

—  
—  
—  
2021

# CONDEGRES

IX SIMPOSIO NACIONAL SOBRE CONTROL DE  
LA DEGRADACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS



Elche, 24 y 25 de mayo 2021

## EL SUELO: CLAVE PARA UNA GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE EN UN ESCENARIO DE CAMBIO GLOBAL

Libro de resúmenes del IX Simposio Nacional sobre el Control  
de la Degradación y Recuperación de Suelos

Editores

M.B. Almendro Candel y M.M. Jordán Vidal

El suelo: clave para una gestión ambiental sostenible en un escenario de cambio global

Libro de resúmenes del IX Simposio Nacional sobre el Control de la Degradación y Recuperación de Suelos

Elche, 24 y 25 de mayo 2021

ISBN 978-84-18177-09-5

*Este libro recoge las comunicaciones presentadas en el IX Simposio Nacional sobre el Control de la Degradación y Recuperación de Suelos. Es una obra colectiva, siendo responsabilidad de los autores de cada ponencia responder a las posibles reclamaciones por el uso indebido de textos y/o material gráfico.*

# **Comité Organizador**

## **CONDEGRES 2021**

### **Presidenta:**

Fuensanta García-Orenes

### **Secretaria científica:**

M<sup>a</sup> Belén Almendro Candel

### **Secretaria técnica:**

Victoria Arcenegui Baldó

### **Vocales:**

Ignacio Gómez Lucas

José Navarro Pedreño

Ignacio Meléndez Pastor

Jorge Mataix-Solera

M<sup>a</sup> Ángeles Bustamante

Raúl Moral Herrero

Jorge Mataix-Beneyto

Concepción Paredes Gil

Minerva García Carmona

M<sup>a</sup> Dolores Pérez Murcia

Manuel Jordán Vidal

Ernesto García Sánchez

Ana Pérez Gimeno

# **Comité Científico**

## **CONDEGRES 2021**

Raúl Zornoza

Engracia Madejón

Irene Ortiz Bernad

David Badía Villas

Manuel Arias Estévez

Miquel Arán Mayoral

Carolina Boix-Fayos

Jorge Álvaro-Fuentes

Estela Nadal Romero

David Fernández-Calviño

Claudia Rojas Alvarado

Fuensanta Caravaca Ballester

Juan Sánchez Díaz

Raimundo Jiménez Ballesta

Ildefonso Plà Sentís

Juan Luis Mora Hernández

Alfonso Lag Brotons

<b>La vegetación arbórea como fuente de Hg atmosférico al suelo de un bosque caducifolio</b>	
M. Méndez López, A. Gómez Armesto, D. Fernández Calviño, P. Pérez Rodríguez, L. Rodríguez González, M. Arias Estévez, J.C. Nóvoa Muñoz .....	415
<b>Evaluación de la acumulación de Hg en un suelo del NE de Portugal reforestado con <i>Pinus nigra</i></b>	
M. Méndez López, A. Gómez Armesto, F. Fonseca, T. de Figueiredo, X. Pontevedra Pombal, M. Arias Estévez, J.C. Nóvoa Muñoz .....	419
<b>Aplicaciones de la calorimetría para el estudio de la degradación y restauración de suelos</b>	
A. Merino.....	423
<b>Refuerzo de las capacidades de formación en restauración de ecosistemas degradados para fomentar la empleabilidad y el desarrollo</b>	
A. Merino, P.M. Rodríguez-González, H. Barbosa, B. Cebreiro, G. Cruz, S. Doni, N. Evelpidou, T. Ferreira, P. González, G. Masciandaro, A. Miliou, B. Omil, L. Pinto, J.M. Rebolo, J.A. Vega, G. Virgili.....	427
<b>Efectos en suelo de las quemas prescritas bajo arbolado en el sureste peninsular</b>	
E. Peña, P.A. Plaza-Álvarez, J. González-Romero, A. Fajardo, M.E. Lucas-Borja, D. Moya, J. de las Heras .....	431
<b>Efecto del <i>mulch</i> de paja como tratamiento post-fuego sobre la comunidad bacteriana del suelo</b>	
R. Pinto, G. Ansola, L. Calvo, L.E. Sáenz de Miera .....	435
<b>Aplicación de mulching de paja después de incendio forestal y efectos de apeo de árboles en la regeneración natural de <i>Pinus halepensis</i> y <i>Pinus pinaster</i></b>	
P.A. Plaza-Álvarez, C. Fernández, D. Moya, J. González-Romero, E. Molina-Peña, J. de las Heras, M.E. Lucas-Borja .....	439
<b>Combustión latente en un bosque de <i>Pinus halepensis</i> Mill. y sus efectos en el suelo. Incendios de Rocallaura (Tarragona) (junio-julio 2016)</b>	
X. Úbeda, M. Xifré, N. Prat, M. Francos, M. Castellnou .....	443
<b>Características físicas de suelos forestales vulnerables al cambio de uso de suelo en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán</b>	
J.A. Reyna-Pérez, B. Chávez-Vergara .....	447

## Evaluación de la acumulación de Hg en un suelo del NE de Portugal reforestado con *Pinus nigra*

Melissa Méndez López<sup>1</sup>, Antía Gómez Armesto<sup>1</sup>, Felícia Fonseca<sup>2</sup>, Tomás de Figueiredo<sup>2</sup>, Xabier Pontevedra Pombal<sup>3</sup>, Manuel Arias Estévez<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Nóvoa Muñoz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencias do Solo. Área de Edafoloxía e Química Agrícola. Facultade de Ciencias. Universidade de Vigo. Ourense. Galicia. España

<sup>2</sup> CIMO – Centro de Investigación de Montanha. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Bragança. Campus de Santa Apolónia. 5300-253 Bragança. Portugal.

<sup>3</sup> Departamento de Edafoloxía e Química agrícola. Facultade de Bioloxía. Universidade de Santiago de Compostela. Rúa Lope Gómez de Marzoa s/n. 15786 Santiago de Compostela. España

\* [mastevez@uvigo.es](mailto:mastevez@uvigo.es)

### Resumen

En este estudio se evalúa el mercurio (Hg) acumulado en el suelo tras la sustitución de la cobertura forestal caducifolia (*Quercus pyrenaica*) por una de coníferas (*Pinus nigra*). Para ello se seleccionaron 15 parcelas donde se tomaron muestras de los subhorizontes orgánicos (Oi, Oe y Oa) y del suelo mineral hasta 30 cm de profundidad. La mayor concentración de Hg total (Hg<sub>T</sub>) se encontró en los subhorizontes Oa (91-108 µg kg<sup>-1</sup>) probablemente debido a una mayor humificación de la materia orgánica. El Hg<sub>T</sub> en el suelo mineral fue algo menor (entre 50 y 80 µg kg<sup>-1</sup>) aunque presentó el mayor reservorio de Hg (2.7-5.8 mg m<sup>-2</sup>), favorecido por una mayor densidad del suelo y por el papel de los oxihidróxidos de Fe y Al en la retención de Hg.

**Palabras clave:** mercurio, bosque, suelo, coníferas.

### 1. Introducción

El mercurio (Hg) es uno de los metales pesados más ampliamente distribuidos en el medio natural, siendo la atmósfera su procedencia mayoritaria en los ecosistemas forestales (Fitzgerald, 1998). La vegetación forestal juega un papel fundamental actuando como intermediaria en la transferencia del Hg desde la atmósfera al suelo. Así, el Hg atmosférico retenido en el dosel forestal puede alcanzar el suelo por procesos de pluviolavado durante los periodos lluviosos o bien por la caída de biomasa vegetal senescente (Fisher y Wolfe, 2012).

El tipo de cubierta forestal puede contribuir a incrementar la cantidad de Hg transferida al suelo, lo que puede acelerar su degradación. La transferencia de Hg está relacionada con la exposición de la biomasa foliar a las masas de aire en las que es transportado. Así, se ha evidenciado que los suelos forestales de coníferas acumulan más Hg que los suelos de bosques caducifolios, debido a que las coníferas presentan biomasa foliar durante todo el año (St. Louis *et al.*, 2001). Por otro lado, la acumulación de Hg atmosférico en los suelos está favorecida por su afinidad por la materia orgánica por lo que es frecuente que los valores más elevados de Hg<sub>T</sub> se observen en los horizontes orgánicos, donde el Hg aumenta conforme la materia orgánica está más

descompuesta. En el suelo mineral, además de la materia orgánica, los oxihidróxidos de Fe y Al también contribuyen a la acumulación de Hg (Richardson y Friedland, 2015).

Con estos antecedentes, en este trabajo se determinará la concentración y acumulación (reservorio) de Hg en suelos forestales cuya vegetación natural (*Quercus pyrenaica*, QP) fue sustituida por *Pinus nigra* (PN) hace 30 años.

## 2. Materiales y Métodos

La zona de estudio se localiza en la Serra da Nogueira (NE de Portugal, 41° 45' N; 6° 52' W) a unos 1000 m de altitud. La litología dominante en la zona es esquisto y la vegetación forestal autóctona *Quercus pyrenaica*, que ha venido siendo reemplazada por plantaciones de *Pinus nigra* (PN). Para este estudio se han seleccionado 15 parcelas dominadas por PN, donde se tomaron muestras de los subhorizontes orgánicos (Oi, Oe y Oa) y del suelo mineral a 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 y 20-30 cm. Las muestras de los horizontes orgánicos (n = 45) fueron trituradas (< 4 mm) y las de los suelos minerales (n = 75) tamizados por 2 mm.

En los horizontes orgánicos y en el suelo mineral se determinaron el pH en agua (pH<sub>w</sub>), la suma de cationes básicos intercambiables (SB = Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, desplazados con NH<sub>4</sub>Cl), el Al intercambiable (extraído con KCl, Al<sub>k</sub>) y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE = SB + Al<sub>k</sub>). El contenido total de C y N se determinó en todas las muestras, y S total sólo en los horizontes orgánicos. En los suelos minerales se estudió la distribución de Fe y Al empleando pirofosfato sódico (Fe<sub>p</sub>, Al<sub>p</sub>), oxalato amónico-ácido oxálico (Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub>), hidróxido de Na (Al<sub>n</sub>) y ditionito-citrato Na (Fe<sub>d</sub>). El mercurio Hg total (Hg<sub>T</sub>) se midió por duplicado en todas las muestras, junto a varios materiales de referencia certificados (NCS DC 87101, GBW 07427 y BCR 142r), mediante un autoanalizador de Hg (DMA-80 tri-celda). El mercurio total acumulado en el suelo (Hg<sub>res</sub>) se estimó a partir de la concentración de Hg, el grosor de las capas de suelo y su densidad aparente. La influencia de diferentes factores en el reservorio de Hg en los suelos analizados se ha evaluado utilizando varios test estadísticos mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics 25.

## 3. Resultados y Discusión

En las Tablas 1 y 2 se resumen algunas características de los suelos analizados. Los suelos son moderadamente ácidos, con pH en agua (pH<sub>w</sub>) < 5.0, disminuyendo hasta 3.7 en disolución salina (pH<sub>k</sub>). El C orgánico es muy elevado en los horizontes O (> 380 g kg<sup>-1</sup>) y disminuye con la profundidad en el suelo mineral (40 y 52 g kg<sup>-1</sup>). La CICE es muy baja en el suelo mineral (<4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) donde domina Ca, mientras que en los horizontes O varía entre 22 y 27 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 1.** Valores medios de algunas propiedades químicas de los suelos analizados.

Hor/Prof (cm)	pH <sub>w</sub>	pH <sub>k</sub>	C	N	S	SB	Al <sub>k</sub>	CICE
			----- g kg <sup>-1</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		
Oi	4.7	4.2	473	8.4	0.9	24.2	n.d.	24.2
Oe	4.8	4.3	533	11.0	1.1	26.9	n.d.	26.9
Oa	4.9	4.4	380	11.1	1.2	22.5	n.d.	22.5
0-5	4.9	3.9	52	n.d.	n.d.	3.0	1.0	4.0
5-10	4.9	3.9	49	n.d.	n.d.	3.0	0.9	3.9
10-15	4.9	3.8	45	n.d.	n.d.	2.1	1.1	3.2
15-20	4.8	3.8	44	n.d.	n.d.	1.7	1.2	2.9
20-30	4.7	3.7	40	n.d.	n.d.	1.2	1.3	2.5

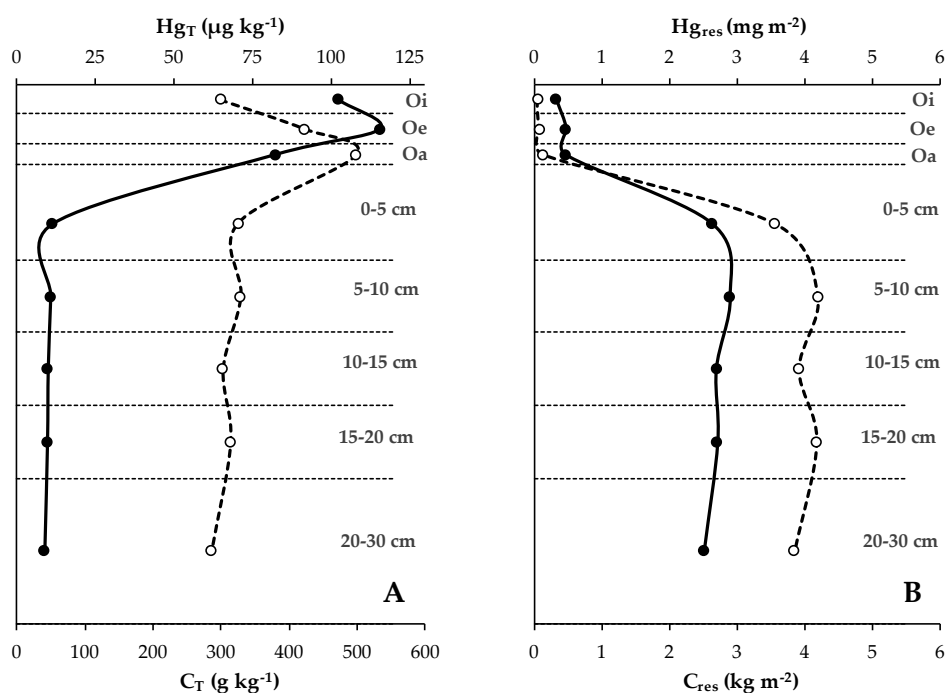
La distribución de Al en el suelo mineral está dominada por los complejos Al-humus (Al<sub>p</sub>), mientras que la fracción de Al cristalino (Al<sub>n</sub>-Al<sub>o</sub>) es similar a los complejos Al-humus por debajo

de los 15 cm. La fracción de Fe cristalino (Fe<sub>d</sub>-Fe<sub>o</sub>) domina claramente en la distribución del Fe (83-85% del Fe libre total), siendo el Fe inorgánico no cristalino (Fe<sub>p</sub>-Fe<sub>o</sub>) algo mayor que los complejos Fe-humus (Fe<sub>p</sub>).

**Tabla 2.** Valor medio y desviación estándar de las extracciones de Al y Fe en el suelo mineral.

Profundidad (cm)	Al <sub>p</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>n</sub>	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>n</sub>
0-5	2.0 ± 0.4	2.2 ± 0.3	3.3 ± 0.7	1.6 ± 0.1	3.9 ± 0.2	23.4 ± 0.9
5-10	1.9 ± 0.1	2.1 ± 0.2	3.2 ± 0.4	1.6 ± 0.1	3.5 ± 0.2	22.4 ± 0.6
10-15	1.9 ± 0.3	2.1 ± 0.2	3.2 ± 0.7	1.5 ± 0.2	3.5 ± 0.3	22.9 ± 1.2
15-20	1.9 ± 0.3	2.2 ± 0.4	3.6 ± 1.0	1.5 ± 0.3	3.6 ± 0.5	22.8 ± 2.2
20-30	1.9 ± 0.5	2.3 ± 0.6	3.8 ± 1.0	1.6 ± 0.4	3.5 ± 0.4	22.4 ± 1.1

La concentración de Hg total (Hg<sub>T</sub>) en los horizontes O aumenta en profundidad junto con el grado de humificación de la materia orgánica: Oi (65 ± 10 μg kg<sup>-1</sup>) < Oe (91 ± 20 μg kg<sup>-1</sup>) < Oa (108 ± 24 μg kg<sup>-1</sup>), al contrario que el contenido total de C (Figura 1A). En el suelo mineral los niveles de Hg<sub>T</sub> son menores, y muestran una ligera tendencia a disminuir con la profundidad desde los 70 ± 6 μg kg<sup>-1</sup> en la capa de 0-5 cm hasta 62 ± 7 μg kg<sup>-1</sup> en la capa de 20-30 cm.



**Figura 1.** Distribución de la concentración media de Hg total (--o--) y C (--●--) (A) y de los reservorios de Hg (--o--) y C (--●--) (B).

Los niveles de Hg<sub>T</sub> en los horizontes O son la mitad de los obtenidos por Richardson y Friedland (2015) para este tipo de horizontes en bosques de coníferas de EE.UU., si bien los valores en el suelo mineral son muy similares a los aquí presentados. Como se puede apreciar en la Figura 1A, el patrón vertical de Hg en el suelo mineral sigue la tendencia marcada por el C lo que es consistente con la afinidad de ambos parámetros en suelos forestales (Pokharel y Obrist, 2011)

El reservorio de Hg (Hg<sub>res</sub>) en los horizontes orgánicos también aumenta con la profundidad (Figura 1B): Oi (0.05 ± 0.03 mg m<sup>-2</sup>) < Oe (0.07 ± 0.05 mg m<sup>-2</sup>) < Oa (0.13 ± 0.08 mg m<sup>-2</sup>), mostrando

una correlación positiva con los reservorios de C, N y S ( $r > 0.900$ ;  $p = 0.000$ ). El suelo mineral presenta un  $Hg_{res}$  muy superior al de los horizontes orgánicos debido, entre otros factores, a una mayor densidad. Los valores de  $Hg_{res}$ , que varían entre 2.7 y 5.8 mg m<sup>-2</sup>, no muestran una tendencia clara con la profundidad (Figura 1B). Richardson y Friedland (2015) obtuvieron un  $Hg_{res}$  de un orden de magnitud mayor en los horizontes orgánicos, y del doble en el caso del suelo mineral. Nuestros valores del reservorio de Hg en el suelo mineral presentaron correlaciones significativas con Al no cristalino ( $Al_o$ ,  $r = 0.733$ ,  $p = 0.002$ ) y con Fe libre total ( $Fe_a$ ,  $r = 0.610$ ,  $p = 0.016$ ), pero no con el C orgánico. Esto indica la relevancia de los compuestos de Fe y Al en el suelo mineral como factores determinantes en la retención y acumulación de Hg, lo cual se ha evidenciado previamente en otros estudios (Peña-Rodríguez *et al.*, 2014).

#### 4. Conclusiones

Los resultados muestran que los suelos replantados con *Pinus nigra* presentan una notable capacidad de acumular Hg, particularmente, en los horizontes minerales. Si bien la distribución de la concentración de Hg en estos suelos parece replicar el patrón del C orgánico, el reservorio de Hg parece más estrechamente ligado al papel de los compuestos de Fe y Al de la fase sólida del suelo.

#### Agradecimientos

A la Xunta de Galicia por la ayuda para Grupos de Referencia Competitiva (ED431C2017/62) otorgada al Grupo de Investigación BV1. Gómez-Armesto A. y Méndez-López, M. agradecen los contratos predoctorales de la Xunta de Galicia (ED481A-2016/220) y Ministerio de Educación y Formación Profesional (FPU17/05484), respectivamente.

#### 5. Referencias

- Eckley, C.S.; Eagles-Smith, C.; Tate, M.T.; Kowalski, B.; Danehy, R.; Johnson, S.L.; Krabbenhoft, D.P. 2018. Stream Mercury Export in Response to Contemporary Timber Harvesting Methods (Pacific Coastal Mountains, Oregon, USA). *Environ. Sci. Technol.* 52: 1971-1980.
- Fisher, L.S.; Wolfe, M.H. 2012. Examination of Hg inputs by throughfall and litterfall in the Great Smoky Mountains National Park. *Atmos. Environ.* 47: 554-559.
- Fitzgerald, W.F.; Engstrom, D.R.; Mason, R.P.; Nater, E.A. 1998. The case for atmospheric Hg contamination in remote areas. *Environ. Sci. Technol.* 32: 1-7.
- Obrist, D.; Johnson, D.W.; Edmonds, R. L. 2012. Effects of vegetation type on Hg concentrations and pools in two adjacent coniferous and deciduous forests. *J. Plant. Nutr. Soil. Sci.* 175: 68-77.
- Peña-Rodríguez, S.; Pontevedra-Pombal, X.; García-Rodeja Gayoso, E.; Moretto, A.; Mansilla, R.; Cutillas-Barreiro, L.; Arias-Estévez, M.; Nóvoa-Muñoz, J.C. 2014. Mercury distribution in a toposequence of sub-Antarctic forest soils of Tierra del Fuego (Argentina) as consequence of the prevailing soil processes. *Geoderma* 232-234: 130-140.
- Pokharel, A.K.; Obrist, D. 2011. Fate of mercury in tree litter during decomposition. *Biogeosciences* 8: 2507-2521.
- Richardson, J.B.; Friedland, A.J. 2015. Hg in coniferous and deciduous upland forests in northern New England, USA: implications of climate change. *Biogeosciences* 12: 6737-6749.
- St. Louis, V.L.; Rudd, J.W.M.; Kelly, C.A.; Hall, B.D.; Rolffhus, K.R.; Scott, K.J.; Lindberg, S.E.; Dong, W. 2001. Importance of the forest canopy to fluxes of methyl mercury and total mercury to boreal ecosystems. *Environ. Sci. Technol.* 35: 3089-3098.