



## CAÍDA DE HOJAS DE ROBLE COMO VÍA DE DEPOSICIÓN DE Hg ATMOSFÉRICO A UN SUELO FORESTAL

### OAK LEAVES DROP AS ATMOSPHERIC Hg DEPOSITION PAHTWAY TO A FOREST SOIL

Méndez-López, Melissa<sup>1\*</sup>; Gómez-Armesto, Antía<sup>1</sup>; Campillo-Cora, Claudia<sup>1</sup>; Pérez-Rodríguez, Paula<sup>2</sup>; Moretto, Alicia<sup>3</sup>; Fernández-Calviño, David<sup>1</sup>; Arias-Estévez, Manuel<sup>1</sup>; Nóvoa-Muñoz, Juan Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área de Edafología e Química Agrícola, Facultad de Ciencias de Ourense, Universidade de Vigo, España, <sup>2</sup>Laboratory of Hydrology and Geochemistry of Strasbourg (LHyGeS) - Université de Strasbourg/ ENGEES, CNRS, Strasbourg, France, <sup>3</sup>Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina

[memendez@uvigo.es](mailto:memendez@uvigo.es)

#### Resumen

Se estudia la contribución de la caída de hojas en la transferencia de Hg atmosférico hacia el suelo de un bosque dominado por *Quercus robur* en el NO de España durante 2015, 2016 y 2017. Las muestras de material senescente (*litterfall*) se recolectaron mensualmente, del cual se separaron las hojas. El flujo anual de caída de hojas varió entre 313 y 450 g m<sup>-2</sup>, con máximos en enero y diciembre. El flujo anual de Hg en 2015 fue el más alto (21.2 µg m<sup>-2</sup>) y estuvo notablemente influenciado por el flujo de biomasa foliar. En el suelo, la concentración de Hg en los horizontes Oi (promedio 49 ng g<sup>-1</sup>) fue menor que en los horizontes Oe+Oa (promedio 72 ng g<sup>-1</sup>), consistente con la diferente humificación de la materia orgánica del suelo. En los horizontes Oe+Oa, el Hg almacenado equivaldría a su deposición a través de las hojas durante 5 años.

**Palabras clave:** deposición, reservorio de mercurio, flujo de biomasa, horizontes orgánicos.

#### Introducción

El mercurio (Hg) es un metal pesado que permanece durante un periodo de tiempo variable en la atmósfera hasta que se deposita en los ecosistemas terrestres. El suelo es uno de los componentes de la biosfera que recibe un mayor aporte de Hg atmosférico, a donde puede llegar por deposición seca y/o deposición húmeda <sup>[1]</sup>. En los suelos forestales, la caída de hojas (fracción principal de la biomasa senescente o *litterfall*) es también una vía importante de transferencia de Hg desde la atmósfera al suelo, haciendo que la vegetación constituya un elemento clave en el ciclo global del Hg.

El Hg atmosférico tiende a acumularse principalmente en la biomasa aérea de la vegetación arbórea, siendo las hojas las que más contribuyen a la captación del Hg en los bosques caducifolios, donde representan el 70-75% de toda la hojarasca, especialmente en la estación otoñal <sup>[2]</sup>. El Hg puede estar adsorbido a la superficie de las hojas o bien puede incorporarse a su estructura interna a través de los estomas. Cuando finaliza su periodo activo, la abscisión de las hojas contribuye a transferir el Hg acumulado a las capas más superficiales del suelo a través de los procesos de descomposición de la materia orgánica. Posteriormente, buena parte de este Hg es almacenado en el suelo gracias a su elevada afinidad biogeoquímica con la materia orgánica, aunque una parte de ese Hg puede ser reemitido a la atmósfera <sup>[3]</sup>.

De este modo, al igual que la vegetación, los suelos forestales están desempeñando un papel clave en la dinámica del Hg en los ecosistemas terrestres. No obstante, el calentamiento global <sup>[4]</sup>, el cambio en las emisiones de Hg y la modificación de los usos del suelo <sup>[5]</sup> son procesos que pueden alterar la estabilidad del Hg retenido en los suelos forestales. Antes de profundizar en las consecuencias de los problemas antes citados en el ciclo del Hg, es necesario conocer cuánto Hg está incorporándose a los suelos desde la atmósfera. Una primera aproximación, que constituye el objetivo principal de este trabajo, es cuantificar la deposición de Hg al suelo a través de las hojas en una parcela de bosque caducifolio dominada por *Quercus robur*.



Adicionalmente, también se evaluarán los reservorios de Hg ( $Hg_{Tres}$ ) y la influencia que sobre ellos pueden tener los niveles C en los horizontes orgánicos de los suelos de la parcela.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El estudio se desarrolló durante los años 2015, 2016 y 2017 en una parcela forestal (dominada por *Quercus robur*, roble) ubicada en el NO de España. La parcela de estudio presenta una superficie de 0.1 ha y un grado de cobertura arbórea del 80%.

### **Toma y preparación de muestras**

Para recoger la biomasa senescente se instalaron 11 colectores distribuidos por toda la parcela con una superficie de 0.24 m<sup>2</sup> cada uno. Las muestras se tomaron con una periodicidad mensual. Para el estudio, solamente se seleccionaron las hojas de toda la biomasa senescente. Las muestras de hojas fueron secadas (en estufa a 35°C) y pesadas. En caso de que la masa de la muestra fuese insuficiente para determinar los niveles de Hg, se unificaron muestras de hojas procedentes de colectores próximos entre sí. Posteriormente, las muestras fueron trituradas y molidas. Además, se tomaron muestras de los horizontes orgánicos (Oi, Oe+Oa) en cuatro puntos de la parcela, teniendo en cuenta la masa de suelo por unidad de superficie y profundidad de cada horizonte. Las muestras de suelo también se secaron al aire, y luego fueron trituradas y molidas.

### **Determinación de Hg**

La concentración total de Hg en las muestras de hojas y suelos se determinó, por duplicado, mediante un autoanalizador de Hg (DMA-80). La calidad del análisis se evaluó utilizando patrones certificados (NIST 1547, NIST 1570a, NCS ZC 73018 y BCR 062).

## **Resultados**

### **Flujo de hojas**

La cantidad de hojas presente en la biomasa senescente varió en los tres años de estudio, contribuyendo al 60% en 2015, al 51% en 2016 y al 34% en 2017. A escala mensual, el flujo de hojas más alto se observó en diciembre (188, 194 y 204 g m<sup>-2</sup> para 2015, 2016 y 2017, respectivamente) y también en enero de los años 2015 y 2017 (99 y 83 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Esto concuerda con la época del año de mayor caída de biomasa en bosques templados caducifolios del hemisferio norte. El flujo anual de hojas siguió la secuencia: 2015>2017>2016 (450, 408 y 313 g m<sup>-2</sup>, respectivamente), valores similares a los que obtuvieron en un bosque de roble del NE de España (434 y 440 g m<sup>-2</sup>)<sup>[6]</sup>. Tanto el mes como la estación del año fueron factores que influyeron significativamente ( $p=0.000$ ) en el flujo de hojas al suelo durante los tres años de estudio.

### **Flujo de Hg al suelo a través de las hojas**

El  $Hg_T$  en las hojas aumentó con el tiempo de exposición a las masas de aire, especialmente desde abril-mayo, coincidiendo con la salida de las hojas, hasta febrero-marzo del año posterior, cuando caen las hojas más viejas. La concentración de Hg más baja fue de 2.4 ng g<sup>-1</sup> (mayo de 2015) y la más alta fue de 77.2 ng g<sup>-1</sup> (febrero de 2015). El promedio anual de la concentración de Hg en las hojas fue muy similar durante los tres años (36.7, 38.4 y 32.9 ng g<sup>-1</sup>, respectivamente), siendo algo mayor que la concentración media de Hg (29,4 ng g<sup>-1</sup>) obtenida en un bosque de roble del NE de EEUU<sup>[7]</sup>.

El año 2015 presentó el mayor flujo anual de deposición de Hg al suelo a través de la caída de hojas, seguido de los años 2017 y 2016 (21.2, 19.3 y 14.1  $\mu\text{g m}^{-2}$ , respectivamente). Estos flujos de deposición de Hg son similares a los obtenidos por Juillerat et al.<sup>[7]</sup>. Durante el periodo de estudio, los valores máximos del flujo de deposición de Hg se registraron en diciembre, cuando se deposita en torno al 50% de todo el Hg que llega al suelo a lo largo del año. No obstante, los mayores flujos de deposición de Hg no coinciden con la época de mayor concentración de Hg en las hojas (febrero-marzo), sino con los máximos de flujo de caída de

biomasa foliar (Figura 1). Tanto la concentración de Hg como el flujo de deposición de Hg a través de las hojas variaron significativamente en función del mes y de las estaciones.

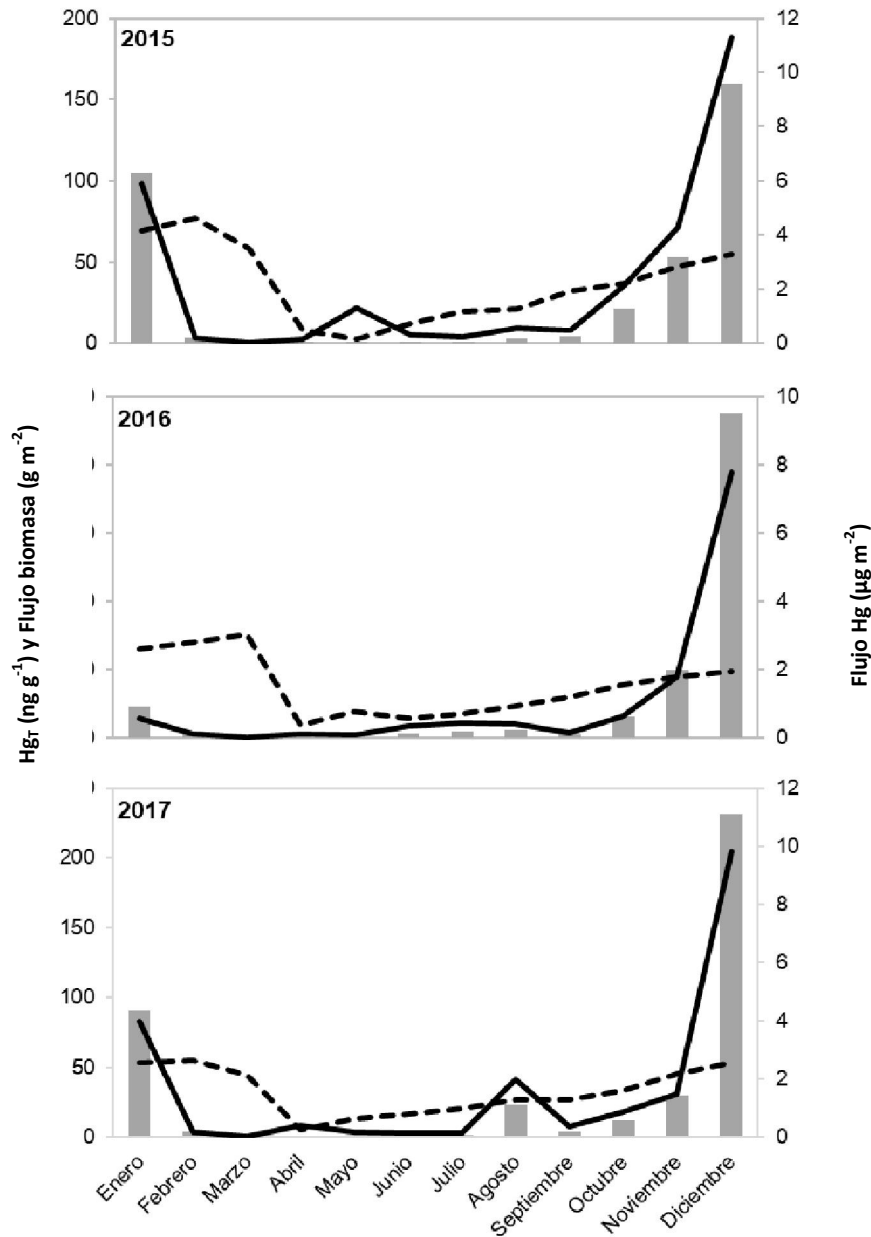


Figura 1. Valor medio mensual de la concentración de Hg (línea a trazos), flujo de biomasa foliar (línea continua) y flujo de deposición de Hg (barras) para los diferentes años de estudio.

### Concentración y reservorio de Hg en los horizontes O

Los horizontes Oe+Oa presentaron una concentración media de Hg<sub>T</sub> claramente superior (72 ng g<sup>-1</sup>) que la de los horizontes Oi (49 ng g<sup>-1</sup>), a pesar de que estos últimos mostraron un contenido medio total de C orgánico del 46% comparado al 30% de los Oe+Oa. Esto se debe a que una mayor humificación de la materia orgánica, más reactiva biogeoquímicamente, contribuye en mejor medida a la retención de Hg<sub>T</sub> coincidiendo con lo evidenciado en estudios previos [7, 8]. En cuanto al Hg almacenado en los suelos (Hg<sub>Tres</sub>), este fue muy superior en los horizontes Oe+Oa (101±54 μg m<sup>-2</sup>) que en los horizontes Oi (11±2 μg m<sup>-2</sup>) consecuencia de la mayor densidad de las capas Oe+Oa, de su mayor espesor y también de su mayor reactividad biogeoquímica.



## Conclusiones

El flujo máximo de la caída de hojas fue durante el otoño y la concentración de Hg en las hojas aumentó progresivamente con el tiempo de exposición a las masas de aire. El flujo mensual de deposición de Hg estuvo estrechamente relacionado con el flujo de caída de las hojas senescentes, siendo máximo en diciembre para los tres años de estudio.

La concentración y el reservorio de Hg fueron mayores en los horizontes Oe+Oa que en los horizontes Oi, lo cual indica que el contenido en Hg no depende tanto del contenido total de carbono orgánico del suelo sino del grado de humificación de la materia orgánica. Así, en la parcela de estudio, el Hg almacenado en los horizontes Oe+Oa de los suelos equivaldría aproximadamente al que se deposita mediante la caída de hojas durante 5 años.

## Bibliografía

- [1] **Blackwell, B.D., Driscoll, C.T., Maxwell, J.A. y Holsen, T.M.**, 2014. Changing climate alters inputs and pathways of mercury deposition to forested ecosystems. *Biogeochemistry*. 119(1-3): 215-228.
- [2] **Risch, M.R., DeWild, J.F., Krabbenhoft, D.P., Kolka, R.K. y Zhang, L.**, 2012. Litterfall mercury dry deposition in the eastern USA. *Environmental Pollution*. 161: 284-290.
- [3] **Xin, M., Gustin, M. y Johnson, D.**, 2007. Laboratory investigation of the potential for re-emission of atmospherically derived Hg from soils. *Environmental science & technology*. 41(14): 4946-4951.
- [4] **Richardson, J.B. y Friedland, A.J.**, 2015. Mercury in coniferous and deciduous upland forests in northern New England, USA: implications of climate change. *Biogeosciences*. 12: 6737-6749.
- [5] **Lacerda, L.D., De Souza, M. y Ribeiro, M.G.**, 2004. The effects of land use change on mercury distribution in soils of Alta Floresta, Southern Amazon. *Environmental Pollution*. 129(2): 247-255.
- [6] **Bou, J., Caritat, A. y Vilar, L.**, 2015. Litterfall and growth dynamics relationship with the meteorological variability in three forests in the Montseny natural park. *Folia Forestalia Polonica, series A*. 57(3): 145-159.
- [7] **Juillerat, J.L., Ross, D.S. y Bank, M.S.** 2012. Mercury in litterfall and upper soil horizons in forested ecosystems in Vermont, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 31(8): 1720-1729.
- [8] **Obrist, D., Pearson, C., Webster, J., Kane, T., Lin, C.J., Aiken, G.R. y Alpers, C.N.** 2016. A synthesis of terrestrial mercury in the western United States: Spatial distribution defined by land cover and plant productivity. *Science of the Total Environment*. 568: 522-535.