

**Título:** CARACTERIZACIÓN DE LA PODZOLIZACIÓN EN AMBIENTE BOREAL, TEMPLADO Y TROPICAL Y SU INFLUENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE METALES (AL, FE Y PB)

**Nombre:** Ferro Vázquez, María Cruz

**Universidad:** Universidad de Santiago de Compostela

**Departamento:** Edafología y química agrícola

**Fecha de lectura:** 09/12/2010

**Programa de doctorado:** Medio ambiente y recursos naturales

**Dirección:**

> **Director:** Antonio Martínez Cortizas

**Tribunal:**

> **presidente:** Felipe Macías Vázquez

> **secretario:** Manuela Costa Casais

> **vocal:** Eduardo García-Rodeja Gayoso

> **vocal:** Ward Chesworth

> **vocal:** JUAN CARLOS NÓVOA MUÑOZ

**Descriptores:**

> GEOQUIMICA

> GEOQUIMICA ORGANICA

> GENESIS Y MORFOLOGIA DE SUELOS

> QUIMICA DE SUELOS

**El fichero de tesis** ya ha sido incorporado al sistema

> 2010ferrocarac.pdf

**Localización:** BIBLIOTECA XERAL USC

**Resumen:** A pesar del gran número de estudios que existen sobre podzolización, algunas de las teorías que explican el proceso son contradictorias, y algunos aspectos fundamentales de la podzolización y de la variabilidad del proceso con relación a las condiciones ambientales precisan aún de investigación, tal y como se expone en muchos trabajos recientes sobre este tema (van Hees et al., 2000; Lundström et al., 2000; Buurman et al., 2005; Buurman et al., 2008; Buurman y Jongmans, 2005, 2008; Sauer et al., 2007; Nierop et al., 2008). Las teorías actuales para explicar este proceso se pueden resumir en dos tendencias. La primera de ellas asume la formación, transporte y precipitación de complejos de ácidos orgánicos con Al y/o Fe. La inmovilización en el horizonte iluvial se produciría, bien por precipitación/adsorción de complejos organometálicos (debida a la disminución de carga negativa causada por el incremento de la saturación de la capacidad de complejación de los ácidos durante su migración), o bien por degradación microbiana de los

complejos orgánicos durante la migración, seguida de la precipitación de fases inorgánicas de Al y Fe (Lundström et al., 2000b) y posterior adsorción de materia orgánica a estas superficies inorgánicas. La otra tendencia prescinde del papel de los compuestos orgánicos como agentes en el mecanismo de eluviación, y asume que el transporte de Al se produce mediante la formación y migración de soles inorgánicos de (proto-)imogolita, que precipitan en el horizonte B spódico. La acumulación de materia orgánica se produciría posteriormente, debido a la adsorción de sustancias orgánicas a estas superficies inorgánicas previamente precipitadas (Anderson et al., 1982, Farmer y Lumsdon, 2001). Por lo tanto, el papel de las formas de Al y Fe, que migran y se acumulan, y de la materia orgánica son aspectos fundamentales en el proceso y todavía no están claras. La naturaleza, cantidad y reactividad de las formas orgánica y la manera en que se asocian con los metales durante la edafogénesis son de gran relevancia y condicionan las características morfológicas, físicas y químicas de los podzoles.

Probablemente, la coexistencia de las distintas teorías sobre la podzolización tiene su origen en que los procesos mediante los que se produce son dependientes de las condiciones ambientales. Por este motivo, es importante la comparación de los mecanismos concretos mediante los que ocurre la podzolización en distintos ambientes, y tratar de identificar los procesos comunes y los diferenciadores en las zonas boreal, templada y tropical.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de siete podzoles de distintas latitudes. Dos de ellos desarrollados en ambiente boreal, ambos sobre el mismo material de partida, y bajo la misma cubierta vegetal y condiciones climáticas. El tiempo de evolución también es idéntico y sólo difieren en las condiciones de drenaje. Otros dos suelos fueron muestreados en la zona templada, ambos desarrollados bajo idénticas condiciones, salvo leves diferencias en la microtopografía. Por último, se estudiaron tres suelos formados en ambiente tropical, sobre sedimentos marinos de naturaleza cuarzosa de dos formaciones litorales distintas, una de ellas pleistocena y otra holocena, aunque con una composición mineralógica similar. Los tres suelos presentan el mismo tipo de vegetación y la hidrología y el tiempo de formación se consideran en este caso los principales factores diferenciadores.

La aproximación metodológica utilizada empieza por un muestreo muy detallado. Tradicionalmente, el estudio e interpretación de la cantidad y distribución de las formas orgánicas e inorgánicas de Fe y Al ha estado limitada por el uso de una o dos muestras de cada horizonte de suelo identificado en el campo, de tal forma que los resultados obtenidos no evidencian necesariamente las características ni la magnitud de los procesos, o en el mejor de los casos ofrecen resultados promedio, obviando las variaciones intrahorizonte. La utilización de un muestreo sistemático de alta resolución nos permitió la obtención de una base de datos amplia, que facilita una interpretación más realista de la podzolización y su variabilidad, dada la continuidad vertical intrínseca al proceso, y le confiere significación estadística a los resultados obtenidos. Éstos resultados se discuten para cada uno de los tres ambientes: boreal, templado y tropical, y también se lleva a cabo la comparación del proceso de podzolización desde un punto de vista latitudinal, es decir, identificando similitudes y diferencias en el proceso entre las tres zonas.

La primera parte del trabajo se dedica a la caracterización del proceso de podzolización desde el punto de vista de la movilización e inmovilización de Fe, Al y materia orgánica, intentando identificar las fracciones susceptibles de ser iluviadas. Con esto se busca conocer los mecanismos implicados, los factores que afectan a su intensidad y el tipo de compuestos que intervienen, bajo distintas condiciones ambientales. Para esto se realizó un fraccionamiento de Al, Fe y Si, utilizando el esquema de fraccionamiento químico propuesto por McKeague et

al. (1971) y se amplió el estudio del fraccionamiento del Al mediante el uso extractantes de las fracciones de complejos organoaluminicos según su grado de estabilidad química.

No obstante, el Fe y el Al no son los únicos metales susceptibles de ser movilizados y acumulados durante la podzolización. Durante el proceso se considera que, acoplado al transporte de Fe y Al en los horizontes eluviales, se produce el transporte de otros metales, concretamente de Pb, asociado a los compuestos orgánicos (Tyler, 1981; Bergkvist, 1987; Dörr y Munnich, 1991; Johansson et al., 1995; Wang y Benoit, 1996). Este transporte de Pb desde la superficie del suelo hacia capas más profundas tiene, además de su interés desde el punto de vista edafogenético, gran relevancia ecológica. Dado que el Pb es un metal tóxico y universalmente distribuido por deposición atmosférica en los últimos siglos, la liberación rápida de Pb desde los horizontes superficiales hacia mayores profundidades, produce beneficios ecológicos inmediatos en estas capas del suelo, en las que se desarrolla la mayor parte de la actividad biológica. Sin embargo, el transporte en profundidad del Pb liberado puede eventualmente provocar que éste alcance los acuíferos subterráneos y consecuentemente generar riesgos ecológicos y de salud pública. Actualmente hay controversia acerca de la inmediatez y magnitud de este riesgo.

El mecanismo de transporte de Pb en el suelos no ha sido determinado de forma directa, pero muchas investigaciones demuestran que la materia orgánica, tanto en suspensión como disuelta, puede adsorber Pb y sería la responsable de su movilidad (Dorr and Munnich, 1989, 1991; Miller and Friedland, 1994; Wang and Benoit, 1997; Semlali et al., 2001; Tipping et al., 2003). En la medida en que el transporte de Pb está, en primera instancia, controlado por su unión a coloides orgánicos (Miller and Friedland 1994), la naturaleza y tasa de descomposición de la materia orgánica en la superficie del suelo es un factor importante en el movimiento del Pb. También su reactividad, en relación a otros adsorbentes de metales, tales como óxidos de Fe, es importante para el fraccionamiento del Pb. Además, otros factores pueden afectar a la tasa de transporte directa o indirectamente, como la temperatura, el pH, la deposición de N y el aporte de aniones y cationes mediante deposición húmeda o seca. Por lo tanto, la concentración y acumulación de Pb en los distintos horizontes variará en función de la cantidad de Pb que contenga el material de partida, de la que llega al sistema desde fuentes externas al mismo y de las condiciones ambientales, que a su vez condicionan el proceso de podzolización.

La segunda parte de este trabajo se dedicó a la caracterización de los mecanismos de movilización e inmovilización del plomo en podzoles en los distintos ambientes. Mediante el análisis de las correlaciones entre la concentración y acumulación de Pb y las distintas fracciones de Fe y Al, se ha tratado de reconocer a qué compuestos se asocia el Pb (tanto geogénico como antropogénico) en estos suelos y cuáles son los mecanismos de transporte y acumulación de Pb durante el proceso de podzolización. Además, se intenta evaluar la intensidad de la contaminación por Pb en cada una de las tres localizaciones y hasta qué profundidad ha penetrado en el suelo, en relación a los riesgos ecológicos potenciales. Para esto se analizó la composición isotópica del Pb en los siete suelos, tratando de establecer mediante qué mecanismos y en qué horizontes es retenido en el suelo el Pb procedente de la deposición atmosférica, valiéndonos de la diferente composición isotópica del Pb geogénico (presente en los minerales del suelo) y del de contaminación. Por último evaluó la aptitud del Pb procedente de deposición atmosférica como trazador de la magnitud del proceso de transporte de metales y materia orgánica, es decir, de la podzolización con respecto al tiempo, en estos tres ambientes.

Dado que las propiedades de la materia orgánica parecen ser determinantes para el transporte y acumulación de metales, en la tercera parte del estudio se aborda la caracterización química de la materia orgánica de uno

de los suelos estudiados, con la finalidad de averiguar la implicación de los distintos compuestos orgánicos en la podzolización. Desde el punto de vista de estrictamente edafogenético, a pesar de la controversia acerca de los mecanismos de la podzolización, todas las teorías coinciden en que la materia orgánica (su movilidad y acumulación) son muy importantes en las características finales de los podzoles. Desde el punto de vista ecológico, la caracterización de los mecanismos y compuestos concretos responsables del transporte y acumulación de metales es importante para la identificación de riesgos. La metodología utilizada en esta tercera parte fue pirólisis-cromatografía de gases-espectrometría de masas (Py-GC/MS), que permite una caracterización a nivel molecular de los compuestos orgánicos. Los resultados acerca de la composición de la materia orgánica se contrastaron con la hipótesis genética de este suelo, formulada y discutida en la primera parte, y con los datos de concentración, acumulación y composición isotópica del Pb descritos y discutidos en el Capítulo 2.