



# VIII Congreso Ibérico de las **Ciencias del Suelo**

# VIII Congresso Ibérico de **Ciências do Solo**

DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN  
20 - 22 JUNIO 2018



**CICS2018**

VIII Congreso Ibérico de las Ciencias del Suelo

VIII Congresso Ibérico de Ciências do Solo

DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

20 - 22 JUNIO 2018

ISBN 978-84-09-02936-5

## Influencia del tipo de vegetación en el contenido y acumulación de Hg en horizontes Oi de suelos forestales del NE de Portugal

### *Influence of the vegetation type on the Hg content and accumulation in Oi horizons of forest soils in the NE of Portugal*

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

<sup>1</sup>Área de Edafología e Química Agrícola, Departamento de Biología Vegetal e Ciencias do Solo, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo. As Lagoas s/n, 32004 Ourense. 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 Edafología e Química agrícola, Facultade de Biología, Universidade de Santiago de Compostela. Rúa Lope Gómez de Marzoa s/n, 15786 Santiago de Compostela, España

\*angomez@uvigo.es

#### Resumen

Se ha evaluado la influencia del tipo de vegetación forestal en el contenido total de Hg ( $Hg_T$ ) en horizontes Oi. Para ello, se seleccionaron tres zonas forestales dominadas por *Pseudotsuga menziesii-PM*, *Pinus nigra-PN* y *Quercus pyrenaica-QP*, recogiendo 15 muestras de los horizontes Oi en cada una de ellas. Los niveles de  $Hg_T$  en los horizontes Oi fueron significativamente diferentes en función de la especie forestal dominante, siendo mayor en las parcelas de *PM* y *QP* ( $112$  y  $75$   $ng\ g^{-1}$ , respectivamente) que en la de *PN* ( $65$   $ng\ g^{-1}$ ). Se estimó la cantidad de  $Hg_T$  acumulado ( $Hg_{Res}$ ) en los horizontes Oi y también fue significativamente mayor en las parcelas de *PM* ( $83\ \mu g\ m^{-2}$ ) que en las parcelas de *PN* y *QP* ( $47$  y  $45\ \mu g\ m^{-2}$ , respectivamente). El  $Hg_T$  se correlacionó negativamente con el contenido de C, indicando que el  $Hg_T$  en los horizontes Oi está más influenciado por la fisiología y morfología de la vegetación que por la concentración de C en estos horizontes. Los horizontes Oi podrían por tanto emplearse como indicadores del flujo de Hg en suelos forestales a través del *litterfall*.

Palabras clave: mercurio, bosque, horizontes Oi, caducifolia, conífera

#### Abstract

The influence of the vegetation type on the total Hg content ( $Hg_T$ ) was assessed in Oi horizons. For this purpose, three forestry areas dominated by *Pseudotsuga menziesii-PM*, *Pinus nigra-PN* and *Quercus pyrenaica-QP* were selected and 15 samples in each plot were collected.  $Hg_T$  levels in Oi horizons were significantly different depending on the dominant specie, being higher in the *PM* and *QP* plots ( $112$  and  $75$   $ng\ g^{-1}$ , respectively) than in the *PN* ones ( $65$   $ng\ g^{-1}$ ). The  $Hg_T$  accumulation ( $Hg_{Res}$ ) was estimated in Oi horizons and it was significantly greater in the *PM* plots ( $83\ \mu g\ m^{-2}$ ) than in the *PN* and *QP* plots ( $47$  y  $45\ \mu g\ m^{-2}$ , respectively). The  $Hg_T$  was negatively correlated with the C content, indicating that the  $Hg_T$  in Oi horizons is more influenced by the physiology and morphology of the vegetation instead of the Hg concentration in these horizons. Hence, Oi horizons could be used as indicators of the Hg flux in forest soils by litterfall.

Keywords: mercury, forest, Oi horizons, deciduous, coniferous

## Introducción

El mercurio (Hg) alcanza la superficie de los ecosistemas terrestres mediante deposición húmeda o seca, procesos en los que la cubierta forestal ejerce una notable influencia. Esto se debe a que parte del Hg adsorbido a la superficie de las hojas, bien como Hg reactivo ( $\text{Hg}^{2+}$ ) o bien como Hg particulado (HgP), puede ser lixiviado y llegar al suelo a través del pluviolavado. Además, el Hg gaseoso ( $\text{Hg}^0$ ) puede penetrar a través de los estomas hacia el interior de las hojas, donde se almacena hasta que su senescencia transfiere el Hg acumulado al suelo [1].

Los suelos forestales juegan un papel esencial en el ciclo global de mercurio (Hg) por su capacidad de retenerlo y acumularlo, controlando, en última instancia, su movilidad y transporte a otros compartimentos de los ecosistemas [2].

El tipo de vegetación que compone la cubierta forestal (morfología del dosel, forma de las hojas, cantidad de biomasa, etc.) puede influenciar la cantidad de Hg que es depositado sobre la capa más superficial del suelo, como los horizontes O, a través de la caída de material senescente (*litterfall*) [2]. Las acículas de las coníferas generalmente muestran concentraciones de Hg más elevadas que las hojas de especies caducifolias [3], posiblemente debido a su mayor área foliar específica y a un tiempo de exposición a las masas de aire más prolongado. Sin embargo, las especies caducifolias presentan flujos de biomasa superiores a las especies de coníferas, lo que incrementa notablemente los flujos de deposición de Hg a través del *litterfall*. Ya en el suelo, la baja concentración de N de las acículas de coníferas y su alto contenido en lignina, disminuyen su velocidad de descomposición reduciendo el lixiviado de Hg de horizontes orgánicos a horizontes minerales y favoreciendo su acumulación en los primeros.

El objetivo de este trabajo es determinar si el tipo de cobertura forestal influencia los niveles y grado de acumulación de Hg en los horizontes Oi (capa L) de suelos

forestales dominados por diferentes especies arbóreas (dos coníferas y una caducifolia).

## Material y métodos

El área de estudio se encuentra en la Serra da Nogueira, al Noreste de Portugal (41° 45' N; 6° 52' W), entre 1000 y 1150 m de altitud. La temperatura media anual es de 12 °C y la precipitación anual es de 1100 mm. Los suelos en esta región están desarrollados sobre esquistos. La vegetación natural del área está dominada por *Quercus pyrenaica* (QP), aunque existen zonas con repoblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (PM) y *Pinus nigra* (PN).

El muestreo se llevó a cabo en tres zonas con vegetación dominante de QP, PM y PN. Para cada zona se seleccionaron 15 parcelas en las que se tomaron muestras del horizonte Oi (capa L) en una superficie de 0.49 m<sup>2</sup>. Las muestras fueron secadas en una estufa (65 °C), trituradas y finamente molidas para los posteriores análisis de Hg.

El contenido de Hg total ( $\text{Hg}_T$ ) de las muestras, por duplicado, se determinó en un analizador de Hg DMA-80 (Milestone). Para comprobar la calidad de las medidas de Hg, se introdujeron materiales de referencia certificados (NIST 1570a y NIST 1547) cada doce muestras.

Se llevaron a cabo diferentes test estadísticos (correlaciones Pearson y ANOVA) para evaluar la influencia del tipo de especie en el contenido de Hg en los horizontes Oi y la relación de este con parámetros como el C y el pH.

## Resultados y discusión

Las principales características de los horizontes Oi se muestran en la Tabla 1. El contenido de C de los horizontes Oi varía entre el 52 y 55%, y es algo mayor en las parcelas con PM que aquellas con PN y QP. El promedio de pHw en los horizontes Oi varía entre 4.7 y 5.3, siendo significativamente diferente en función de la especie forestal dominante y más

elevado en las parcelas de *PM* que en las de *QP* y *PN*.

Tabla 1 – Valor promedio de C, pH en agua (pHw) y en KCl (pHk) en los horizontes Oi en función del tipo de especie dominante (*Pseudotsuga menziesii*-PM, *Pinus nigra*-PN, *Quercus pyrenaica*-QP). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )

Sp.	n	C %	pHw	pHk	Hg/C $\mu\text{g kg}^{-1}$
PM	15	52 ± 3 <sup>a</sup>	5.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	217 ± 34 <sup>a</sup>
PN	15	55 ± 1 <sup>b</sup>	4.7 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	117 ± 20 <sup>b</sup>
QP	15	54 ± 1 <sup>b</sup>	5.0 ± 0.2 <sup>c</sup>	4.6 ± 0.1 <sup>c</sup>	140 ± 22 <sup>c</sup>

La concentración de Hg de las muestras de los horizontes Oi fue significativamente diferente en función de la especie dominante de las parcelas ( $F=66.589$ ,  $p=0.000$ ; Fig.1). Así, el promedio de la concentración de Hg en horizontes Oi de parcelas dominadas por coníferas como *PM* y *PN* fue de  $112 \pm 13 \text{ ng g}^{-1}$  ( $86 - 136 \text{ ng g}^{-1}$ ) y  $65 \pm 10 \text{ ng g}^{-1}$  ( $50 - 94 \text{ ng g}^{-1}$ ), respectivamente. La concentración media de Hg en los horizontes Oi de las parcelas con vegetación caducifolia (*QP*) fue de  $75 \pm 12 \text{ ng g}^{-1}$  ( $57 - 105 \text{ ng g}^{-1}$ ), similar al obtenido en las muestras recogidas bajo *PN*. Estos valores son superiores a los obtenidos en los horizontes orgánicos de un bosque de pino ( $39 \pm 3 \text{ ng g}^{-1}$ ) y de un bosque de roble ( $41 \pm 2 \text{ ng g}^{-1}$ ) en Sierra Nevada, California [4].

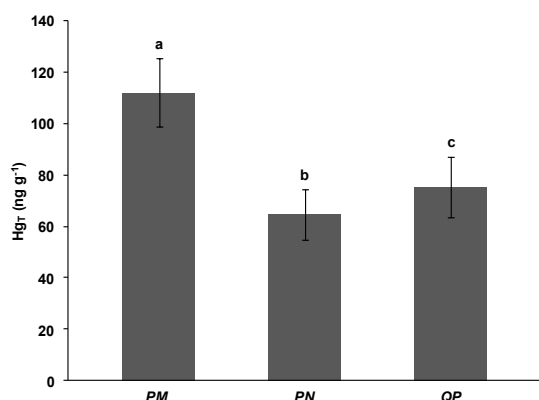


Fig. 1 – Promedio de la concentración de Hg en los horizontes Oi en función del tipo de especie dominante (*Pseudotsuga menziesii*-PM, *Pinus nigra*-PN, *Quercus pyrenaica*-QP). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )

El reservorio de Hg (ResHg) en los horizontes Oi, es decir, la masa de Hg almacenada por unidad de superficie se presenta en la Fig.2. Éste fue calculado teniendo en cuenta la profundidad del horizonte, la masa seca por unidad de superficie y la concentración de Hg total.

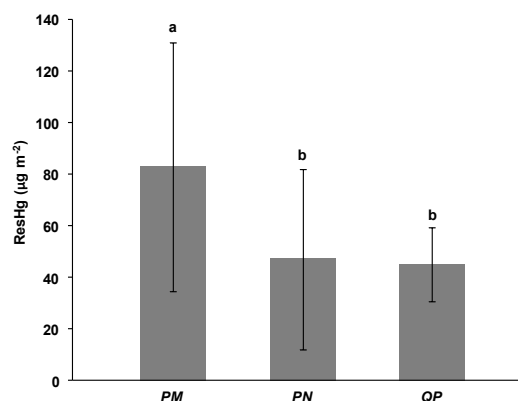


Fig. 2 – Promedio del reservorio de Hg en los horizontes Oi en función del tipo de especie dominante (*Pseudotsuga menziesii*-PM, *Pinus nigra*-PN, *Quercus pyrenaica*-QP). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )

Aunque los valores de ResHg mostraron un amplio margen de variación, el promedio para los horizontes Oi en las parcelas de *PM* fue de  $83 \pm 48 \mu\text{g m}^{-2}$ , y  $47 \pm 35 \mu\text{g m}^{-2}$  y  $45 \pm 14 \mu\text{g m}^{-2}$  para los horizontes Oi de las parcelas de *PN* y *QP*, respectivamente. Estos valores de ResHg se sitúan en el extremo inferior del rango de valores recientemente publicado para horizontes O de suelos forestales dominados por diferentes especies de árboles [3]. En nuestro caso, el tipo de vegetación forestal dominante fue un factor que influyó significativamente en los niveles de ResHg ( $F=5.470$ ,  $p=0.008$ ). Así, el Hg almacenado en los horizontes Oi de suelos de *PM* fue significativamente mayor que en los horizontes de los suelos de las parcelas dominadas por *PN* y *QP*.

Los niveles de  $\text{Hg}_T$  se correlacionaron significativamente con parámetros químicos de los horizontes Oi (Tabla 2).

Tabla 2 – Correlaciones entre el contenido total de Hg y algunos parámetros químicos de los horizontes Oi. \*\*  $p < 0.01$

	n	C	pHw	pHk	ResHg
$\text{Hg}_T$	45	-0.703**	0.742**	0.839**	0.679**

Por ejemplo, se dio una correlación negativa del  $Hg_T$  con el contenido de C ( $r=-0.703$ ;  $p<0.01$ ), tendencia semejante a la obtenida por otros autores en trabajos similares [5, 6]. De esto se puede deducir que en los horizontes Oi la presencia de  $Hg_T$  está más influenciada por la morfología y fisiología de la vegetación (ya que determina la capacidad de la biomasa aérea para interceptar el Hg que es transportado por las masas de aire) que del contenido total de C orgánico, toda vez que el C de los horizontes Oi apenas ha sufrido procesos de degradación. En otros horizontes orgánicos (Oe, Oa) y en los horizontes A, donde los procesos de degradación y humificación de la materia orgánica están más avanzados, cabría esperar una relación positiva entre C orgánico y  $Hg_T$  [4].

La relación  $Hg/C$ , que refleja más fielmente los procesos biogeoquímicos en que intervienen ambos elementos, es mayor en los horizontes Oi de suelos con *PM* que en aquellos de las parcelas con *QP* y *PN* (Tabla 1). De hecho, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el ratio  $Hg/C$  entre las tres especies estudiadas ( $F=63.239$ ,  $p=0.000$ ; Tabla 1). Independientemente del tipo de especie dominante, el promedio de la relación  $Hg/C$  en horizontes Oi fue del mismo orden que los  $153 \mu g Hg kg^{-1} C$  obtenido en horizontes orgánicos de suelos de bosque dominados por diferentes especies [3].

## Conclusiones

El promedio de  $Hg_T$  en los horizontes Oi de suelos forestales fue significativamente diferente en función de la especie dominante ( $PM>QP>PN$ ), indicando la influencia de éstas en la transferencia de Hg atmosférico al suelo. Esta influencia del tipo de especie sobre los niveles de  $Hg_T$  en los horizontes Oi también se extendió a la cantidad de Hg que acumulan por unidad de superficie ( $ResHg$ ), el cual mostró la secuencia:  $PM>PN=QP$ .

La correlación negativa entre  $Hg_T$  y C indicó que en los horizontes Oi

estudiados, la dinámica del Hg estaba más influenciada por la morfología y fisiología de la biomasa que por la concentración de C. No obstante, las diferencias significativas de la relación  $Hg/C$  en función de la especie también es indicativa de que la dinámica del C contribuye al destino del Hg en los horizontes Oi.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por la Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria (Xunta de Galicia) con una ayuda para Grupos de Referencia Competitivos (ED431C2017/62) al Grupo de Investigación BV1. Gómez-Armesto A. agradece la beca predoctoral de la Xunta de Galicia (ED481A-2016/220).

## Referencias bibliográficas

- [1] Demers, J.D., Driscoll, C.T., Fahey, T.J., Yavitt, J.B. 2007. Mercury cycling in litter and soil in different forest types in the Adirondack Region, New York, USA. *ECOLOGICAL APPLICATIONS*. 17(5): 1341 – 1351.
- [2] Richardson, J.B., Friedland, A.J. 2015. Mercury in coniferous and deciduous upland forests in northern New England, USA: implications of climate change. *BIOGEOSCIENCES*. 12: 6737 – 6749.
- [3] Juillerat, J.L., Ross, D.S., Bank, M.S. 2012. Mercury in litterfall and upper soil horizons in forested ecosystems in Vermont, USA. *ENVIRON TOXICOL CHEM*. 31(8): 1720 – 1729.
- [4] Pokharel, A.K., Obrist, D. 2011. Fate of mercury in tree litter during decomposition. *BIOGEOSCIENCES*. 8: 2507 – 2521.
- [5] Obrist, D., Johnson, D.W., Lindberg, S.E. 2009. Mercury concentrations and pools in four Sierra Nevada forest sites, and relationships to organic carbon and nitrogen. *BIOGEOSCIENCES*. 6: 765 – 777.
- [6] Navrátil, T., Shanley, J.B., Rohovec, J., Oulehle, F., Simecek, M., Houska, J., Cudlín, P. 2016. Soil mercury distribution in adjacent coniferous and deciduous stands highly impacted by acid rain in the Ore Mountains, Czech Republic. *APPL. GEOCHEM*. 75: 63 – 75.