

GEOQUÍMICA DE UNA CATENA DE SUELOS DESARROLLADOS SOBRE SEDIMENTOS LOÉSSICOS EN EL PIEDEMONTTE ORIENTAL DE LAS SIERRA CHICA DE CÓRDOBA, ARGENTINA

Ferreira, V.E.¹; Pasquini, A.I.^{1,2}; Sacchi, G.A.¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba. Argentina. X5016GCA. ²Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA, CONICET-Universidad Nacional de Córdoba).
Contacto: vickyferreira@yahoo.com

Palabras Claves: Meteorización, Loess, Pedogénesis

Resumen

Se describen, clasifican y caracterizan geoquímicamente suelos de una catena, desarrollados a partir de material parental loésico, en un clima semiárido, en el Piedemonte oriental de la Sierra Chica de Córdoba, con el objetivo de examinar el comportamiento de los elementos químicos dentro de los perfiles y analizar su variabilidad en diferentes posiciones del paisaje. Se estudiaron cuatro perfiles ubicados en posición de loma alta, loma, media loma alta y media loma baja, clasificados como Haplustol paralítico, Haplustol éntico, Haplustol údico y Argiustol údico, franca fina, térmica. La composición geoquímica del material parental muestra, en general, similitudes con la composición de la corteza continental superior y de otros loess de Argentina. Los elementos más solubles (Ca, Na, K, Mg) registran un leve decrecimiento, mientras que otros elementos (Ti, As y ETR) se encuentran enriquecidos. Estas diferencias se deben a la naturaleza química del material alóctono, a aportes locales y a una incipiente alteración química. Las mayores variaciones composicionales entre los horizontes del solum y el material parental fueron observadas en el Argiustol. Del análisis de la información obtenida se desprende que la intensidad de los procesos pedogenéticos no ha sido suficiente para enmascarar la impronta química del material parental.

Abstract

A geochemical study was carried out on a catenary sequence of soils developed on loessic sediments under a semiarid climate, in the eastern piedmont of Sierra Chica of Córdoba. Four soil profiles developed on summit, shoulder, backslope, and footslope were classified as Paralithic Haplustoll, Entic Haplustoll, Udic Haplustoll and Udic Argiustoll, fine loamy, thermic. The chemical composition of the parent material shows, in general, similarities with those of the upper continental crust and other loess of Argentina. More soluble elements (Ca, Na, K, Mg) show a slight decrease, while others (such as Ti, As and rare earth elements) are enriched. The differences are due to the chemical nature of the loess, contributions from local sources, and an incipient chemical alteration. More compositional variations within the soil profile were observed in the Argiustoll. However, we can affirm that pedogenetic processes have not substantially modified the chemical signature of the parent material.

Introducción

En el ciclo exógeno de los elementos químicos, los procesos de meteorización y los procesos pedogenéticos juegan un importante rol liberando y movilizandolos distintos elementos constituyentes del regolito y sedimentos que constituyen los materiales

parentales de los suelos. Las reacciones que ocurren en la interface entre la litósfera, la biósfera y la hidrósfera, es decir, la pedósfera, determinan la movilización y redistribución de elementos químicos dentro de los perfiles del suelo. Durante una pedogénesis temprana la composición química de los suelos está controlada principalmente por la naturaleza del material parental, mientras que los suelos maduros reflejan los efectos de los procesos de meteorización. El material parental representa el estado inicial del sistema suelo. Así, con el tiempo, la composición de los suelos diverge de aquella propia del material original bajo la influencia también de los procesos pedogenéticos. Esta divergencia entre la composición del material parental y los suelos resultantes puede manifestarse tanto como una redistribución y formación de elementos dentro de los perfiles como una removilización entre distintos suelos desarrollados en diferentes posiciones del paisaje. En el presente trabajo se describen, clasifican y caracterizan desde un punto de vista geoquímico, los suelos de una catena, desarrollados a partir de material parental loésico en un ambiente de relieve normal del Piedemonte oriental de las Sierras Chicas de Córdoba, con el objetivo de aportar al conocimiento sobre la movilidad de los elementos químicos en el perfil del suelo y en el paisaje.

Materiales y Métodos

Se describieron y muestrearon cuatro perfiles de suelos, definidos en una catena en posición de loma alta, loma, media loma alta y media loma baja, siguiendo las Normas de Reconocimiento de Suelos de Etcheverhe (1976). En cada uno de los horizontes identificados, se realizaron las determinaciones físico-químicas de rutina por métodos estandarizados y se determinaron elementos mayoritarios mediante espectrometría de emisión (ICP-ES) y elementos traza mediante espectrometría de masa con plasma inductivamente acoplado (ICP/MS), previa eliminación de carbonatos y materia orgánica. Los suelos se clasificaron según el sistema americano Soil Taxonomy (USDA, 2014). Se utilizaron herramientas geoquímicas (por ej., diagramas multielementales, índices de alteración, relaciones elementales) y estadísticas (por ej., análisis de componentes principales) para el análisis de la información obtenida.

Resultados

La catena de suelos estudiada se desarrolla en un clima semiárido, en el Piedemonte oriental de la Sierra Chica de Córdoba (30° 58' – 30° 59' S y 64° 09' O). El material parental es un sedimento loésico correspondiente a la Fm. General Paz definida por Santa Cruz (1973). Este sedimento cubre discordantemente a un material psefíticos de matriz psamítica definido como Fm. Estancia Belgrano. Esta formación estaría relacionada con el ascenso principal de la Sierra Chica (Santa Cruz, 1973). El clima de la región es semiárido, con temperaturas medias anuales de 14 a 17°C y una distribución anual irregular de las precipitaciones. El verano concentra el 80% de las precipitaciones anuales, que en el área de estudio alcanzan los 800 mm.

En la secuencia catenaria estudiada, desde la posición de loma alta hasta media loma baja, se definieron los siguientes suelos: Haplustol paralítico (A - C_r), Haplustol éntico (A_p - AC - C_k), Haplustol údico (A_p - B_w - C_k) y Argiustol údico (A_p - B_{t1} - B_{t2} - BC - C), familia franca fina, térmica. El espesor del solum aumenta desde la posición de loma alta a media loma baja, con una profundidad desde 17 cm a 100 cm. Los perfiles estudiados corresponden a suelos oscuros (> 1% de materia orgánica), con pHs neutros (6,6-7,3), saturado con bases (> 90%), siendo el Ca⁺² el catión dominante del complejo de intercambio. El material parental presenta CaCO₃ libre en la masa del suelo, con un pH básico (7,9-8,4). Los procesos pedogenéticos comunes a todos los perfiles son la melanización y descarbonatación-

carbonatación, este último debido a la naturaleza del material parental. En los perfiles de media loma alta y baja también ha actuado la eluviación-iluviación de arcilla y materia orgánica, materializado en la presencia de un horizonte de acumulación B.

El material parental de los suelos estudiados presenta una composición química similar a la de la corteza continental superior (CCS, McLennan, 2001), con algunas excepciones. Los elementos más móviles en procesos de la superficie, como Ca, Na, K y Mg, presentan un decrecimiento en relación con la corteza. Los elementos traza en general muestran similares concentraciones que la CCS (con excepción del As que se presenta enriquecido y el Fe que exhibe menores contenidos). Los elementos de tierras raras (ETR) se presentan enriquecidos en todos los casos. Las diferencias detectadas se deben a la naturaleza química del material alóctono de origen eólico, a aportes locales y a una incipiente alteración química. Por otra parte, el material parental de estos suelos presenta una composición química similar a la de otros sedimentos loésicos de Argentina y de otras regiones del mundo.

El análisis de la distribución de elementos químicos dentro de los perfiles de la catena estudiada muestra que los Haplustoles registran escasas diferencias composicionales entre los horizontes del solum y el material parental, mientras que una mayor variabilidad es observada en el Argiustol. La Figura 1 muestra, a modo de ejemplo, los diagramas multielementales de los diferentes horizontes del solum normalizados al material parental (horizonte C) para el Haplustol éntico (Figura 1a) y el Argiustol údico (Figura 1b). En el primer caso, los patrones normalizados son muy similares para los horizontes A y AC, con diferencias poco significativas en relación al material parental. El Ca, Mg, P y As se presentan levemente empobrecidos, mientras que los otros elementos evidencian concentraciones similares a las del material parental. El Argiustol, que presenta una mayor horizontalización del perfil, registra una mayor variación composicional. Sólo el Ca muestra un decrecimiento en los horizontes del solum en relación con el material parental, mientras que la mayor parte de los elementos se presentan enriquecidos. Entre los elementos traza, los ETR presentan mayores concentraciones que en los Haplustoles y también una mayor variabilidad dentro del perfil. El horizonte BC de este suelo muestra además diferencias composicionales en relación con los otros horizontes y, particularmente, en relación con los ETR. Considerando que estos son buenos trazadores de las fuentes, su variabilidad permite inferir un mayor retransporte y aportes locales en el material parental de este suelo.

A través del cálculo de diferentes índices de meteorización y de relaciones elementales representadas mediante diagramas A-CN-K (por ej., Nesbitt *et al.*, 1996) es posible afirmar que estos suelos están afectados por una alteración incipiente, compatible con el régimen de meteorización actual de la región. Los valores del Índice de alteración química (*Chemical Index of Alteration*, CIA, Nesbitt & Young, 1981) oscilan entre 56 y 61, con mínimas diferencias entre los horizontes del solum y el material parental. Similares resultados muestran los valores del CPA (Bugge *et al.*, 2011).

Con el fin de determinar elementos con similar comportamiento geoquímico y también para agrupar las diferentes muestras de suelos sobre la base de su afinidad geoquímica se realizó un análisis factorial. Dos factores explican el 65% de la variabilidad del sistema. Los elementos químicos quedaron delimitados en 2 grupos, que podrían reflejar la composición química del material parental alóctono (loess) y la señal geoquímica de los aportes locales (basamento cristalino y formaciones sedimentarias suprayacentes). El análisis estadístico ha resultado una herramienta de utilidad para explicar la variabilidad de la relación material parental – solum en la catena estudiada, evidenciando que la geoquímica del material parental se preserva en los perfiles de los suelos estudiados.

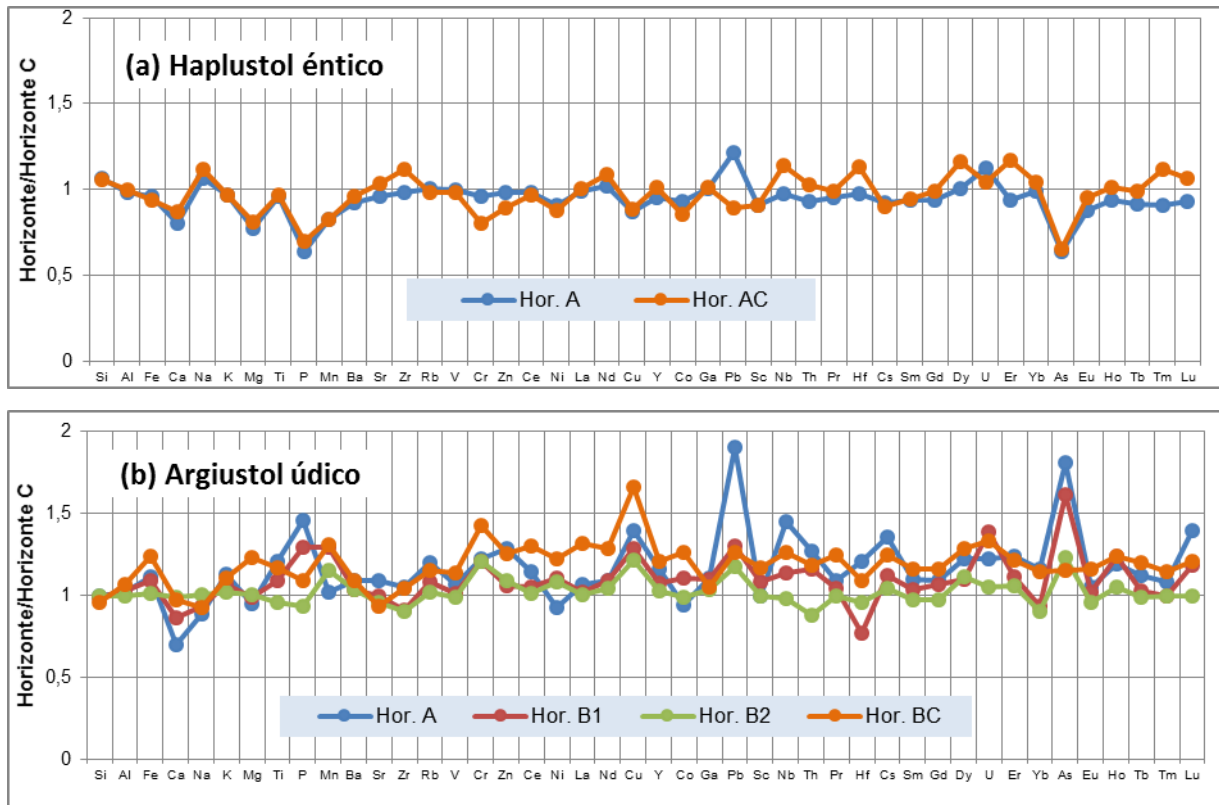


Figura 1. Concentraciones normalizadas al material parental de los diferentes horizontes del Haplustol éntico (a) y del Argiustol údico (b). Para una mayor visualización de las diferencias se ha usado una escala vertical aritmética.

Conclusiones

Los resultados aquí obtenidos permiten definir a los suelos analizados como “suelos actuales”, sometidos a una meteorización incipiente y cuyas diferencias geoquímicas son producto de las transformaciones y redistribución de elementos químicos dentro del perfil como resultado de la diferente expresión de los procesos pedogenéticos según su posición en la catena, los que no han sido suficientes para enmascarar la impronta química del material parental. Esto se debe a que son depósitos jóvenes, en los que los factores de formación de suelos como tiempo (t), relieve (historia geológica) y condiciones climáticas (cl), han determinado una baja alteración química de los minerales primarios y una débil expresión de los procesos pedogenéticos.

Referencias

Buggle, B. et al., 2011. An evaluation of geochemical weathering indices in loess-paleosol studies. *Quaternary International*, 240, pp.12-21.

Etchevehere, P.H., 1976. Normas de Reconocimiento de suelos. Segunda Edición actualizada. INTA, Dpto de Suelos. Publicación N°152. Castelar, Bs. As. 211pp.

McLennan, S.M., 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2, 2000GC000109.

Nesbitt, H.W. & Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299, pp.715-717.

Nesbitt, H.W. et al., 1996. Effects of chemical weathering and sorting on the petrogenesis of siliciclastic sediments, with implications for provenance studies. *The Journal of Geology*, 104, pp.525-542.

Santa Cruz, J., 1973. Geología al este de la Sierra Chica (Prov. de Córdoba) entre La Granja y Unquillo con especial referencia a las entidades sedimentarias. Actas 5º Congreso Geológico Argentino, 4, pp.221-234.

USDA. Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th Edition. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 360pp.