiente. Tanto la descripción en campo como los análisis en laboratorio indicaron la presencia de un Calcisol háplico (WRB, 2006) en la zona más llana de la parcela de almendro mientras que en la zona con más pendiente se identificó un Regosol calcárico (WRB, 2006). La presencia de capas de carbonato cálcico endurecido en este último condiciona el rendimiento de los árboles presentes en esta área, dificultando la capacidad de enraizamiento de las plantas, así como algunas labores agrícolas como la labranza profunda. Por el contrario, tanto la descripción en campo como los análisis de laboratorio indicaron que el suelo presente en la parcela de viña era un Calcisol háplico (WRB, 2006). Las características hídricas de este tipo de suelo sugieren la necesidad de aplicar riegos de apoyo en condiciones semiáridas mediterráneas.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de conocer el tipo de suelo presente en los agroecosistemas para poder mejorar su gestión y optimizar así el rendimiento de los cultivos perennes.

Palabras clave: Regosol, Calcisol, almendro, viña.

EFFECTO COMBINADO DE DIGESTATO Y BIOCHAR SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE SUELOS MEDITERRÁNEOS

A. Aguirre-Arcos^{1*}, R. Sbabo¹, L. Millán-Barba¹, F. Pinta^{2,3}, I. Ortiz-Bernad¹, E. Fernández-Ondoño¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada.

² CIRAD, UPR Biwooeb, Montpellier F-34398, France

³ CIRAD, BioWooEB, University Montpellier, Montpellier, France

*Mail de contacto: antagarc@ugr.es

RESUMEN

La agricultura intensiva ha incrementado la producción de alimentos pero también ha generado impactos negativos en la calidad del suelo, como la pérdida de materia orgánica, la disminución de la biodiversidad edáfica y el deterioro de funciones esenciales como el ciclo de nutrientes. Ante esta situación, crece el interés por enmiendas sostenibles que permitan restaurar la funcionalidad del suelo como el biochar, que mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de agua y favorece el secuestro de carbono. No obstante, el biochar presenta limitaciones como su bajo contenido en nutrientes y su elevada capacidad de intercambio catiónico, que puede inmovilizar nutrientes en los primeros años. Por otro lado, el digestato, residuo de la producción de biogás generado por digestión anaerobia, es rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. La combinación de ambos puede generar sinergias, ya que el biochar puede retener los nutrientes del digestato y reducir pérdidas. En este estudio, enmarcado en el Proyecto FENIX, se evaluó el efecto del biochar (producido a 500 °C durante 15 minutos), aplicado solo o combinado con digestato, en tres tipos de suelo: olivar, aguacate y cereal abandonado. Se aplicaron dosis del 2,5 % y 5 % (v/v), incluyendo controles. Los suelos se incubaron durante tres meses a temperatura ambiente y se mantuvieron a capacidad de campo. Posteriormente, se analizaron actividades enzimáticas como β -glucosidasa, fosfatasa ácida, deshidrogenasa y ureasa. Los resultados mostraron que el efecto del biochar dependió del tipo de suelo. En el suelo de aguacate no hubo cambios significativos, mientras que en el de olivar se observó una ligera disminución en algunas actividades enzimáticas. En contraste, en el suelo de cereal abandonado se registraron incrementos en actividades como fosfatasa y ureasa. La aplicación conjunta de biochar y digestato mitigó los efectos negativos en el olivar y favoreció una tendencia general de aumento en la actividad enzimática, especialmente con la dosis del 2,5 %. Los resultados obtenidos sugieren que la combinación de biochar y digestato puede mejorar las propiedades biológicas del suelo y compensar las limitaciones del biochar, evidenciando un efecto sinérgico prometedor para una agricultura más sostenible.

Palabras clave: Biochar, digestato, actividad enzimática.

EFFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE SUELOS MEDITERRÁNEOS EN CULTIVOS SUCESIVOS

R. Sbabo^{1*}, A. Aguirre-Arcos¹, L. Millán-Barba¹, F. Pinta^{2,3}, I. Ortiz-Bernad¹, E. Fernández-Ondoño¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada.

² CIRAD, UPR Biwooeb, Montpellier F-34398, France

³ CIRAD, BioWooEB, University Montpellier, Montpellier, France

*Mail de contacto: sbaborachele@ugr.es.

RESUMEN

La agricultura intensiva degrada la salud del suelo mientras que la recuperación de suelos abandonados puede requerir décadas. Por ello, la gestión sostenible del suelo demanda estrategias capaces de mejorar tanto sus propiedades fisicoquímicas como biológicas. El biochar, producido a partir de la pirólisis de residuos orgánicos, constituye una enmienda prometedoras, aunque sus efectos dependen del tipo de suelo y de su historial de manejo. En este estudio, tres suelos agrícolas del sur de España (olivar, aguacate y erial) fueron enmendados con biochar del proyecto FENIX (500 °C, 15 min) con dosis del 2,5% y 5% (v/v). Tras tres meses de incubación, y con el fin de evaluar la mitigación de posibles efectos negativos del biochar, se realizaron tres ensayos consecutivos en maceta con lechuga (*Lactuca sativa* L.), de un mes de duración cada uno. Se analizaron propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, incluyendo actividades enzimáticas y elementos solubles, intercambiables y biodisponibles. Los resultados mostraron que, tras la incubación, el biochar provocó cambios significativos dependientes del suelo. En el olivar y el erial aumentó el K⁺ intercambiable, probablemente debido al elevado contenido de este elemento en el biochar. En el suelo de aguacate disminuyeron el Mg²⁺ y el Ca²⁺ solubles, posiblemente por adsorción. En general, el biochar redujo la solubilidad de micronutrientes (Zn, Cu y B), así como el Mn biodisponible y el P disponible, probablemente como consecuencia del aumento del pH. Tras los ciclos de cultivo, se observaron cambios en las actividades enzimáticas: la actividad deshidrogenasa aumentó, lo que indica una estimulación microbiana asociada al crecimiento vegetal; el incremento de la actividad fosfatasa apunta a una mayor demanda de P, mientras que la disminución de la actividad ureasa podría estar relacionada con una menor disponibilidad de urea. A pesar de estos cambios, no se observaron efectos significativos sobre el crecimiento de la lechuga, posiblemente debido a la corta duración del experimento. Estos resultados subrayan la dependencia de la respuesta al biochar respecto al tipo de suelo y la necesidad de considerarlo al evaluar su uso para mejorar la salud del suelo en agroecosistemas mediterráneos.

Palabras clave: Biochar, actividad enzimática, interacción suelo-planta.

EFFECTO DEL TAMAÑO DEL DIGESTATO EN LA MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA EN SUELOS CON DISTINTA TEXTURA

A. Ramón-Llin^{1*}, P. Hernández-Muñoz¹, B. López-Abad¹, C. Lull², A.L. Lidón², S. Ibáñez-Asensio¹,
H. Moreno-Ramón¹

¹ Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego (CVER), Universitat Politècnica de València (UPV), Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia

² Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València (UPV), Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia

*Mail de contacto: arampla@upv.es

RESUMEN

El uso de digestato de origen animal como enmienda orgánica está ganando interés en los últimos años dentro de las estrategias de economía circular, no solo por su capacidad para aportar nutrientes, sino también por su potencial para mejorar la materia orgánica del suelo. Sin embargo, más allá de su composición química, aspectos físicos como el tamaño de partícula pueden jugar un papel importante en su comportamiento y en su interacción con el suelo, aspectos todavía poco estudiados. En este trabajo se evalúa el efecto de distintos tamaños de digestato sobre la materia orgánica particulada en suelos de diferentes texturas. El digestato utilizado presenta un contenido de nitrógeno total del 1,45 g/kg y una materia orgánica del 89,68%. El ensayo se está llevando a cabo en condiciones controladas utilizando tres tipos de suelo (franco, franco arenoso y franco arcilloso) y tres fracciones de tamaño (2–1 mm, <1 mm y fracción fina o polvo). El análisis se centra en la fracción de materia orgánica particulada (POM), con el objetivo de entender cómo el tamaño del digestato y el tipo de suelo influyen en la acumulación de materia orgánica más lábil. Resultados preliminares sugieren una mejor respuesta en los tamaños más pequeños, probablemente debido a una mayor homogeneidad del material y una distribución más uniforme en el suelo. Se espera que los tamaños más grandes favorezcan la acumulación de POM, especialmente en suelos más arenosos, mientras que las fracciones más finas podrían interactuar en mayor medida con la matriz mineral. Este trabajo busca aportar información útil para optimizar el manejo del digestato en función de sus características físicas y del tipo de suelo, contribuyendo con ello a un uso más eficiente de este recurso.

Palabras clave: Digestato; tamaño de partícula; materia orgánica particulada (POM); textura del suelo; enmiendas orgánicas; carbono del suelo; estabilización; suelos agrícolas

CARTOGRAFÍAS DE SUELOS DEL ICGC

M. Vicens¹, A. Vidal¹, A. Baltiérrez^{1*}

¹ Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

*Mail de contacto: antoni.baltierrez@icgc.cat

RESUMEN

Desde la Unidad de Suelos del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) actualmente se trabaja en dos proyectos principales: El Mapa de suelos 1:25.000 y el Modelo Digital de Suelos. El Mapa de Suelos a escala detallada 1:25.000 es un proyecto a largo plazo iniciado por el Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya a finales de la década de 1980. En la actualidad el ICGC actualiza y amplía esta cartografía a un ritmo de unas 40.000 ha anuales. Hasta la fecha, se han cartografiado un total de 900.000 ha (un 28% de la superficie total y un 54% de la superficie agraria de Catalunya), de las cuales 640.000 están publicadas y disponibles a la página web del ICGC.

Por otra parte, el Modelo Digital de Suelos de Catalunya es un mapa en formato ráster de toda la superficie de Catalunya que se está desarrollando desde 2021. Este mapa digital tiene una resolución de 30x30 m por píxel y proporcionará información sobre las principales propiedades del suelo junto con la incertidumbre asociada. El modelo utiliza principalmente datos de suelos del ICGC de las cartografías anteriores a diferentes escalas. En las áreas con menor densidad de información, durante el período 2023-2025 se ha llevado a cabo una campaña de obtención de datos mediante la apertura de más de 1.800 calicatas repartidas por todo el territorio. Actualmente se trabaja en una primera versión de esta cartografía digital, cuya publicación en la web del ICGC está prevista entre 2026 y 2027.

Más información a www.icgc.cat/sols

Palabras clave: Mapa suelos, Cartografía digital de suelos.

ESTABILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN DIGESTATO MEDIANTE LA ADICIÓN DE ÁCIDOS INORGÁNICOS

P. Hernández-Muñoz^{1*}, A. Ramón-Llin¹, B. López-Abad¹, S. Ibáñez-Asensio¹, A.L. Lidón², C. Lull², H. Moreno-Ramón¹

¹ Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego (CVER), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, España

² Instituto de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, España

* [pbermuo@upv.es](mailto:phermuo@upv.es)

RESUMEN

El nitrógeno es uno de los elementos minerales más limitantes en los suelos debido a su pérdida por diferentes vías. Su falta, altera la relación carbono/nitrógeno, disminuyendo la actividad microbiana y ralentizando la descomposición de la materia orgánica, lo que obliga a emplear fertilizantes minerales para su reposición.

La utilización de fertilizantes nitrogenados minerales es una práctica habitual, pero su fabricación y su uso genera impactos sobre el medio ambiente. Hoy en día, dentro de la idea de economía circular, se pueden aprovechar residuos derivados de la agricultura y de procesos industriales debido a su alto contenido en nutrientes. El digestato es uno de ellos: un subproducto generado mediante digestión anaerobia de materia orgánica, por lo que resulta de gran interés agronómico. Sin embargo, su pH ligeramente básico afecta significativamente la estabilidad del nitrógeno durante el manejo, especialmente en la fase de secado. Con valores de pH superiores a 8, el equilibrio entre el amonio (NH_4^+), forma soluble y directamente asimilable por las plantas, se desplaza hacia amoníaco (NH_3) al perderse un ión de hidrógeno por la basicidad. Como consecuencia, durante el secado del digestato se favorece la volatilización del amoníaco al aumentar la temperatura para acelerar el proceso, lo que provoca pérdidas significativas de N. Esta situación no solo reduce el valor nutricional del digestato, sino que también contribuye a las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Para reducir las pérdidas de nitrógeno por volatilización, se ha ensayado la acidificación de digestato mediante diferentes ácidos: sulfúrico, nítrico y ortofosfórico, con el fin de estabilizar el subproducto, reduciendo el pH a valores entre 5-6 y desplazando el equilibrio hacia la forma estable de nitrógeno (NH_4^+). Durante 15 días se realizó un seguimiento del pH en un digestato de residuos animales, obteniéndose que el ácido ortofosfórico presenta un comportamiento más estable y controlable, permitiendo alcanzar el rango de pH objetivo sin cambios bruscos, a diferencia de los ácidos sulfúrico y nítrico. La estabilización permitió observar concentraciones de nitrógeno amoniacal superiores a las del digestato sin acidificar, indicando una mejor conservación del nitrógeno disponible cuando el digestato se aplica al suelo.

Palabras clave: Digestato, acidificación, amonio.

HACIA UNA CARTOGRAFÍA CONTINUA DE LOS SUELOS DEL PIRINEO (1:400.000): RETOS METODOLÓGICOS Y ARMONIZACIÓN TRANSFRONTERIZA EN EL PROYECTO SOLPYR

A. Lladós¹, M. Nicart¹, M. Vicens¹

¹ Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

*Mail de contacto: marc.vicens@icgc.cat

RESUMEN

La Acción 3 del proyecto transfronterizo SOLPYR (Interreg-POCTEFA 2021-2027), liderada por el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) —institución coordinadora del proyecto—, tiene por objetivo la creación de la primera cartografía continua y homogénea de los suelos del macizo pirenaico a escala 1:400.000, junto con su catálogo asociado.

Los suelos de montaña presentan una elevada vulnerabilidad frente a las presiones antrópicas y los efectos del cambio climático. Para promover su resiliencia y gestión sostenible, resulta imprescindible superar la fragmentación histórica de la información edafológica entre España, Francia y Andorra. El principal reto técnico radica en la armonización de datos preexistentes y nuevas observaciones procedentes de múltiples administraciones, escuelas cartográficas y cuatro idiomas (catalán, castellano, francés y euskera).

Para abordarlo, se ha diseñado un protocolo estandarizado estructurado en diversas fases. Su pieza central es un modelo de fotointerpretación jerárquico de tres niveles: 1) Unidades Fisiográficas mayores, 2) Ambientes Geomorfológicos, y 3) Factores Formadores del suelo. Este modelo permite delinear de forma continua las Unidades Cartográficas del Paisaje (UCP), que a su vez agrupan las Unidades Cartográficas de Suelos (UCS), cada una definida por sus Unidades Taxonómicas (UTS) correspondientes.

El motor de integración es una base de datos relacional estructurada en 9 tablas maestras, que unifica descripciones de perfiles, datos analíticos y clasificación taxonómica bajo el sistema WRB (2022) mediante un glosario multilingüe. Esta herramienta ha sido clave para garantizar la coherencia de la información a lo largo de todo el macizo.

Tras la realización con éxito de los talleres transfronterizos de transectos —que permitieron consensuar *in situ* la construcción de las asociaciones de suelos—, el proyecto se encuentra en fase de caracterización de las UCS y volcado en la base de datos conjunta. La edición final del mapa y el catálogo, prevista para los próximos meses, culminará el primer producto edafológico interregional del Pirineo, demostrando que la ciencia del suelo puede cruzar fronteras.

Palabras clave: Cartografía de suelos, Armonización transfronteriza, Pirineos, Base de datos, Cambio climático.

DINÁMICA DE ADSORCIÓN/DESORCIÓN DE PLOMO EN SUELO BRASILEÑO BAJO APLICACIONES DE LODO DE DEPURADORA

D. C. Machado¹, A. Míguez-González^{2*}, L. D. Silva¹, F. S. Vasconcelos¹, L. C. Silva¹, W. B. De Lucena³, A. Barreiro², R. Cela-Dablanca², M. J. Fernández-Sanjurjo², E. Álvarez-Rodríguez², A. Núñez-Delgado², W. J. Melo¹, W. M. Arantes⁴, T. A. R. Nogueira¹

¹ Departamento de Ciências do Solo, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade do Estado de São Paulo, Brasil.

² Departamento de Edafología e Química Agrícola, Escola Politécnica de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

³ Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultades Integradas UNIMT, Água Boa, Mato Grosso, Brasil.

⁴ Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Federal del Triângulo Mineiro, Iturama, Minas Gerais Brasil.

*ainoa.miguez.gonzalez@usc.es

RESUMEN

Debido al incremento de la demanda global de alimentos, una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo es el empleo de lodo de depuradora (LD), un subproducto del tratamiento de aguas residuales rico en materia orgánica y nutrientes. Sin embargo, su reutilización en la agricultura puede representar riesgos para la salud ambiental y humana, debido al posible aporte de metales pesados, entre ellos el plomo (Pb). Dada su alta persistencia y toxicidad, es necesario investigar el papel del suelo en la retención de este metal para evitar su paso a la cadena trófica. En el presente estudio se evaluó la capacidad del suelo agrícola de Brasil de textura arcillosa Ferralsol, enmendado con distintas dosis de LD, para adsorber/desorber Pb y si la dosis añadida tiene un efecto en este proceso. Las muestras se tomaron de 0-20 cm en parcelas que recibieron LD durante 28 años en dosis de 5, 10 y 20 Mg ha⁻¹ y en una que recibió fertilización mineral convencional (5 parcelas para cada tratamiento). Se realizaron ensayos de adsorción/desorción tipo Batch incorporando concentraciones crecientes de Pb (0, 1, 2, 4, 6, 8 y 10 mmol L⁻¹) a cada muestra de suelo, seguidos de agitación durante 24 h y centrifugación; en el sobrenadante se determinó el pH, la materia orgánica soluble y el Pb por ICP. Los valores de pH y materia orgánica no variaron entre los tratamientos. Los resultados mostraron una alta adsorción de Pb en las dosis más bajas añadidas, alcanzando casi el 100%. Se observó tendencia a la disminución a medida que aumentaban las concentraciones, llegando al 46% en las más altas. Este comportamiento puede deberse a la saturación de sitios de adsorción del suelo. Contrariamente, en la desorción se observaron valores bajos (<1%), lo que indica que el Pb se encuentra retenido irreversiblemente, pudiendo deberse a la alta concentración de arcilla (530 g kg⁻¹) que dificulta la movilidad del metal. En conclusión, la aplicación de LD durante 28 años no comprometió la retención de plomo, sin diferencias significativas entre las dosis de LD ni con la parcela control, garantizando la inmovilización en el suelo.

Palabras clave: contaminación, lodos de EDAR, metales pesados.

CAPACIDAD DE LOS SUELOS DE GALICIA PARA RETENER EL ANTIBIÓTICO IONÓFORO SALINOMICINA

A. Míguez-González¹, R. Cela-Dablanca¹, D.C. Machado², M. Díaz-Raviña³, J.J. Villaverde³, B. Sevilla-Morán³, A. Núñez-Delgado¹, M.J. Fernández-Sanjurjo¹, E. Álvarez-Rodríguez¹, A. Barreiro¹

¹ Departamento de Edafología e Química Agrícola, Escola Politécnica de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, 27002, Lugo, España.

² Departamento de Ciencias del Suelo, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Estado de São Paulo, Brasil.

³ Departamento de Suelos, Biosistemas y Ecología Agroforestal, Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC), Avda. de Vigo, s/n, 15705, Santiago De Compostela, España.

*Mail de contacto: ainoa.miguez.gonzalez@usc.es

RESUMEN

El aumento del uso de antibióticos veterinarios, particularmente del ionóforo salinomicina, representa una creciente preocupación a nivel mundial. Los ionóforos son antibióticos empleados para tratar la coccidiosis, una enfermedad provocada por protozoos de los géneros *Eimeria* e *Isospora*, y se incorporan al pienso como aditivo alimentario. Entre el 30 y el 90% de la dosis ingerida es excretada por orina y heces acumulándose en estiércoles y purines que, al ser aplicados en el suelo como enmiendas orgánicas, pueden lixiviar hacia cuerpos de agua o ser absorbidos por los cultivos, causando riesgos importantes como ecotoxicidad, aparición de bacterias resistentes y entrada en la cadena trófica. Debido a que los ionóforos son altamente tóxicos para el ser humano y su uso en medicina clínica está prohibido, es fundamental comprender la capacidad que tienen los suelos para retener estos compuestos de forma irreversible y evitar su paso a la cadena trófica. En este trabajo se estudió la capacidad que tienen ocho suelos de Galicia con diferentes propiedades y usos para retener el antibiótico ionóforo salinomicina (SAL) y evitar su paso a la cadena trófica. Con este fin, se realizaron ensayos tipo Batch añadiendo concentraciones crecientes de SAL (100 a 1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Los resultados indicaron que el pH del suelo es el parámetro que determina el proceso de retención. Los suelos con un pH más ácido (inferior a 5) presentaron una mayor capacidad de adsorción, con porcentajes entre el 85 y 100% de la concentración añadida, siendo el suelo bajo eucalipto (pH 4,8) el que alcanzó una retención próxima al 100% en todas las concentraciones añadidas. Por el contrario, en los suelos con pH>5, la adsorción osciló entre el 50 y 70%. Estas diferencias se atribuyen a que cuanto mayor es la acidez, mayor es la densidad de cargas positivas en la materia orgánica y los minerales no cristalinos del suelo que atraen electrostáticamente a los grupos aniónicos de la SAL, que predominan a pH ácido (pKa 4,4). La desorción de fue prácticamente inexistente (inferior al 5%), lo que indica que el proceso de retención es irreversible. Como conclusión, los suelos ácidos tienen una elevada capacidad de retención de SAL, pero las prácticas de encalado pueden promover su movilización.

Palabras clave: salinomicina. suelos. adsorción. desorción.

INFLUENCIA DEL TIPO Y MANEJO DEL SUELO SOBRE LAS EMISIONES DE GEI Y PRODUCTIVIDAD EN VITICULTURA

E. Rodrigo García^{3*}, J.M. Martínez-Vidaurre¹, P. Balda Manzanos², C. Tarragona Pérez³, A. Pou Mir¹

¹ Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino - ICVV (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC). Ctra. de Burgos, Km. 6. 26007 Logroño (La Rioja)

² Universidad de La Rioja, Av. Madre de Dios 53, 26006 Logroño (Spain).

³ Spectralgeo, Parque de los Lirios, 8, 26006 Logroño, La Rioja

* e.rodrido@spectralgeo.es

RESUMEN

Este estudio analiza el papel relativo del tipo de suelo y las prácticas de manejo (laboreo y cubierta vegetal) en el control de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la productividad en un viñedo mediterráneo. El objetivo principal fue evaluar en qué medida el tipo de suelo regula las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄, así como la producción de biomasa y el rendimiento de la vid, en comparación con dos sistemas de manejo contrastados. Para ello, se desarrolló una experiencia de campo durante dos campañas consecutivas en un viñedo comercial de la D.O.Ca. Rioja, donde se seleccionaron tres tipos de suelo claramente diferenciados. Se aplicó un diseño factorial con réplicas que combinó cada tipo de suelo con laboreo convencional y cubierta vegetal. Se monitorizaron los flujos de GEI junto con variables de microclima del suelo, propiedades fisicoquímicas, estabilidad estructural, biomasa de cubierta y rendimiento de la vid.

Los resultados muestran que el tipo de suelo fue el principal factor de control del microclima edáfico, lo que determinó la magnitud y variabilidad de las emisiones. La cubierta vegetal incrementó de forma consistente las emisiones de CO₂ debido al aumento de la actividad biológica y de los aportes de carbono. Los suelos ricos en carbonatos y calcio mostraron una mayor capacidad de amortiguación. Las emisiones de N₂O fueron bajas y altamente variables, sin un patrón claro asociado al manejo, y los flujos de CH₄ resultaron prácticamente neutros. En términos productivos, la biomasa de la cubierta y el rendimiento de la vid mostraron respuestas diferenciadas según el tipo de suelo, evidenciando la existencia de compromisos entre mitigación y productividad. En conjunto, los resultados demuestran que el tipo de suelo actúa como un factor dominante que modula la respuesta del sistema, subrayando la necesidad de diseñar estrategias de manejo adaptadas a la heterogeneidad edáfica para mejorar la sostenibilidad climática de los viñedos mediterráneos.

Palabras clave: Tipo de suelo, manejo del suelo, gases de efecto invernadero

MITIGACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LA AZITROMICINA MEDIANTE EL USO DE *HYDROCHARS* Y BIOCHAR

R. Cela-Dablanca^{1*}, A. Míguez-González¹, D.C. Machado², B. Sevilla-Morán³, J.J. Villaverde³,
M. Díaz-Raviña³, T.A. Centeno⁴, A. Amado-Fierro⁴, A. Barreiro¹, A. Núñez-Delgado¹,
Rodríguez¹, M.J. Fernández-Sanjurjo¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, 27002, Lugo, España

² Departamento de Ciencias del suelo, Escuela de ciencias agrarias y veterinarias, Universidade del Estado de São Paulo, Brasil

³ Departamento de Suelos, Biosistemas y Ecología Agroforestal, Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC), Avda. de Vigos/n, Santiago de Compostela 15705, España

⁴ Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC), Francisco Pintado Fe 26, 33011, Oviedo, España

⁵ *Mail de contacto: raquel.dablanca@usc.es

RESUMEN

El uso excesivo e indiscriminado de antibióticos, así como a su pobre absorción en el tracto digestivo, facilitan su dispersión en el medio ambiente, pudiendo alcanzar los suelos agrícolas mediante la aplicación de purines, estiércoles o lodos EDAR como fertilizantes. En el suelo pueden experimentar diferentes procesos, siendo uno de los más importantes la adsorción que, si es elevada e irreversible, evita que el fármaco sea absorbido por las plantas o pueda alcanzar masas de agua y entrar en la cadena trófica. Sin embargo, cuando la capacidad que tiene el suelo para adsorber un determinado antibiótico es baja, se puede mejorar incorporando materiales bioadsorbentes. En este estudio se pretende conocer la capacidad que tienen 6 *hydrochars* elaborados a partir de diferentes residuos orgánicos (pH=4,24-6,6; CO=15,1-51,4%) y un biochar obtenido a partir de restos de eucalipto (pH=7.1; CO=82,7%), para adsorber azitromicina (AZM), un antibiótico ampliamente usado en medicina. Para ello se realizaron experimentos tipo batch, en los que se añadieron concentraciones crecientes de antibiótico (2,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50 $\mu\text{mol L}^{-1}$) a 0,5 gramos de material adsorbente. Los resultados mostraron una influencia clara de la materia orgánica en la adsorción de la azitromicina, ya que 5 *hydrochars* con un contenido de carbono entre 43,2% y 51,4 alcanzaron adsorciones del 100%. Por el contrario, en el *hydrochar* con menor contenido de carbono orgánico (15,1%), así como en el biochar, cuyo carbono orgánico es muy estable debido al proceso de pirólisis, la adsorción disminuyó hasta el 66% y el 83%, respectivamente, al incrementar la concentración de azitromicina hasta su valor más alto. En cuanto a la desorción, esta fue prácticamente nula en todos los *hydrochars*, mientras que en el caso del biochar osciló entre el 2 y el 57%. En conclusión, los *hydrochars* se presentan como una alternativa eficaz para mitigar el riesgo ambiental y sanitario de la AZM, mientras que el biochar resultó menos adecuado en las condiciones estudiadas.

Palabras clave: azitromicina, adsorción, *hydrochars*, biochar.

INFLUENCIA DE LA PROFUNDIDAD DEL PERFIL EN LA RETENCIÓN HÍDRICA EN SUELOS VITÍCOLAS DE VALDEPEÑAS

A. Gómez-Magán¹, C. Pérez-de-los-Reyes¹, S. Bravo¹, M. Sánchez-Ormeño¹, F.J. García Navarro¹,
R. Jiménez-Ballesta²

¹ Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Ciudad Real (ETSIA).

² Universidad Autónoma de Madrid

*Mail de contacto: Andres.GomezMagan@uclm.es

RESUMEN

La capacidad de retención de humedad del suelo constituye un factor clave en la gestión hídrica de los sistemas vitícolas mediterráneos, especialmente en contextos semiáridos caracterizados por bajas precipitaciones. En este trabajo se ha analizado la influencia de la profundidad del suelo sobre sus principales propiedades hídricas: capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua útil (AU), a partir de curvas de retención de humedad obtenidas en suelos vitícolas de la Denominación de Origen Protegida (DOP) Valdepeñas.

El estudio se llevó a cabo sobre 90 suelos, específicamente, en los horizontes superficial (M1) y subsuperficial (M2) de diferentes grupos edáficos descritos (según FAO) en la zona de estudio: Luvisoles (48,9 %), Calcisoles (37,8 %), Cambisoles (6,7 %), Regosoles (4,4 %) y Leptosoles (2,2 %). Las curvas de retención de humedad se determinaron mediante un equipo de placas de presión, considerando potenciales hídricos comprendidos entre -10 kPa y -1500 kPa. A partir de estas curvas se estimó la cantidad y distribución del agua útil (entre -33 kPa y -1500 kPa) en función del tipo de suelo y del horizonte caracterizado.

Los resultados han puesto de manifiesto un comportamiento hídrico diferente tanto entre grupos de suelos como entre horizontes. En general, los horizontes superficiales muestran una mayor similitud en la forma de las curvas, especialmente en el rango de potenciales cercanos a capacidad de campo, lo que sugiere una mayor homogeneidad estructural asociada al manejo agrícola. Por el contrario, los horizontes subsuperficiales presentan una diferenciación más acusada, observándose una mayor capacidad de almacenamiento de agua útil en Luvisoles, Calcisoles y Cambisoles, mientras que Regosoles y Leptosoles tienden a mostrar una mayor retención de humedad en la capa superficial, un hecho que es coherente con su menor desarrollo edafológico y una estructura subsuperficial menos favorable para el almacenamiento hídrico. En conjunto, los resultados confirman que la profundidad del perfil condiciona de forma significativa los valores de CC, PMP y, especialmente, la cantidad y distribución del agua útil, con implicaciones directas en la disponibilidad hídrica de la vid y en la planificación de estrategias de riego adaptadas a cada grupo de suelo.

Palabras clave: curvas de retención de humedad, agua útil, profundidad del suelo.

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS COMO ENMIENDAS ORGÁNICAS EN UN SUELO AGRÍCOLA

S. Diez-Pascual¹, C. Mancho¹, J. González, J. Alonso¹, M. Gil-Díaz¹, M.C. Lobo¹

¹ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario. IMIDRA. Finca El Encín, Autovía A-2 Km, 38.2, 28805 Alcalá de Henares, Madrid, España.

*Mail de contacto: sergio.diez@madrid.org

RESUMEN

Desde la iniciativa 4x1000 impulsada en la COP21 hasta la reciente Directiva relativa a la vigilancia y resiliencia del suelo (2025/2360, UE) se ha establecido la salud del suelo como elemento clave en la búsqueda de soluciones ante el cambio climático y la seguridad alimentaria. En esta línea, el uso de residuos orgánicos como enmiendas o fertilizantes se considera una estrategia sostenible y en línea con las iniciativas de economía circular contribuyendo al incremento del carbono orgánico del suelo y a la reducción de fertilización mineral. Este trabajo evalúa el impacto de dos enmiendas orgánicas procedentes de lodos de depuradora, compostados con restos de poda (CP) a 20 y 40 t/ha y secados térmicamente (ST) a 3 y 6 t/ha en la incorporación de carbono orgánico en un suelo agrícola y la mejora de su fertilidad. Se utilizaron parcelas experimentales de 2x6m localizadas en Alcalá de Henares (Madrid) en las que se sembraron dos variedades de trigo, *Triticum turgidum durum* y *Triticum aestivum*. Además, se utilizó un tratamiento con un fertilizante mineral (NPK, 15:15:15) y un tratamiento control (C) sin aplicación. Tras la cosecha se analizaron los suelos a fin de evaluar el efecto en las propiedades físico-químicas y biológicas, haciendo hincapié en la contribución de las enmiendas a las reservas de C orgánico en el suelo. En este sentido, los tratamientos CP incrementaron significativamente el contenido en materia orgánica del suelo (57-115%) siendo el incremento proporcional a la dosis. El fraccionamiento de la materia orgánica también mostró este incremento de C en la fracción de ácidos húmicos, lo que indica la capacidad de la enmienda para incorporar formas estables de C al suelo. Asimismo, se observó un incremento en el contenido de N y P en los tratamientos CP. Los contenidos en metales pesados en todos los tratamientos se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por la legislación. A la vista de los resultados obtenidos, la aplicación de estos materiales, en las dosis evaluadas, puede ser una alternativa sostenible para sustituir o reducir el uso de fertilizantes minerales y preservar la salud del suelo.

Palabras clave: salud del suelo, enmienda orgánica, lodos tratados, ácidos húmicos, C orgánico.

LA ELIMINACIÓN DE QUEMAS MODIFICA LAS DINÁMICAS DEL CARBONO Y NITRÓGENO Y LA INTERACCIÓN SUELO-ÁRBOL

E. Vázquez^{1*}, M. Estrella¹, M. Benito¹

¹ Departamento de Producción Agraria, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

*Mail de contacto: eduardo.vazquez@upm.es

RESUMEN

La quemas para promover el rebrote de pastos son una práctica común en la ganadería extensiva de las sabanas colombianas, causando graves impactos ambientales. La introducción de forrajes mejorados con mayor palatabilidad, combinada con pastoreo rotacional, permite eliminar la quema y aumentar la productividad. Los efectos de este cambio de manejo sobre los ciclos de carbono (C) y nitrógeno (N) del suelo han sido poco estudiados. En sabanas tropicales, los árboles nativos aportan materia orgánica al suelo e influyen significativamente en la dinámica de C y N. En este estudio, evaluamos el impacto de reemplazar la quema por forrajes mejorados sobre la dinámica de C y N del suelo en el departamento de Vichada, Colombia, y analizamos el papel de árboles nativos (*Curatella americana*).

Un sistema convencional con quema anual, pastoreo continuo y baja carga animal (0,006 unidades de ganado (UG) ha⁻¹) se compara frente a uno mejorado con introducción de *Urochloa humidicola*, sin quema (10 años) y con pastoreo rotacional de alta carga (1 UG ha⁻¹). En cada sistema se seleccionaron ocho árboles. Se tomaron muestras de suelo a tres profundidades (0–10, 10–20 y 20–30 cm) bajo y fuera de la copa de los árboles. También se recolectó biomasa vegetal. Se analizaron C y N totales, así como $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

La concentración de C del suelo (0–30 cm) fue mayor bajo manejo mejorado que bajo el convencional (16,2 vs. 13,2 g C kg⁻¹). Este incremento se explicó principalmente por mayores concentraciones de C bajo los árboles en el sistema mejorado. La eliminación de la quema aumentó el crecimiento arbóreo y los aportes de hojarasca, reflejados en mayores valores de $\delta^{13}\text{C}$ del suelo (+0,73‰), indicando mayor contribución de C de árboles C3 frente a pastos C4. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ fueron menores bajo manejo mejorado (5,84‰ vs. 6,46‰), lo que sugiere menores pérdidas de N tras eliminar la quema, coherente con mayores concentraciones de N.

En conjunto, sustituir la quema por forrajes mejorados y pastoreo rotacional incrementó el C y N del suelo, redujo las pérdidas de N y favoreció la sostenibilidad del sistema.

Palabras clave: carbono, nitrógeno, isótopos estables.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL MICROBIANO DEL METABOLISMO DEL FÓSFORO EN SUELOS AGRÍCOLAS RESTAURADOS MEDIANTE METAGENÓMICA SHOTGUN

I. Miralles^{1*}, A. Comeau², R. Ortega¹, F. Gómez¹, F. Morillas¹, L. López¹, R. Soria^{1,3}

¹Departamento de Tecnología Agroforestal, Ciencia y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Campus Universitario s/n, Universidad de Castilla-La Mancha, E-02071 Albacete, España.

² Integrated Microbiome Resource, Dalhousie University, Halifax, Nueva Escocia, Canadá.

³Departamento de Tecnología Agroforestal, Ciencia y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Campus Universitario s/n, Universidad de Castilla-La Mancha, E-02071 Albacete, España.

*Mail de contacto: imiralles@ual.es

RESUMEN

La restauración de suelos agrícolas abandonados semiáridos requiere estrategias capaces de mejorar no solo las propiedades edáficas, sino también la recuperación funcional de la microbiota del suelo. En este contexto, las enmiendas orgánicas podrían reactivar procesos biogeoquímicos clave, aunque su efecto sobre el potencial microbiano asociado al metabolismo del fósforo sigue insuficientemente caracterizado. En este estudio se evaluó, mediante metagenómica shotgun, la respuesta del metabolismo de fosfonatos y fosfinatos en dos zonas agrícolas abandonadas bajo clima semiárido de Almería (SE de España): S1 (Sierra de Gádor) y S2 (Sierra Alhamilla), donde se aplicaron las mismas enmiendas orgánicas. Se evaluaron suelos enmendados con compost de distinto origen (3 réplicas por tratamiento y sitio): de cama de pollos ecológicos (CK), de estiércoles de oveja, vaca y restos de podas del almendro (CS), vermicompost (CV) y de restos hortícolas de invernadero (CC), seis meses después de su aplicación en parcelas experimentales en cada zona, además de un control no enmendado (CON). Tras la extracción de ADN, las muestras se secuenciaron en plataforma Illumina y se procesaron mediante un pipeline basado en KneadData, Kraken2/Bracken y MMseqs2. A partir de la ruta KEGG map00440 se identificaron genes candidatos asociados al metabolismo de fosfonatos y fosfinatos, con el objetivo de comparar la contribución potencial de los tratamientos y la influencia del sitio sobre esta respuesta funcional. Los resultados mostraron un patrón dependiente del sitio y del tipo de enmienda. En general, S1 presentó una mayor contribución potencial total al metabolismo de fosfonatos y fosfinatos que S2, mientras que los tratamientos CK y CC destacaron por su mayor contribución. Entre los genes más relevantes se identificaron *phnJ*, *phnW*, *phnX*, *phnA* y *phnM*, asociados a la utilización de compuestos organofosfonados con enlace C-P, así como *pepM* y *ppd*, relacionados principalmente con la biosíntesis de moléculas fosfonadas. Además, géneros como *Pseudomonas*, *Devosia*, *Rhizobium* y *Streptomyces* contribuyeron a distintas funciones potenciales de esta ruta, sugiriendo redundancia funcional y una respuesta modulada por las condiciones edáficas locales. Estos resultados sugieren que las enmiendas orgánicas podrían modificar el potencial microbiano asociado a la transformación de formas alternativas de fósforo en suelos degradados.

Agradecimientos: TECHBIOSOL-PID2024-156189OB-I00/MICIU/AEI /10.13039/501100011033 / FEDER, UE y JDC2023-052350-I, MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Palabras clave: enmiendas orgánicas, fosfatos, fosfinatos.

POTENCIAL GENÉTICO MICROBIANO ASOCIADO AL CICLO DEL NITRÓGENO EN SUELOS RESTAURADOS AGRÍCOLAS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS

I. Miralles^{1*}, A. Comeau², R. Ortega¹, F. Morillas¹, F. Gómez¹, L. López¹, R. Soria^{1,3}

¹Departamento de Tecnología Agroforestal, Ciencia y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Campus Universitario s/n, Universidad de Castilla-La Mancha, E-02071 Albacete, España.

² Integrated Microbiome Resource, Dalhousie University, Halifax, Nueva Escocia, Canadá.

³Departamento de Agronomía y Centro de Agrosistemas Mediterráneos Intensivos y Biotecnología Agroalimentaria, Universidad de Almería, E-04120, Almería, España.

*Mail de contacto: imiralles@ual.es

RESUMEN

En suelos agrícolas semiáridos abandonados, el nitrógeno condiciona la recuperación funcional al regular la actividad microbiana, la mineralización de la materia orgánica y el restablecimiento de la vegetación. La aplicación de enmiendas orgánicas podría favorecer rutas metabólicas microbianas implicadas en su transformación. Este estudio caracterizó, mediante metagenómica shotgun, el potencial genético microbiano asociado al ciclo del nitrógeno en dos antiguos cultivos de secano abandonados en Almería (SE de España), localizados en Sierra de Gádor (SG) y Sierra Alhamilla (SA). Ambos sitios presentan clima mediterráneo semiárido, pero difieren en condiciones edáficas y ambientales, lo que permitió evaluar la influencia del contexto local sobre la respuesta funcional. En cada sitio se establecieron 18 parcelas experimentales (7 × 5 m), con cuatro tratamientos de enmienda orgánica y un control no enmendado, todos con tres réplicas. Las enmiendas incluyeron compost de cama de pollos ecológicos, compost de estiércoles y restos vegetales, vermicompost y compost de restos hortícolas de invernadero, incorporados y homogeneizados en la capa superficial del suelo. Seis meses después, se tomaron muestras compuestas de suelo. Tras la extracción de ADN, las bibliotecas metagenómicas se secuenciaron en una plataforma Illumina NextSeq 550, y las lecturas fueron depuradas con KneadData, asignadas taxonómicamente con Kraken2/Bracken y anotadas funcionalmente mediante MMseqs2 frente a UniRef90. A partir de la ruta KEGG map00910 se seleccionaron genes candidatos representativos de procesos clave del ciclo del nitrógeno, incluyendo la asimilación de amonio, representada por *glnA* y *gdhA*; la reducción de nitrato, asociada a *narG* y *napA*; la nitrificación, vinculada a *amoA* y *hao*; la fijación biológica de N, representada por *nifH*; y la desnitrificación, asociada a *nosZ*. Asimismo, taxones microbianos como *Nitrosospira*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Bradyrhizobium* y *Skermanella*, entre otros, contribuyeron a diferentes funciones del ciclo del nitrógeno, reflejando una posible complementariedad funcional entre grupos microbianos. Estos resultados sugieren que las enmiendas orgánicas podrían modificar el potencial genético asociado al ciclo del N y favorecer procesos relevantes para la recuperación funcional de suelos semiáridos degradados.

Agradecimientos: TECHBIOSOL-PID2024-156189OB-I00/MICIU/AEI /10.13039/501100011033 / FEDER, UE y JDC2023-052350-I, MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Palabras clave: metagenómica shotgun, agroecosistemas abandonados, rutas metabólicas.

ESTUDIO METATRANSCRIPTÓMICO DE LA RESPUESTA FUNCIONAL DE LA MICROBIOTA EDÁFICA EN SUELOS RESTAURADOS

I. Miralles^{1*}, F. Gómez¹, F. Morillas¹, L. López¹, R. Ortega¹, R. Soria^{1,2}

¹ Departamento de Agronomía y Centro de Investigación en Agrosistemas Intensivos Mediterráneos y Biotecnología Agroalimentaria (CIAIMBITAL), Universidad de Almería, E-04120, Almería, España.

² Departamento de Tecnología Agroforestal, Ciencia y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Campus Universitario s/n, Universidad de Castilla-La Mancha, E-02071 Albacete, España.

*Mail de contacto: imiralles@ual.es

RESUMEN

La recuperación funcional de suelos degradados por actividades extractivas requiere reconstruir una cubierta edáfica estable y reactivar los procesos microbianos que sostienen los ciclos biogeoquímicos. En este contexto, la metatranscriptómica permite avanzar desde la caracterización del potencial funcional microbiano hacia la identificación de funciones realmente expresadas en el suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta funcional activa de la microbiota edáfica tras la aplicación de enmiendas orgánicas en tecnosuelos restaurados en una cantera caliza semiárida. El estudio se desarrolló en la Sierra de Gádor (Almería, SE España) sobre tecnosuelos construidos en parcelas experimentales de 50 m². Se analizaron muestras de un control no enmendado y de suelos con tres tratamientos orgánicos: compost de restos vegetales de jardinería, lodos de depuradora y compost de residuos hortícolas de invernadero, incorporadas de 0-20 cm del suelo cinco años antes del muestreo. Tras la extracción de ARN del suelo, las lecturas fueron depuradas con fastp, evaluadas mediante FastQC/MultiQC y anotadas funcionalmente con DIAMOND frente a ASTRAL-SCOPE 2.08, generando perfiles de dominios/familias proteicas expresados por muestra. Las funciones expresadas se agruparon en categorías ecológicamente relevantes: transporte, respiración/metabolismo energético, metabolismo del carbono, nitrógeno y fósforo, estrés/adaptación, EPS/biofilm y motilidad/quimiotaxis. Las funciones más relevantes se priorizaron según su abundancia relativa, presencia entre réplicas, variabilidad, enriquecimiento respecto al control e interpretabilidad biológica. Los resultados preliminares mostraron un mayor repertorio funcional expresado en los tecnosuelos enmendados respecto al control. Los lodos de depuradora presentaron el mayor número de funciones detectadas, seguido del compost de residuos hortícolas de invernadero y del compost de restos vegetales de jardinería. Las categorías predominantes se relacionaron con transporte de nutrientes, metabolismo energético y transformación de compuestos orgánicos, sugiriendo una mayor activación metabólica microbiana. Además, las funciones asociadas a estrés/adaptación y EPS/biofilm apuntaron a mecanismos de aclimatación, estabilización del hábitat edáfico y mejora estructural. Estos resultados sugieren que las enmiendas orgánicas pueden favorecer la reactivación funcional de la microbiota en tecnosuelos semiáridos, aunque la magnitud de la respuesta depende del tipo de residuo aplicado.

Agradecimientos: TECHBIOSOL-PID2024-156189OB-I00/MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE y JDC2023-052350-I, MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Palabras clave: tecnosuelos, ecosistemas semiáridos, rutas metabólicas.

ACERCANDO LA CIENCIA DEL SUELO A LA SOCIEDAD

C. Lull¹, A.J. Molina², J.V. Llinares³, L. Roca⁴

¹ Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València (UPV), Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia

² Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Córdoba

³ Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València

⁴ Departamento de Biología Vegetal, Universitat de València

*Mail de contacto: clull@upvnet.upv.es

RESUMEN

Acercar la ciencia del suelo a toda la sociedad es un reto que tenemos los edafólogos. La Carta Europea del Suelo de 1972 recuerda que los principios de conservación del suelo deben integrarse plenamente en los programas educativos de todos los niveles como parte de la educación ambiental. Como indica Megan Balks: «El gozo (y la gran responsabilidad) de enseñar ciencia del suelo consiste en ver cómo algunos estudiantes descubren la fascinación, la belleza intrínseca y la importancia de nuestro recurso suelo...». Este trabajo refleja algunas de las actividades llevadas a cabo para dar a conocer un poco más este recurso tan importante y concienciar sobre la necesidad de su cuidado. Dentro del proyecto “ConCiencia forestal” (<https://concienciaforestal.com/>) se han realizado talleres para estudiantes de 4º de ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos, donde han observado la actividad biológica del suelo y la descomposición de los residuos orgánicos a través del método del Tea Bag Index, entre otras actividades. En el marco de los programas CienciaLab y Praktikum de la Universitat Politècnica de València, se diseñaron talleres dirigidos al alumnado de secundaria y ciclos formativos. Se ha impartido un taller sobre el suelo en el Jardín Botánico de Valencia en el marco del curso de verano Estrategias para integrar la educación para la Sostenibilidad. Desde la Sección de Enseñanza del Suelo y Concienciación Ciudadana se lanzó el concurso de dibujo escolar «Suelos sanos para ciudades saludables» 2025 en el marco del Día Mundial del Suelo (<https://edafoeduca.es/>). Entre las finalidades de dicho concurso estaba concienciar a los más jóvenes sobre la importancia del cuidado de los suelos en los ambientes urbanos. En el contexto del proyecto “RealUrbanGreen” (<https://realurbangreen.interreg-euro-med.eu/>) alumnado de primaria, secundaria y sociedad civil han aplicado herramientas de ciencia ciudadana para evaluar el estado de los suelos de los espacios verdes urbanos. Esta comunicación presenta algunos de los resultados obtenidos en el marco de las acciones descritas.

Palabras clave: ciencia del suelo, niveles educativos, divulgación, concienciación.

INFLUENCIA DE LA ESPECIE ARBÓREA EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE HORIZONTES ORGÁNICOS DE SUELOS FORESTALES

L. Acemel-Míguez^{1,2*}, A. Parente-Sendín^{1,2}, A. Castro-Prado^{1,2}, J.C. Nóvoa-Muñoz^{1,2}, F. Alonso-Vega^{1,2}

¹ Universidade de Vigo, Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias. Ourense, España

² Instituto de Agroecoloxía e Alimentación (IAA), Campus Auga, Universidade de Vigo. Ourense, España

*Mail de contacto: lara.acemel@uvigo.gal

RESUMEN

Los horizontes orgánicos (O) participan en los ciclos biogeoquímicos de suelos forestales a través del almacenamiento y reciclado de nutrientes, procesos fuertemente dependientes de la especie arbórea dominante. Este estudio evalúa la influencia de *Quercus robur*, *Pinus pinaster* y *Acacia dealbata* sobre los niveles de C orgánico total (COT), nitrógeno total (N), pH en agua (pHw) y Na, K, Ca y Mg extraíbles

con NH_4Cl 1M ($\sum\text{CB}$) en muestras de subhorizontes orgánicos (OL y OF+OH) procedentes de 10 masas forestales dominadas por cada especie de 10 localidades del sur de Galicia (n= 180). La especie arbórea no indujo diferencias significativas en el pHw (intervalo 4,8-5,0) de los dos subhorizontes; tampoco en el promedio de COT de subhorizontes OL (rango medio 448-480 g kg⁻¹). En OF+OH, el COT disminuyó respecto a OL un 14%, 19% y apenas un 9% bajo acacia, roble y pino, respectivamente. La eficiencia de la leguminosa en la fijación de N se observa en los niveles en OL y OF+OH (28 y 26 g kg⁻¹, respectivamente), significativamente mayores que en roble (16 y 18 g kg⁻¹) y pino (8 y 13 g kg⁻¹). La relación C/N, significativamente mayor en pino (intervalo 36-70) que en roble y acacia (rango 15-19) refleja la más lenta transformación de la materia orgánica bajo coníferas. La suma de cationes

básicos ($\sum\text{CB}$) en roble (40 y 29 cmol_c kg⁻¹ para OL y OFH, respectivamente) fue sensiblemente mayor que en pino (20 y 18 cmol_c kg⁻¹) y acacia (39 y 16 cmol_c kg⁻¹), mostrando idéntica secuencia de abundancia bajo todas ellas: Ca>Mg>>K≈Na. Teniendo en cuenta la densidad de los subhorizontes, se observó que, en acaciales, los reservorios de COT y N presentes en OF+OH (52,7 Mg C ha⁻¹ y 3639 kg N ha⁻¹) eran 6,8 y 9,4 mayores que en robledales y hasta 7,5 y 17,5 veces más que en pinares. Los OF+OH de acacia también almacenaron casi el doble de $\sum\text{CB}$ (40,5 g m⁻²) que los de robledales y pinares. Los horizontes orgánicos bajo la especie invasora emergen como importantes reservorios de COT y N y con alta capacidad de reciclado de nutrientes.

Palabras clave: subhorizontes orgánicos, reservorio, especie invasora.

USO DE SUB-PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS PARA MEJORAR LA FERTILIDAD DE SUELOS FORESTALES ÁCIDOS (NO ESPAÑA)

A. Barreiro^{1*}, A. Míguez-González¹, R. Cela-Dablanca¹, A. Núñez-Delgado¹, M.J. Fernández-Sanjurjo¹, E. Álvarez-Rodríguez¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo.

*Mail de contacto: ana.barreiro.bujan@usc.es

RESUMEN

El NO de España tiene unas 1.400.000 forestales, con un porcentaje importante ocupado por plantaciones de pino, eucalipto o castaño. Para mejorar la fertilidad de estos suelos se aplican fertilizantes inorgánicos (NPK) al establecer las plantaciones. El objetivo de este estudio es evaluar el uso de diferentes subproductos agroalimentarios como fertilizantes. Se estableció un área experimental en Rianxo, en una plantación de castaños, con 7 tratamientos distintos aplicados en dos dosis (12, 24 t ha⁻¹) en parcelas de 10 x 5 m. Los tratamientos eran: concha de mejillón, algas, estiércol de cabra, tres mezclas de estos en distintas proporciones y un compost que además tenía madera de pino y eucalipto. Las parcelas donde se aplicaron 12 t ha⁻¹ recibieron además la dosis habitual de NPK, mientras que en las parcelas con la dosis mayor no se añadió NPK. Cada tratamiento se replicó 4 veces, y se establecieron parcelas control para ambas dosis. Se analizaron diferentes propiedades fisicoquímicas (pH, C, N, P, humedad, materia orgánica, Ca, Mg, Na, K, Al, capacidad intercambio catiónica, textura) y biológicas (respiración, actividad enzimática β -Glucosidasa) de los suelos, 8 meses después del establecimiento de la parcela; así como la altura de los árboles y su porcentaje de supervivencia. Resultados preliminares mostraron que todos los tratamientos aplicados, independientemente de la dosis, mejoran los contenidos de agua y K y disminuyen el Al, este último especialmente significativo en el tratamiento con concha de mejillón. Con respecto a los castaños, en los que se añadieron los tratamientos con estiércol 100%, la mezcla 50% estiércol + 25% alga + 25% concha y el compost en la dosis 24 t ha⁻¹, mostraban alturas similares a los controles donde solo se añadió NPK. Además, el 50% de los árboles en las parcelas control murió debido a la sequía estival, mientras que la mortalidad fue más baja en cualquiera de los demás tratamientos. El uso de estos subproductos en plantaciones forestales es prometedor para la mejora de la fertilidad del suelo evitando añadir NPK y favoreciendo la supervivencia de los árboles en condiciones de sequía, pero son necesarios estudios a largo plazo.

Palabras clave: subproductos, suelo forestal, fertilidad.

SUELOS ISOHÚMICOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

E. Carbó^{1 2 *}, J. Sánchez^{1 2}, C. Añó²

¹ Departamento de Biología Vegetal, Universitat de València, Valencia, España

² Centro de Investigaciones sobre Desertificación -CIDE- (CSIC-UV-GVA), Valencia, España

*Mail de contacto: ester.carbo@uv.es

RESUMEN

En el contexto de las políticas europeas actuales comprometidas a promover la gestión sostenible, la conservación y el refuerzo de los sumideros y depósitos de carbono, los suelos isohúmicos adquieren una especial relevancia e interés entre los suelos forestales de la Comunidad Valenciana.

Los perfiles con un índice de isohumismo alto y muy alto, son los que más pueden contribuir al reservorio de carbono orgánico en el suelo ya que presentan propiedades excelentes, una estructura construida y un porcentaje de agregados estables muy alto que proporcionan una elevada estabilidad estructural y confieren al suelo una alta permeabilidad e infiltración y, por tanto, baja escorrentía. Estas características confieren un elevado valor ecológico a estos suelos que lamentablemente suelen encontrarse en frágil equilibrio con el ecosistema y acusan desproporcionadamente cualquier perturbación y les convierte por ello en indicadores sensibles de la calidad ambiental.

La base de datos de información de los Suelos del CIDE (CIDE-BDPINS, 1984-2012) recoge 170 perfiles isohúmicos. De su análisis se desprende que predominan los perfiles clasificados como Kastanozems (52%) siendo el Kastanozem cálcico el mayoritario (65%), les siguen los Phaeozems (39%) de los cuales el 58% se han clasificado como Phaeozem léptico y, por último y en menor medida también se encuentran los Chernozems cálcicos (9%). Los perfiles isohúmicos, que recoge esta base de datos, son más frecuentes en zonas forestales y montañosas poco alteradas del interior de las provincias de Castellón y Valencia quedando, por el contrario, muy localizados en la provincia de Alicante dado que las exigencias de unas condiciones climáticas y geomorfológicas favorables a la acumulación de humus son más difíciles de cumplir. Los Kastanozems cálcicos se desarrollan en partes bajas de las laderas y muestran la formación de un horizonte cálcico, generalmente no cementado. Los Phaeozems tienen gran interés biogeográfico y un desarrollo mediatizado por el factor climático o el material de origen que permitan el lavado y eliminación de los carbonatos.

Por último, el análisis de esta información muestra que la disponibilidad de perfiles edáficos isohúmicos bien caracterizados en la Comunidad Valenciana no solo permite mejorar el conocimiento científico sobre estos suelos, sino que también constituye una herramienta muy útil en la toma de decisiones relacionadas con conservación, restauración y planificación forestal.

Palabras clave: Kastanozems, Phaeozems, Chernozems.

PARTICIPACIÓN DE LA SECS EN EL 5th INTERNATIONAL SOIL JUDGING CONTEST CELEBRADO EN NANJING (CHINA)

J. Cámara^{1,2*}, M. Agulló³, V. Casero⁴, M. Ceacero⁵, M. Estrella¹, J. Boixadera⁶

¹ Departamento de Producción Agraria, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 28040, España

² CEIGRAM, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 28040, España

³ Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Elche, 03202, España

⁴ Escuela Politécnica de Huesca, Universidad de Zaragoza, Huesca, 22071, España

⁵ Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 28040, España

⁶ Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, Madrid, 28006, España

*Mail de contacto: joaquin.camara@upm.es

RESUMEN

Entre los días 2 y 6 de junio de 2026, y como parte del 23rd World Congress of Soil Science, se ha celebrado en Nanjing (China) la quinta competición mundial de descripción y clasificación de suelos "5th International Soil Judging Contest" (5th ISJC), dirigida a alumnos de educación superior. Las competiciones de descripción de suelos cuentan con una larga tradición en Estados Unidos y tienen como principales objetivos promover la Ciencia del Suelo entre estudiantes de carreras afines, y profundizar sus conocimientos y habilidades prácticas para describir, comprender e interpretar las características del suelo en el campo. Siguiendo el tipo de competición americana, el "1st International Soil Judging Contest" se llevó a cabo en junio de 2014 como un evento especial del 20th World Congress of Soil Science en Jeju, Corea. Excepto en esa primera ocasión, la Sociedad Española de Ciencias del Suelo (SECS) ha participado enviando un equipo a todas las competiciones internacionales celebradas desde entonces [2nd ISJC, Gödöllő (Hungría), 2015; 3rd ISJC, Rio de Janeiro (Brasil), 2018; 4th ISJC, Glasgow (Escocia), 2021; 1^a Competición de Suelos de América Latina, Santa Catarina (Brasil), 2023; 1st European Soil Judging Contest, Alcoy (España), 2025] obteniendo muy buenos resultados, gracias al buen nivel de los alumnos españoles que siempre se implican al máximo durante la semana de curso-concurso. El alcance de este evento ha ido creciendo edición tras edición, y en esta ocasión se dieron cita en Nanjing 22 equipos de 18 países distintos. En esta comunicación se valoran los positivos aspectos de estas competiciones, tanto en los estudiantes participantes como en la Ciencia del Suelo en su conjunto, se presenta un resumen del desarrollo de la semana de competición en Nanjing y se da cuenta de los resultados obtenidos por los alumnos integrantes del equipo de la SECS.

Palabras clave: soil judging contest, Nanjing, equipo, SECS.

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y GENES BACTERIANOS RELACIONADOS CON LA PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS POLIMÉRICAS EXTRACELULARES EN TECNOSUELOS

R. Soria^{1,2*}, A. Comeau³, R. Ortega², L. López², F. Gómez², F. Morillas², I. Miralles^{2*}

¹ Departamento de Tecnología Agroforestal, Ciencia y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Campus Universitario s/n, Universidad de Castilla-La Mancha, E-02071 Albacete, España.

² Departamento de Agronomía y Centro de Investigación en Agrosistemas Intensivos Mediterráneos y Biotecnología Agroalimentaria (CIAIMBITAL), Universidad de Almería, E-04120, Almería, España..

³ Integrated Microbiome Resource, Dalhousie University, Halifax, Nueva Escocia, Canadá.

*Mail de contacto: rocio.soria@uclm.es

RESUMEN

La aplicación de enmiendas orgánicas en suelos afectados por actividades extractivas constituye una estrategia efectiva para construir Tecnosoles y recuperar la cubierta edáfica en canteras semiáridas. Además de contribuir a la economía circular, estos aportes pueden promover la agregación y mejorar la estructura del suelo. Sin embargo, aún falta comprensión sobre cómo distintos residuos orgánicos modulan el potencial funcional de las comunidades bacterianas implicadas en la producción de sustancias poliméricas extracelulares (EPS), compuestos microbianos relacionados con la cementación de partículas y la estabilidad de agregados. Este estudio evaluó genes asociados a la síntesis, modificación y exportación de EPS mediante secuenciación metagenómica shotgun en Tecnosoles desarrollados en una cantera caliza semiárida de la Sierra de Gádor (Almería, SE España). Los Tecnosoles fueron enmendados con compost de restos vegetales de jardinería, compost de residuos hortícolas de invernadero y lodos de depuradora. Cada enmienda se incorporó en los primeros 20 cm del suelo en parcelas de 10 x 5 m, estableciéndose tres réplicas por tratamiento y tres parcelas control sin enmendar. La secuenciación se realizó en plataforma Illumina y los datos se analizaron mediante un pipeline personalizado basado en Kraken2+MMseqs2. La estabilidad de agregados se determinó mediante tamizado en húmedo. Los Tecnosoles enmendados mostraron un incremento del 25% en la estabilidad de agregados respecto a los controles, coincidiendo con una mayor abundancia de genes potencialmente implicados en la síntesis, modificación y exportación de EPS. Los genes *wza* y *etk-wzc*, asociados a la exportación y ensamblaje de polisacáridos extracelulares o capsulares, se vincularon principalmente a *Altererythrobacter*, *Cellvibrio*, *Nitrospira*, *Pseudomonas*, *Achromobacter* y *Massilia*, mientras que *bcsA* se relacionó con *Arthrobacter*, *Actinoplanes* y *Sinorhizobium*. Los genes asociados al metabolismo del alginato estuvieron dominados por *Pseudomonas* para *algE*, *algX* y *algJ*, mientras que *algI* presentó una distribución taxonómica más diversa, incluyendo *Bradyrhizobium* y *Burkholderia*. Estos resultados sugieren que las enmiendas orgánicas podrían favorecer comunidades bacterianas con potencial para producir polímeros extracelulares implicados en la estabilidad estructural de Tecnosoles.

Agradecimientos: TECHBIOSOL-PID2024-156189OB-I00/MICIU/AEI/10.13039/501100011033 / FEDER, UE y JDC2023-052350-I, MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Palabras clave: Enmiendas orgánicas, metagenómica shotgun, agregación del suelo.

RESPUESTA DEL SUELO A LA MADERA QUEMADA REMANENTE EN UNA CRONOSECUENCIA POST-INCENDIO EN CLIMA SEMIÁRIDO

R. Soria^{1,2*}, M. D. Carmona¹, P. A. Plaza-Álvarez¹, A. Asmiri¹, J.L. González¹, M.E. Lucas-Borja¹

¹ Departamento de Tecnología Agroforestal, Ciencia y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Campus Universitario s/n, Universidad de Castilla-La Mancha, E-02071 Albacete, España.

² Centro de Investigación en Agrosistemas Intensivos Mediterráneos y Biotecnología Agroalimentaria (CIAIMBITAL), Universidad de Almería, E-04120, Almería, España.

*Mail de contacto: rocio.soria@uclm.es

RESUMEN

La gestión de la madera quemada tras incendios forestales sigue siendo objeto de debate en ecosistemas mediterráneos, ya que su retirada puede facilitar actuaciones post-incendio, pero también eliminar estructuras que influyen en la recuperación del suelo. Tras el fuego, los troncos quemados caídos pueden generar microhábitats edáficos bajo la madera, actuando como focos locales de acumulación orgánica y actividad microbiana dentro del mosaico post-incendio. El estudio se desarrolló en tres incendios forestales de Albacete (SE, España), bajo clima mediterráneo semiárido, ocurridos en 2012, 2016 y 2021, que representan una cronosecuencia de 14, 10 y 5 años tras el fuego. En cada incendio se seleccionaron zonas de solana y umbría. Se muestrearon suelos bajo troncos gruesos ($\varnothing > 12$ cm) y finos ($\varnothing < 12$ cm), junto con controles pareados no cubiertos por madera. Se determinaron pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico total y actividades deshidrogenasa, β -glucosidasa y fosfatasa alcalina. Los datos se analizaron mediante contrastes pareados, cambios relativos y análisis multivariantes de variación y dispersión. Los suelos bajo troncos gruesos mostraron una respuesta edáfica más marcada que sus controles. La actividad deshidrogenasa fue significativamente mayor y el carbono orgánico total mostró una tendencia al aumento, con incrementos relativos de +19,2 % en carbono orgánico total, +18,3 % en conductividad eléctrica y +16 % en deshidrogenasa. Este patrón podría relacionarse con la mayor capacidad de los troncos gruesos para sombrear el suelo, amortiguar las condiciones microambientales y aportar restos leñosos de forma prolongada. En cambio, los troncos finos mostraron respuestas más débiles y variables, sin incrementos consistentes en carbono orgánico ni en actividad enzimática. La magnitud de los efectos varió entre incendios, sin un patrón temporal claro, lo que podría reflejar la lentitud de los procesos edáficos en condiciones semiáridas y la variabilidad ambiental de cada zona quemada. Aunque la orientación influyó en la variabilidad edáfica general, no modificó claramente el patrón observado bajo troncos gruesos. Además, la mayor variabilidad de los suelos bajo tronco apunta a un aumento de la heterogeneidad edáfica local. Estos resultados apoyan la idea de que la madera quemada remanente, especialmente la de mayor diámetro, puede generar microhábitats con acumulación de materia orgánica y favorecer la actividad microbiana dentro del mosaico edáfico post-incendio.

Agradecimientos: MULTIFIRE-PID2024-151205OB-C21/MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE y JDC2023-052350-I/MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Palabras clave: actividad microbiana; microhábitats post-incendio; carbono orgánico.

VARIABILIDAD EN LA AGREGACIÓN DEL SUELO TRAS INCENDIOS FORESTALES: EL PAPEL DE LA FRECUENCIA DEL FUEGO Y LA VEGETACIÓN EN EL NOROESTE DE TÚNEZ

R. Aouachri^{1*}, L.D. Olivares-Martinez¹, V. Arcenegui¹, J. Mataix-Solera¹

¹ Grupo de Edafología y Tecnologías del Medio Ambiente (GETECMA). Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández.

*Mail de contacto: rania.aouachri@goumh.umh.es

RESUMEN

Los incendios forestales pueden modificar la estructura y la fertilidad del suelo, con efectos que dependen del biotopo local. Este estudio se centra en suelos forestales del noroeste de Túnez y evalúa el impacto del fuego sobre la agregación del suelo, considerando distintas historias de incendios (frecuencia) y dos tipos de vegetación: alcornocales y pinares. Para ello, se recolectaron muestras en áreas quemadas y no quemadas en los últimos 11 años previos al estudio, pertenecientes a diferentes formaciones forestales representativas de la región y se realizaron múltiples modelos lineales mixtos, así como una selección de modelos con el menor AIC.

El contenido total de macroagregados y su estabilidad se determinaron para la fracción entre 4 y 0,25 mm mediante un simulador de lluvia en condiciones de laboratorio. Los resultados muestran que el efecto del fuego varía según las condiciones locales: en la mayoría de las áreas quemadas se observa un aumento significativo de la estabilidad de los agregados, mientras que en algunas otras se registra la tendencia opuesta. Este comportamiento coincide con los patrones descritos en la literatura para distintos tipos de suelo y grados de severidad del incendio.

Además, esta variabilidad también puede explicarse por la frecuencia de incendios, el tiempo transcurrido desde el último evento y el tipo de vegetación. En conjunto, estos resultados indican que la respuesta del suelo al fuego depende en gran medida de las historias locales de incendios y de la cubierta vegetal, lo que subraya la necesidad de desarrollar estrategias de gestión adaptadas para preservar la resiliencia de los suelos forestales tras los incendios.

Palabras clave: fuego, Túnez, estabilidad de agregados, resiliencia.

DINÁMICAS DE RECUPERACIÓN DEL SUELO BAJO DISTINTOS ESTADOS SUCESIONALES POST-INCENDIO EN UN ECOSISTEMA MEDITERRÁNEO

C. Cornolti¹, C. Ruiz Martínez², C. Ferré¹, J. Mataix-Solera², F. García-Orenes², M. García-Carmona^{2*}

¹ Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Milan, Italy

² Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España.

*Mail de contacto: minerva.garcia@umh.es

RESUMEN

Los incendios forestales constituyen un importante motor de cambio en los ecosistemas mediterráneos, cuya frecuencia y severidad han aumentado en las últimas décadas debido al cambio climático y a las transformaciones en el uso del suelo. Comprender la recuperación a largo plazo de estos ecosistemas representa un desafío urgente, especialmente en relación con el papel del suelo y de organismos clave en la recuperación, como las biocostras. Seis años después del incendio de la Sierra de Beneixama (2019, Alicante), en un bosque renaturalizado de *Pinus halepensis*, se evaluó cómo diferentes estados sucesionales influyen en la recuperación de un suelo afectado por incendio. Se analizaron muestras de suelo (0-2,5 cm) bajo cuatro coberturas representativas: suelo desnudo, biocostra de cianobacterias, biocostra de musgos y vegetación vascular (*Ulex parviflorus*), comparándolas con una zona no quemada. Actualmente, el sistema presenta procesos erosivos activos que mantienen un 22% de suelo desnudo, mientras que la cobertura arbustiva domina en un 58% y las biocostras ocupan un 17% de la superficie. Los resultados indican que la capacidad de campo del suelo aumenta con el desarrollo de la cobertura (aunque las diferencias no son estadísticamente significativas), mientras que la conductividad hidráulica muestra una tendencia inversa. Las cianobacterias colonizan el suelo inestable cuando cesa la erosión, incrementando la respiración edáfica basal y la densidad aparente. Los musgos presentaron una menor estabilidad de agregados, probablemente por su mayor madurez temporal, sin reflejar aumentos significativos en nutrientes o carbono orgánico (CO). La vegetación vascular mostró mayor contenido en CO, pero una menor conductividad hidráulica, sugiriendo algo de hidrofobicidad. En conclusión, aunque los parámetros de las coberturas sucesionales aún difieren del control no quemado en variables críticas como CO y nitrógeno, se observa una tendencia positiva hacia la recuperación funcional del suelo. Sin embargo, los procesos erosivos activos aun controlan la dinámica actual del ecosistema, interactuando con la implantación de la cubierta vegetal.

Palabras clave: biocostra, incendio forestal, gradiente sucesional.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS SUELOS DE EIVISSA

J. Vadell¹, A. Forss¹

¹Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears; 07122 Palma
Mail de contacto: jaume.vadell@uib.es

RESUMEN

Se ha realizado la caracterización mineralógica de 27 muestras correspondientes a distintos horizontes de 9 suelos agrícolas de la isla de Eivissa. Las determinaciones analíticas incluyen la mineralogía de la fracción de tierra fina, la textura, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el contenido en carbono orgánico y el agua retenida a 1,5 MPa. Además, en 10 muestras se cuantificaron los minerales de arcilla a partir de los correspondientes agregados orientados.

El componente mayoritario son los filosilicatos, con un valor mediano de 805 g/kg. El cuarzo presenta contenidos moderados, con una mediana de 70 g/kg y un valor máximo de 203 g/kg. Feldespatos y plagioclasas están presentes en todas las muestras, aunque con contenidos reducidos, con medianas entre 10 y 12 g/kg. Los carbonatos, principalmente en forma de calcita, muestran una elevada variabilidad, desde horizontes en los que no se detecta su presencia hasta contenidos máximos de 702 g/kg. El aragonito aparece en tres muestras, con contenidos entre 15 y 56 g/kg, mientras que la dolomita únicamente se identificó en una muestra (41 g/kg).

Las illitas son los minerales de arcilla dominantes y representan, en la mayoría de las muestras analizadas, más de la mitad de los minerales de arcilla presentes, con un valor medio de 564 g/kg de arcilla. No se identificaron arcillas expandibles puras; sin embargo, todas las muestras presentan contenidos elevados de interstratificados de illita-esmectita, con una media de 325 g/kg de arcilla. La caolinita y las cloritas también están presentes en todas las muestras, aunque con contenidos moderadamente bajos, con medias de 43 y 39 g/kg de arcilla, respectivamente.

En conjunto, los suelos analizados muestran una notable variabilidad en la composición mineralógica de la tierra fina, condicionada principalmente por el contenido en carbonato cálcico, que influye en la proporción de los restantes minerales. Excluyendo el efecto de los carbonatos, el resto de minerales mantiene una relación proporcional relativamente constante. Esta tendencia es especialmente evidente en los minerales de arcilla, cuyos contenidos son similares en las 10 muestras analizadas. La CIC y el agua retenida a 1,5 MPa presentan una elevada correlación con la fracción arcilla, lo que corrobora dicha similitud.

Palabras clave: minerales de la tierra fina, minerales de arcilla, agua retenida a 1,5 MPa.

AI4FIRES: INTEGRACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TELEDETECCIÓN PARA EL SEGUIMIENTO POST-INCENDIO

L.D. Olivares-Martínez¹, I. Meléndez Pastor^{1*}, M. García-Carmona¹, J. Mataix-Solera¹,
O.M. López Granado², M.O. Martínez Rach²; H.F. Migallón Gomis²

¹ Grupo de Edafología Ambiental y Tecnologías del Medio Ambiente (GETECMA), Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Elche, España.

² Grupo de Arquitectura y Tecnología de Computadores (GATCOM), Departamento de Ingeniería de Computadores, Universidad Miguel Hernández, Elche, España.

*Mail de contacto: imelendez@umh.es

RESUMEN

El fuego forma parte de la dinámica natural de numerosos ecosistemas. Sin embargo, en las últimas décadas, los incendios forestales han aumentado en extensión, intensidad y severidad, generando importantes impactos ambientales, sociales y económicos. En la región mediterránea, y especialmente en España, factores como el abandono rural, la expansión de masas forestales poco gestionadas y el incremento de las temperaturas y las sequías asociado al cambio climático han favorecido la aparición de grandes incendios forestales. Este escenario pone de manifiesto la necesidad de desarrollar herramientas innovadoras que faciliten la toma de decisiones en materia de prevención, restauración y planificación territorial. En este contexto, el suelo constituye un elemento clave debido a su papel fundamental en el mantenimiento de la estabilidad y funcionalidad de los ecosistemas. La integración de datos de teledetección con técnicas avanzadas de análisis, como los algoritmos de aprendizaje automático, permite mejorar la capacidad para monitorizar y predecir las trayectorias de recuperación de los ecosistemas tras el fuego. En este marco surge el proyecto AI4FIRES, cuyo objetivo es desarrollar un sistema de seguimiento post-incendio basado en inteligencia artificial para el procesamiento de información geoespacial. El proyecto se desarrolla a escala municipal en la provincia de Alicante, donde las administraciones locales tienen competencias relevantes en ordenación del territorio, aunque con frecuencia carecen de recursos técnicos suficientes. El área de estudio se centra en varios municipios de la Vall d'Ebo, afectados por grandes incendios forestales en 2000, 2009, 2015 y 2022. Como caso de estudio, se realizó un seguimiento de la evolución del incendio de 2022 mediante el análisis de imágenes satelitales correspondientes al periodo previo al incendio y a distintas fases de la recuperación post-incendio. Estos análisis permiten evaluar la regeneración de la vegetación mediante mapas históricos de cambios de cobertura del suelo y el cálculo automatizado de indicadores de recuperación, proporcionando información útil para la gestión y planificación de territorios afectados por incendios forestales.

Palabras clave: incendio forestal, inteligencia artificial, recurrencia.

LIVING LAB GRANADA TIERRA VIVA: EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS INNOVADORAS PARA LA SALUD DEL SUELO EN AGROECOSISTEMAS MEDITERRÁNEOS

M. Merkohasanaj^{1*}, J. Contero Hurtado¹, M. Higuera-Valdivia¹, J. Rodrigo Comino², E. Romero Frías³, A. Romero-Freire¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola (Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España)

² Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física (Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Granada, España)

³ Vicerrectorado de Innovación Social, Empleabilidad y Emprendimiento (Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Granada, España)

*Mail de contacto: matilda_m@ugr.es

RESUMEN

Granada Tierra Viva (GTV) surge como un laboratorio vivo desarrollado en el marco del proyecto europeo SOILCRATES (*financiado por Horizon Europe*), orientado a la evaluación, promoción y transferencia de prácticas innovadoras para la mejora de la calidad y salud del suelo en sistemas agrarios mediterráneos. Este laboratorio integra investigación científica, participación de agricultores y ciudadanos, y toma de decisiones a nivel territorial, con el objetivo de generar soluciones aplicables en condiciones reales de campo. Dentro de este proyecto se han concedido 11 proyectos piloto regionales, liderados por asociaciones, agricultores, pymes y centros de investigación, que pondrán en práctica entre 2026 y 2028 estrategias innovadoras para la mejora del suelo. A partir de estos pilotos y otros puntos estratégicos, GTV está realizando una radiografía de la salud del suelo mediante datos armonizados y comparables a escala europea, destinados a apoyar la toma de decisiones y responder a los requisitos de la nueva ley de suelos. Las localizaciones seleccionadas representan una amplia variedad de sistemas productivos, incluyendo almendros, olivos, invernaderos y cultivos agroforestales dominados por encinas o chopos. La evaluación de la salud del suelo se realiza mediante indicadores físicos, químicos y biológicos. Los indicadores físicos incluyen la textura, la densidad aparente y la capacidad de retención de agua. Los indicadores de fertilidad abarcan el carbono orgánico del suelo (incluyendo sus fracciones POM y MAOM), el nitrógeno total, nutrientes esenciales, así como parámetros clave como el pH y la capacidad de intercambio catiónico. Los indicadores de degradación consideran procesos como la erosión hídrica, la salinidad y la contaminación por metales pesados. Finalmente, los indicadores biológicos incluyen la actividad enzimática (deshidrogenasa) y la abundancia y diversidad de microorganismos (bacterias, arqueas y hongos), proporcionando una visión integral del funcionamiento biológico del suelo. Los resultados permitirán identificar prácticas innovadoras que mejoren la fertilidad, estructura y resiliencia del suelo frente al cambio climático. Además, la armonización de indicadores facilitará su integración en políticas europeas, contribuyendo al desarrollo de estrategias basadas en evidencia científica para una gestión sostenible del suelo.

Palabras clave: salud del suelo, indicadores edáficos, living lab, SOILCRATES.

EVALUACIÓN GEOQUÍMICA-ESPACIAL DE CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN EL ENTORNO DE LA ANTIGUA MINA LA CONSTANCIA (LUGO)

R. Forján^{1,2*}, V. Hernandez-Nicolás², T. Cueto-Padrós², J. R. Gallego², M. J. Fernández-Sanjurjo³, A. Núñez-Delgado³, E. Álvarez-Rodríguez³, A. Barreiro³, L. Salgado²

¹ Área de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, Universidad de Salamanca, Salamanca, España

² Grupo de Biogeoquímica Ambiental y Materias Críticas e INDUROT, Campus de Mieres, Universidad de Oviedo, Mieres, España

³ Departamento de Edafología e Química Agrícola, Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Campus Terra, Universidade de Santiago de Compostela, España

*Mail de contacto: forjanruben@usal.es

RESUMEN

La antigua mina de La Constancia, situada en Azúmara, Castro de Rei, Lugo, constituye un pasivo minero asociado a la explotación histórica de arsénico y clausurado sin un plan específico de cierre y restauración ambiental. Este estudio evalúa el impacto actual de dicha actividad sobre los suelos y la vegetación del entorno, integrando una aproximación geoquímica, espacial e histórico-forense.

El muestreo se diseñó considerando los vientos dominantes de la zona, con el fin de analizar la dispersión potencial de partículas contaminadas desde la explotación. Se establecieron 36 puntos de muestreo distribuidos hasta 1 km de distancia máxima desde la mina, priorizando el gradiente de proximidad respecto a la escombrera principal. En cada punto se recogieron dos muestras de suelo: una superficial, correspondiente a los primeros 5 cm, y otra profunda, hasta 20 cm. Además, se tomaron muestras de vegetación para evaluar la transferencia del arsénico desde el suelo hacia los tejidos vegetales, tanto en raíz como en la parte aérea. En laboratorio se determinaron pH, materia orgánica y concentraciones de As total y disponible mediante extracción TCLP, así como el contenido de As en raíz y parte aérea. Los datos fueron integrados en un Sistema de Información Geográfica para generar cartografía temática mediante interpolación espacial. Los resultados evidencian una contaminación intensa y espacialmente heterogénea, con los valores máximos en los puntos más próximos a la escombrera. En el conjunto analizado se registraron concentraciones máximas de hasta 30.292,6 mg kg⁻¹ de As total en muestras profundas. La fracción disponible estimada mediante TCLP alcanzó máximos de 195,05 mg kg⁻¹ en superficie y 182,21 mg kg⁻¹ en profundidad. Estos valores confirman la persistencia de la explotación como fuente activa de contaminación. En vegetación, las concentraciones máximas fueron de 118,1 mg kg⁻¹ en raíz y 46,9 mg kg⁻¹ en parte aérea, con valores medios de 22,9 mg kg⁻¹ y 11,9 mg kg⁻¹. La vegetación actúa mayoritariamente como compartimento de retención radicular; sin embargo, en zonas de uso agroforestal se observa mayor transferencia hacia la parte aérea, lo que implica un riesgo potencial de incorporación del arsénico a la cadena trófica.

Palabras clave: Pasivo minero, suelos contaminados, vegetación herbácea, bioconcentración, translocación.

DE RESIDUO A SOLUCIÓN: VALORIZACIÓN DE UN SUBPRODUCTO DE DOLOMÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE SUELOS

R. Forján^{1,2*}, M. Larramona², L. Merchán¹, A.M. Martínez-Graña³, J. R. Gallego², L. Salgado²

¹Área de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, Universidad de Salamanca, Salamanca, España

²Grupo de Biogeoquímica Ambiental y Materias Críticas e INDUROT, Campus de Mieres, Universidad de Oviedo, Mieres, España

³Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos, 37008 Salamanca, España

*Mail de contacto: forjanruben@usal.es

RESUMEN

La rehabilitación de suelos ácidos afectados por contaminación metálica constituye un reto ambiental prioritario en áreas degradadas por minería. Paralelamente, la generación de subproductos industriales exige estrategias de valorización enmarcadas en la economía circular. Este estudio evalúa la eficacia de un subproducto de dolomía, aplicado solo o combinado con vermicompost o biochar, como enmienda para recuperar funcionalmente un suelo ácido contaminado (Cu, Zn y As) y favorecer la fitoestabilización mediante *Lolium multiflorum*. El ensayo se desarrolló en invernadero mediante macetas. Se comparó un suelo contaminado sin enmendar frente a cinco tratamientos: suelo con subproducto de dolomía, con vermicompost, con biochar, con vermicompost y subproducto de dolomía, y con biochar y subproducto de dolomía. Se evaluaron pH, carbono orgánico, N, P disponible, CIC, saturación por aluminio, movilidad de metal(oid)es mediante TCLP, biomasa, acumulación de metales en planta y secuestro de carbono. El subproducto de dolomía mostró una elevada capacidad neutralizante, incrementando el pH desde valores extremadamente ácidos hasta la neutralidad-alcalinidad, aumentando la CIC y reduciendo la saturación por aluminio hasta valores prácticamente nulos. El biochar aplicado solo produjo un incremento moderado del pH, aumentó el carbono orgánico y elevó la relación C/N, aunque su efecto sobre la CIC fue limitado. Además, redujo la disponibilidad de Cu y Zn y mantuvo el As por debajo del límite de detección. Combinado con el subproducto de dolomía, mejoró la corrección de la acidez y la CIC respecto al biochar solo, aunque fue menos eficaz que la combinación con vermicompost para reducir la movilidad de Zn y favorecer la producción vegetal. La vegetación no se estableció en el suelo control, pero sí en todos los suelos enmendados, con máxima biomasa con vermicompost. Sin embargo, el vermicompost solo incrementó la movilidad del As, efecto parcialmente mitigado por su coaplicación con el subproducto de dolomía. En conjunto, los resultados evidencian que la combinación de subproducto de dolomía y vermicompost constituye una estrategia circular, de bajo impacto y escalable para rehabilitar suelos mineros, reducir la biodisponibilidad de metal(oid)es y favorecer la fitoestabilización. El biochar aportó beneficios en carbono orgánico, inmovilización parcial de metal(oid)es y corrección de la acidez.

Palabras clave: biochar, minería, soluciones basadas en la naturaleza.

EFFECTOS DEL REGADÍO Y CAMBIO DE CULTIVO C3/C4 SOBRE LA DINÁMICA DEL CARBONO INORGÁNICO DEL SUELO: LIMITACIONES DEL MÉTODO ISOTÓPICO

A.P. Conte^{1*}, I.S. de Soto¹, P. Barré², K. Zamanian³, H. Urmeneta⁴, R. Antón¹, A. Enrique¹, I. Virto¹

¹ Departamento de Ciencias-ISFOOD, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España

² Laboratoire de Géologie de l'ENS - PSL Research University, Paris, Francia

³ Institute of Earth System Sciences, Section Soil Science, Leibniz University of Hannover, Hannover, Alemania

⁴ Departamento de Estadística, Informática y Matemáticas, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España

*Mail de contacto: anapaula.conte@unavarra.es

RESUMEN

El carbono inorgánico del suelo (CIS), presente principalmente como carbonatos alcalinotérreos en suelos calizos, constituye un reservorio de carbono de gran relevancia en regiones semiáridas mediterráneas, donde puede superar ampliamente al carbono orgánico. Su respuesta al manejo agrícola, y en particular a la introducción del riego y al cambio de cultivo, sigue siendo escasamente conocida.

El presente trabajo evalúa los cambios en la dinámica del CIS en el horizonte labrado (0–30 cm) de un Cambisol Cálcico de Navarra (España), con un contenido inicial de carbonatos del 41%, a lo largo de un experimento de campo de 7 años con parcelas pareadas bajo cuatro tratamientos: trigo en secano, trigo en regadío, maíz en secano y maíz en regadío. La tipología de carbonatos —litogénicos versus edafogénicos— se determinó mediante isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$), aplicando la ecuación de mezcla de Salomons y Mook (1976).

El contenido total de CIS no mostró variaciones estadísticamente significativas en ninguno de los tratamientos, resultado atribuible al elevado contenido de carbonatos, que enmascara cambios pequeños en el stock. No obstante, la proporción de carbonatos edafogénicos sí se modificó apreciablemente. En las parcelas de maíz regado (507 L/m²/año), el incremento fue detectable a partir del tercer año; en maíz en secano, no hasta el sexto. En trigo, tanto en secano como en regadío (165 L/m²/año), la tipología permaneció estable. Estos resultados indican que el volumen de agua aplicada y la mayor incorporación de residuos de maíz —con el consiguiente incremento de la presión parcial de CO₂— constituirían los principales factores impulsores de la neoformación de carbonatos edafogénicos.

Asimismo, el estudio pone de manifiesto una limitación metodológica de primer orden: la ecuación de Salomons y Mook depende críticamente de la firma isotópica del carbono orgánico del suelo. Ante un cambio de cultivo de plantas C3 (trigo, $\delta^{13}\text{C}$ SOC \approx -27‰) a plantas C4 (maíz, $\delta^{13}\text{C}$ SOC \approx -13‰), el enriquecimiento progresivo en ¹³C puede interpretarse erróneamente como neoformación de carbonatos edafogénicos, cuestionando la fiabilidad de dicha ecuación en contextos de cambio de cultivo y evidenciando la necesidad de métodos analíticos más robustos.

Palabras clave: Carbono inorgánico del suelo, carbonatos edafogénicos, riego, isótopos estables de carbono

INBESTSOIL: IMPULSANDO INVERSIONES SOSTENIBLES PARA UN FUTURO RESILIENTE — RESULTADOS TRAS TRES AÑOS DE PROYECTO

D. Fernández-Calviño^{1,2*}, V. Sánchez-Navarro^{3,4}, R. Zornoza^{3,4}, A. Rodríguez-Seijo^{1,2}

¹ Departamento de Biología Vexetal e Ciencia do Solo, Edificio Politécnico-As Lagoas s/n, Universidade de Vigo, 32004 Ourense, Spain

² Instituto de Agroecoloxía e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, Ourense, España

³ Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena, Spain

⁴ Instituto de Biotecnología Vegetal (IBV), Campus Muralla del Mar, Edificio I+D+I, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202 Cartagena, Spain

*Mail de contacto: davidfc@uvigo.gal

RESUMEN

InBestSoil (www.inbestsoil.eu) es un proyecto europeo orientado a valorar económicamente los servicios ecosistémicos del suelo e impulsar inversiones en su salud. Su objetivo central es integrar consideraciones sobre la salud del suelo tanto en el ámbito empresarial como en el de las políticas públicas. Entre sus principales líneas de trabajo destacan: el desarrollo de indicadores de salud del suelo que integran dimensiones ecológicas, agronómicas y económicas; el análisis y codiseño de modelos de negocio sostenibles; la evaluación de políticas e incentivos económicos; y la difusión del conocimiento generado. InBestSoil articula su actividad en torno a dos lugares de experimentación y siete lugares “faros” en cuatro regiones biogeográficas de Europa (Atlántica, Boreal, Continental y Mediterránea) y en diferentes usos del suelo (agricultura, bosque, urbano y minería), donde se han comparado prácticas convencionales con alternativas más sostenibles para la salud del suelo. Además, en cada una de estas zonas, se promueve la co-creación con agricultores, empresas, investigadores o comunidades locales. Se ha completado un mapeo inicial de más de 200 *stakeholders*, lo que ha permitido un compromiso efectivo con actores diversos a lo largo de toda la cadena de valor del suelo. Entre los logros más destacados figura la identificación y clasificación de nueve arquetipos de modelos de negocio sostenibles, organizados en las dimensiones ambiental-tecnológicas, sociales-organizativas y económicas. Además, se ha desarrollado una plataforma digital colaborativa (www.soilcommunity.app) que facilita la interacción entre proyectos europeos y partes interesadas externas. Por otra parte, el análisis econométrico de más de 2.700 explotaciones agrarias ha aportado evidencia robusta sobre los intercambios entre productividad y salud del suelo. Además, se han proporcionado las herramientas y se han sentado las bases para que varios lugares “faro” puedan ser considerados como Laboratorios Vivos. En materia de políticas, el proyecto ha cartografiado incentivos económicos a nivel europeo, nacional y regional, e identificado brechas en los marcos regulatorios vigentes. Sus resultados contribuyen directamente a instrumentos clave. En definitiva, InBestSoil representa un avance significativo al ofrecer un marco integrado, operativo e interdisciplinar para la protección y restauración del suelo en Europa.

Agradecimientos: InBestSoil es un proyecto financiado por Horizonte Europa (acuerdo 101091099).

Palabras clave: salud del suelo, nuevos modelos de negocio, economía circular.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES RESIDUOS, HIDROCHARS Y BIOCHARS COMO BIOADSORBENTES DE SALINOMICINA

A. Míguez-González^{1*}, A. Barreiro¹, R. Cela-Dablanca¹, D.C. Machado², M. Díaz-Raviña³, J.J. Villaverde³, B. Sevilla-Morán³, T.A. Centeno⁴, A. Amado-Fierro⁴, A. Núñez-Delgado¹, E. Álvarez-Rodríguez¹, M. J. Fernández-Sanjurjo¹.

¹ Departamento de Edafología e Química Agrícola, Escola Politécnica de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, 27002, Lugo, España.

² Departamento de Ciencias del Suelo, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Estado de São Paulo, Brasil.

³ Departamento de Suelos, Biosistemas y Ecología Agroforestal, Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC), Avda. de Vigo, s/n, 15705, Santiago De Compostela, España.

⁴ Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCA, CSIC), Francisco Pintado Fe, 2633011, Oviedo, España

*Mail de contacto: ainoa.miguez.gonzalez@usc.es

RESUMEN

Los antibióticos ionóforos, como la salinomicina, son ampliamente empleados en ganadería intensiva como coccidiostáticos. Estos fármacos se incluyen como aditivos alimentarios en el pienso del ganado, excretándose hasta un 90% de la cantidad ingerida en su forma original. A través de la aplicación de purines como fertilizantes, estos compuestos se incorporan al suelo, generando riesgos ambientales como la aparición de resistencias bacterianas, efectos ecotóxicos y su posible entrada en la cadena trófica. Debido a la elevada toxicidad de los antibióticos ionóforos para los seres humanos, no se pueden utilizar en sus tratamientos. En consecuencia, es especialmente relevante su control para evitar que se incorporen en la cadena trófica, lo que comprometería la seguridad alimentaria. La salinomicina ha sido detectada en aguas de río, purines de cerdo y sedimentos fluviales por lo que es interesante estudiar la capacidad que tienen diferentes materiales residuales para retirarlos de estos compartimentos ambientales. En este contexto, el presente trabajo estudió el potencial de diez materiales residuales para actuar como bioadsorbentes de este fármaco. Los materiales evaluados incluyeron residuos/subproductos (ceniza, concha, corteza, posos de café, bagazo de uva), hidrochars elaborados a partir de diferentes residuos orgánicos (residuos municipales, residuos verdes, madera, bagazo de uva) y un biochar (procedente de eucalipto). Para evaluar su capacidad de adsorción se realizaron ensayos tipo Batch añadiendo concentraciones crecientes de salinomicina (100-1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Los resultados indicaron una elevada adsorción en todos los materiales estudiados, con porcentajes entre el 90 y 100%, siendo la retención total en las dosis más altas (100%). La desorción fue siempre inferior al 5%, lo que indica que la salinomicina es retenida por estos materiales de forma irreversible. Cabe destacar la ausencia de diferencias en la capacidad de adsorción entre los materiales sin tratar y tratados térmicamente, presentando el bagazo de uva un poder de retención similar a su propio hidrochar y al biochar. En conclusión, los materiales estudiados son alternativas prometedoras, sostenibles y económicas para la remediación de suelos y aguas contaminados por salinomicina.

Palabras clave: salinomicina, bioadsorbentes, adsorción, desorción, economía circular.

EFICIENCIA DE *HYDROCHARS* Y *BIOCHARS* FRENTE A MATERIALES RESIDUALES EN LA RETENCIÓN DE AMOXICILINA

R. Cela-Dablanca^{1*}, A. Míguez-González¹, D.C. Machado², B. Sevilla-Morán³, J.J. Villaverde³, M. Díaz-Raviña³, T.A. Centeno⁴, A. Amado-Fierro⁴, A. Barreiro¹, A. Núñez-Delgado¹, M.J. Fernández-Sanjurjo¹, E. Álvarez-Rodríguez¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, 27002, Lugo, España

² Departamento de Ciencias del suelo, Escuela de ciencias agrarias y veterinarias, Universidade del Estado de São Paulo, Brasil

³ Departamento de Suelos, Biosistemas y Ecología Agroforestal, Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC), Avda. de Vigo s/n, Santiago de Compostela 15705, España

⁴ Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC), Francisco Pintado Fe 26, 33011, Oviedo, España

*Mail de contacto: raquel.dablanca@usc.es

RESUMEN

La amoxicilina (AMX) es un antibiótico ampliamente utilizado en medicina humana para tratar enfermedades infecciosas. Sin embargo, debido a su amplio uso y a que gran parte de ella es excretada mediante heces y orina tras su consumo, ésta puede entrar en el suelo al aplicar lodos EDAR como fertilizantes. Aunque en Galicia está prohibido utilizar estos lodos sin ser tratados previamente por gestores de residuos, los tratamientos convencionales no están diseñados para eliminar antibióticos, por lo que su eficacia no es total. El suelo actúa como sumidero, reteniendo estos contaminantes. Sin embargo, en función de la capacidad de retención del suelo, estos fármacos pueden ser incorporados por las plantas o bien movilizarse hacia las masas de agua.

En este trabajo se estudia la capacidad que tienen tres materiales residuales (corteza de pino, ceniza y concha de mejillón), seis *hydrochars* elaborados a partir de diferentes residuos orgánicos y un biochar, para adsorber amoxicilina, todos ellos con diferentes propiedades fisicoquímicas. Para ello, se realizaron ensayos tipo batch, en los que a 0,5 g de material adsorbente se añadieron concentraciones crecientes de amoxicilina (2,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Los *hydrochars* con pH más bajo (pH=4,24-4,90) y mayor contenido de carbono orgánico (50,25-51,39%) mostraron los mayores porcentajes de adsorción (>93%), mientras que en el resto de *hydrochars* (pH=5,66-6,60; CO=15,07-44,65%) los valores oscilaron entre el 78% y 92%. El biochar, también presentó valores de adsorción elevados (>94%). En cuanto a los materiales sin tratar, la ceniza fue la que presentó las capacidades más elevadas (77-100%), seguida de la concha de mejillón (33-51%) y la corteza de pino (2-39%). En cuanto a la desorción fue baja o incluso nula en la mayoría de los casos, no superando el 20% al añadir la concentración más alta de amoxicilina. Observando los resultados se puede concluir que la ceniza es un buen bioadsorbente de AMX, igual que los *hydrochars* y el biochar constituyendo materiales prometedores para evitar la contaminación ambiental por este antibiótico.

Palabras clave: amoxicilina, adsorción, *hydrochar*, biochar

CALIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO (QBS-AR) EN OLIVARES BAJO DIVERSOS MANEJOS DE CUBIERTA

C. García-Hernández^{1*}, A. Morugán-Coronado¹, E. Samper-Perez¹, R. Zornoza¹, M.D. Gómez-López¹, D. Fernández-Calviño², A. Rodríguez-Seijo², S. Remelli³, M. Vecchi³, Menta³

¹ Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Agua (GARSA), Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Paseo Alfonso XIII 48, 30202, Cartagena, España.

² Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias, Universida de Vigo, As Lagoas s/n, 32004 Ourense, Spain

³ Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability, University of Parma, Viale delle Scienze 11/A 43124 Parma, Italy

*Mail de contacto: cristina.garcia@upct.es

RESUMEN

La comunidad edáfica es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los agroecosistemas, ya que sustenta muchos de los procesos ecológicos del suelo (p.ej. ciclo de nutrientes, estructura del suelo y resiliencia climática). En este contexto, los microartrópodos del suelo no solo participan a muchas de sus funciones ecosistémicas, sino que también actúan como bioindicadores de la salud y calidad del suelo. El olivar superintensivo constituye un sistema de manejo intensivo que puede influir significativamente en las propiedades del suelo y en las comunidades edáficas. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la comunidad de micro-artropodos y evaluar la calidad biológica del suelo (QBS-ar, *Qualità Biologica del Suolo* – artrópodos) en olivar superintensivo (SHD) en función de 5 manejos agrícolas: i) suelo desnudo (BS); ii) cobertura vegetal espontánea segada e incorporada (SI); iii) cobertura vegetal espontánea segada y acolchada (SM); iv) cobertura vegetal sembrada segada y acolchada (CM); y v) cobertura vegetal sembrada doblada (CF). En la primavera de 2026, tras dos años desde la siembra de las cubiertas, se tomaron 30 muestras a 10 cm de profundidad en dos puntos de cada tratamiento: la línea y la calle. Los microartrópodos se extrajeron mediante cámaras Kempson (10 días; máx. 60 °C). Tras su observación en el estereomicroscopio, a cada muestra se aplicó el índice QBS-ar. El índice QBS-ar destaca como un bioindicador que evalúa la calidad biológica del suelo basándose en el nivel de adaptación morfológica a la vida edáfica de los microartrópodos presentes. A la vista de los resultados, se observaron mayores valores de QBS-ar en la línea del cultivo frente a la calle ($105 \pm 11,84$ y $64 \pm 19,53$ respectivamente). En cuanto a los diferentes manejos en la calle del cultivo, los mejores valores de QBS-ar se obtuvieron en presencia de cubierta espontánea frente a los tratamientos de cubierta sembrada ($81 \pm 14,85$ y $56 \pm 20,51$ respectivamente). Se concluye que en los sistemas superintensivos, la línea de cultivo actúa como un reservorio crítico para la biodiversidad edáfica, y que el mantenimiento de cubiertas espontáneas autóctonas favorece una mayor complejidad estructural de comunidades frente a las opciones sembradas.

Agradecimientos: Al proyecto PID2021-122998OB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y por FEDER, UE. Cristina García Hernández agradece el soporte financiero de las ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores/as al MCIN/AEI (PRE2022-104990). Elena Samper Pérez agradece el soporte financiero como beneficiaria de una ayuda 22768/FPI/24. Fundación Séneca. Región de Murcia (Spain).

Palabras clave: micro-artrópodos edáficos, índice eco-morfológico, salud edáfica, superintensivo.

DINÁMICAS BIOGEOQUÍMICAS TEMPRANAS DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN ASISTIDA DE RESIDUOS MINEROS MEDIANTE ENMIENDAS

J. Cuevas^{1*}, J.A. Acosta¹, S. Martínez¹, M. Doval¹, G. García¹, A. Faz¹

¹ Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Cartagena, España

Autor de correspondencia: jose.cuevas@upct.es

RESUMEN

Los residuos mineros del distrito Cartagena–La Unión (SE España) representan uno de los principales legados de la actividad minera histórica en el Mediterráneo occidental, presentando elevadas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos y propiedades edáficas degradadas que limitan la recuperación natural de la vegetación. Con el objetivo de evaluar la eficacia de una estrategia integrada de remediación, se realizó un experimento en invernadero con dieciocho tratamientos por triplicado, combinando enmiendas minerales (residuo de mármol, biochar y zeolita), compost orgánico a distintas dosis e inoculantes bacterianos (fijadores de nitrógeno, olubilizadores de nutrientes y consorcios mixtos), utilizando *Piptatherum miliaceum* como especie fitoestabilizadora. Se evaluaron propiedades fisicoquímicas, disponibilidad de nutrientes, fraccionamiento metálico y actividad enzimática (β -glucosidasa) a los 0, 5 y 10 meses. La aplicación de enmiendas mejoró significativamente la calidad del sustrato. El pH inicial ($\sim 5,3$) aumentó hasta valores próximos a la neutralidad (7,0–7,8), mientras que el carbono orgánico pasó de valores inferiores al 0,2% a concentraciones superiores al 2,5–3,0% en los tratamientos con mayores dosis de compost. El nitrógeno total aumentó de $\sim 0,05\%$ a $\sim 0,2\%$. El fósforo disponible alcanzó máximos a los 5 meses (1500–1800 mg kg⁻¹) y posteriormente disminuyó, sugiriendo absorción vegetal, mientras que el potasio permaneció elevado durante todo el ensayo, lo que sugiere una liberación sostenida de nutrientes desde la matriz de enmiendas. El fraccionamiento secuencial mostró una redistribución progresiva de Cd, Pb y Zn hacia fracciones geoquímicas más estables. Inicialmente, las fracciones intercambiable y carbonatada del Cd representaban hasta el 30-45% del total; tras 10 meses, estas fracciones lábiles habían disminuido sustancialmente hasta el 11-37%, indicando una inmovilización efectiva. En Pb, las fracciones lábiles (F1+F2) descendieron por debajo del 15% en la mayoría de los tratamientos, indicando inmovilización mediante carbonatos y fosfatos estables. El Zn presentó un comportamiento más complejo, con fracciones lábiles que cayeron por debajo del 4% a los 5 meses, pero mostraron una recuperación parcial a los 10 meses, atribuida a procesos de removilización. La actividad β -glucosidasa aumentó inicialmente por la estimulación microbiana inducida por las enmiendas, aunque disminuyó a los 10 meses debido al agotamiento del carbono lábil.

Esta investigación fue financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (Proyecto PID2019-110311RB-C22).

Palabras clave: fitoestabilización, residuos mineros, elementos potencialmente tóxicos, bacterias promotoras del crecimiento vegetal, fraccionamiento metálico, enzimas del suelo.

ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS REGIONALES PARA LA RESILIENCIA DEL SUELO Y LA MITIGACIÓN CLIMÁTICA - PROYECTO AGROSUS

A. Morugán-Coronado^{1,2}, E. Samper-Pérez^{*1,2}, I. Giménez^{1,2}, C. García-Hernández^{1,2}, M.D. Gómez-López^{1,2}, M. Shanskiy³, A. Synowiec⁴, T. Fedoniuk⁵, M.A. Almeida Pinheiro de Carvalho⁶, C. Campillo-Cora⁷, R. Zornoza^{1,2}

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Spain

² Instituto de Biotecnología Vegetal (IBV), Campus Muralla del Mar, Edificio I+D+I, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202 Cartagena

³ Chair of Soil Science, Institute of Agriculture and Environment, University of Life Sciences, Fr. R. Kreutzwaldi St., 51006 Tartu, Estonia

⁴ Department of Agroecology and Plant Cultivation, University of Agriculture in Kraków, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Poland

⁵ Polissia National University, Zhitomir, Ucrania

⁶ University of Madeira, Madeira, Portugal

⁷ Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo, Spain

*Mail de contacto: elena.samper@upct.es

RESUMEN

La adopción de prácticas de manejo sostenibles resulta esencial para garantizar la productividad agrícola y reforzar la resiliencia del suelo frente a la variabilidad climática. En el marco del proyecto Horizon Europe AGROSUS (GAP-101084084), este estudio evalúa el impacto de estrategias de gestión agroecológica (AGRO) de la flora adventicia frente al control químico convencional (CON) sobre indicadores de salud del suelo en seis regiones biogeográficas europeas: Alpina (ALP), Atlántica (ATL), Boreal (BOR), Continental (CONT), Macaronésica (MAC) y Estépica (STP). Se analizaron muestras de suelo de ensayos de campo a largo plazo mediante propiedades fisicoquímicas y enfoques estadísticos multivariantes. La pedogénesis regional explicó más del 50% de la varianza total; no obstante, el manejo AGRO indujo alteraciones significativas y específicas según la localización. En la región CONT, el manejo AGRO mejoró la adaptación a la sequía incrementando el agua a capacidad de campo ($p < 0,05$). Las regiones BOR y STP presentaron incrementos significativos en la Capacidad de Intercambio Catiónico, BOR (8,17 (AGRO) vs 6,25 $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ (CON), $p < 0,001$) y STP (22,7 AGRO vs 18,13 $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ (CON); y Calcio intercambiable (BOR: 1339,89 (AGRO) vs 966,09 (CON) mg kg^{-1}) (STP: 3940,25 (AGRO) vs 3264,91 (CON) mg kg^{-1}) ($p < 0,001$) bajo manejo agroecológico. Esta mejora estructural favorece la estabilización del carbono orgánico y, con ello, el secuestro de carbono. La región ALP mostró un ciclo de nutrientes más ajustado, con diferencias significativas en los niveles de nitrato (7,15 (AGRO) vs 9,72 (CON) mg kg^{-1} , $p = 0,006$). En la región MAC, propensa a la salinización, las prácticas sostenibles amortiguaron la acumulación de sales en superficie (152,98 (AGRO) vs 232,25 (CON) dSm^{-1} , $p = 0,016$), apuntando a una vía eficaz para mitigar este proceso. La región ATL, las propiedades fisicoquímicas no presentaron alteraciones, lo que sugiere orientar las estrategias de ACI hacia indicadores biológicos. Estos resultados ofrecen un marco para adaptar estrategias agroecológicas dentro del proyecto AGROSUS, apoyando la transición hacia agroecosistemas resilientes en Europa, en línea con la Estrategia "De la Granja a la Mesa" y el Pacto Verde Europeo.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el proyecto Horizon Europe AGROSUS – Estrategias agroecológicas para la gestión sostenible de la flora adventicia en la UE (Acuerdo de Subvención n.º 101084084). Cristina García Hernández agradece el soporte financiero de las ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores/as al MCIN/AEI (PRE2022-104990). Elena Samper Pérez agradece el soporte financiero como beneficiaria de una ayuda 22768/FPI/24. Fundación Séneca. Región de Murcia (Spain).

Palabras clave: salud edáfica, gestión agroecológica, variabilidad regional.

TOXICIDAD DEL BAGAZO Y DEL RASPÓN DE TRES BODEGAS DEL ESPACIO SUDOE

M. Díaz-Raviña^{1*}, C.J. Fariña-Martínez², V. Santás-Miguel², M. Conde-Cid², E. Peiteado¹, A. Míguez-González³, R. Cela³, Barreiro³, M.J. SanJurjo³, A. Nuñez-Delgado³, C. Carrión⁴, Á. Yusta⁴, , A. Ribas⁵, T. Gesto⁵, N. Cambón⁵, Ó. Prado⁶, R. Montes⁶, A. Artola⁷, A. Sánchez⁷, J. Gominho⁸, A. Lourenço⁸, S. Santos⁹, A. Silvestre⁹, J.R. García-Guinarde¹⁰, F. Cameirinha-Ramos¹¹, F. Romba¹², C. Delattre¹³, E. Lainé¹³, P. Lacapelle¹⁴, J.-B. Beigbeder¹⁵, G. Cazaudehore¹⁵, E. Álvarez-Rodríguez³, D. Fernández-Calviño², J.J. Villaverde¹

¹Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC), Santiago de Compostela, España; ²Universidade de Vigo, Orense, España; ³Universidade de Santiago de Compostela, Lugo, España; ⁴Cooperativa Vitivinícola Arousana SCG, Pontevedra, España; ⁵Fundación Juana de Vega, Oleiros, España; ⁶Aeris Tecnologías Ambientales, Cerdanyola Del Vallès, España; ⁷Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain; ⁸University of Aveiro, Aveiro, Portugal; ⁹Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomía Recursos Naturais, Ambiente e Território, Lisboa, Portugal; ¹⁰Mancomunidad del Salnés, Pontevedra, España; ¹¹Sociedade Agrícola do Monte Novo e Figueirinha Lda, Beja, Portugal; ¹²Comunidade Intermunicipal do Baixo Alentejo, Beja, Portugal; ¹³Université Clermont Auvergne Institut Pascal, Clermont-Ferrand, Francia; ¹⁴SCA Vinotalie, Saint-Sulpice, Francia; ¹⁵APESA, Montardon, Francia

*mdiazr@mbg.csic.es

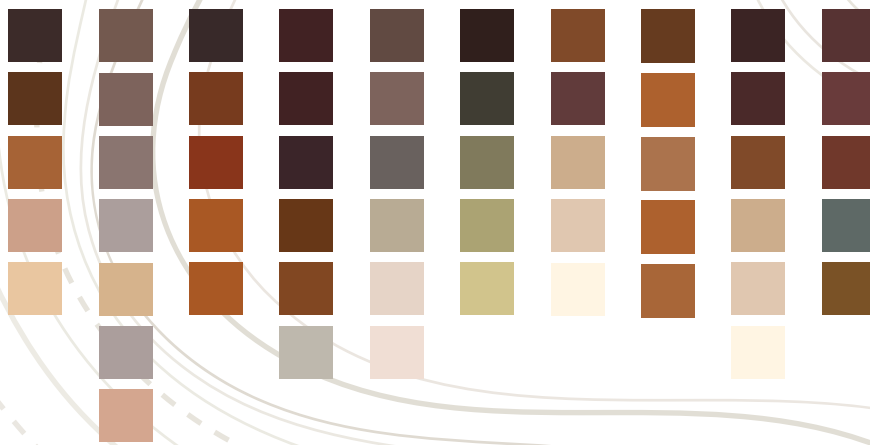
RESUMEN

El espacio Sudoe (España, Francia y Portugal) posee la mayor superficie de viñedo de UE y la mayor producción de vino del mundo. Actualmente el sector se enfrenta al deterioro de la salud/calidad de sus suelos, debido, en gran parte, a una gestión poco eficiente de los excedentes de los residuos lignocelulósicos que genera (ej. bagazo y raspón). El aprovechamiento “in situ” de estos residuos como enmendantes del suelo tiene un gran potencial para un modelo productivo que integre los principios de economía circular y sostenibilidad. Esto conlleva necesariamente la inocuidad/ausencia de toxicidad de los mismos. En este estudio se evalúa la toxicidad para plantas y microorganismos de 6 residuos vitivinícolas (bagazo y raspón) producidos en 3 bodegas del espacio SUDOE, Paco y Lola (España), Vinotalie (Francia) y Herdade de Filgueirinha (Portugal). La fitotoxicidad se evaluó mediante ensayos de germinación con semillas de trigo y cebada utilizando diferentes concentraciones de extractos de residuo/agua (1:10; 1:20, 1:50 y 1:100). Independientemente de la especie considerada, los datos mostraron un efecto fitotóxico de todos los residuos analizados, que variaba dependiendo del tipo de residuo (bagazo, raspón), de su procedencia (bodega) y de la relación del extracto residuo/agua (mayor toxicidad en extractos 1:10 y 1:20). La toxicidad de los residuos para los microorganismos del suelo se evaluó mediante la incorporación celular de timidina marcada. Brevemente, se extrajeron las comunidades bacterianas de los 3 suelos de viñedo y se separaron en diferentes alícuotas a las que se añadieron y no se añadieron (suelo control) soluciones de los diferentes extractos de los 6 residuos de bagazo y raspón cuyas concentraciones variaron desde la ausencia de inhibición hasta la inhibición total de la incorporación de leucina. Se midió el crecimiento bacteriano y se calcularon los valores de I₅₀, las concentraciones de residuos que produjeron una inhibición del crecimiento del suelo control del 50%.

Los resultados con microorganismos eran similares a los obtenidos en los ensayos fitotóxicos; sin embargo, tal como era de esperar, la toxicidad se observó a concentraciones de extractos de residuos mucho más bajas que las observadas para las semillas de trigo y cebada.

Agradecimientos: Este trabajo está financiado con un proyecto del Programa Interreg Sudoe (Soil&WineResidues S2/1.1/E0258). Participan la Unidad Asociada "Ecología Microbiana de Suelos" (id. UA 1723), USC-CSIC y la Unidad Asociada "Comunidades Microbianas del Suelo" (id. UA 1678), UVigo-CSIC. Los autores agradecen a Betzabeth Arce la asistencia técnica.

Palabras clave: toxicidad de residuos vitivinícolas; fitotoxicidad (trigo, cebada); comunidades bacterianas de suelos de viñedo



WWW.RENS.ES

Organiza:



Colabora:

