

# EFFECTOS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO SOBRE LOS MINERALES ARCILLOSOS

Céspedes-Payret, C.<sup>1</sup>; Piñeiro, G.<sup>2</sup>; Gutiérrez, O.<sup>1</sup>; Panario, D.<sup>1</sup>

<sup>1/</sup> UNCIEP, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA), Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay, [cespedes@fcien.edu.uy](mailto:cespedes@fcien.edu.uy) [carpay26@gmail.com](mailto:carpay26@gmail.com)

<sup>2/</sup> Laboratorio de Geología Ambiental, Instituto de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

## RESUMEN

Los cambios ocurridos en la región pampeana durante el Cuaternario, dejaron su impronta en la mineralogía de las arcillas del suelo. Los procesos y factores asociados a este periodo, estuvieron indisolublemente relacionados con cambios en la cobertura vegetal. En el presente, el cambio de uso del suelo también tendría una fuerte repercusión en su composición mineralógica. El mismo está asociado a la expansión de algunos cultivos anuales (e.g. soja, maíz, y girasol) y la forestación con especies de rápido crecimiento. Sin embargo, aún no es bien conocido el alcance de sus efectos sobre la constitución de los minerales arcillosos. Con estos propósitos, el trabajo fue orientado a comparar la composición mineralógica de las arcillas y el valor de  $K^+$  de un suelo de pradera (Argiudols) bajo cobertura natural y un cultivo de *Eucalyptus grandis* implantado 25 años atrás, en un sector de esta misma pradera. Los difractogramas de rayos X (DRX) revelaron como diferencia más notable, la caída del espectro de los minerales de  $10\text{Å}$ , en los subhorizontes  $A_{11}$  y  $A_{12}$  (~20 cm) del suelo bajo *E. grandis*, junto a la caída de los valores de  $K^+$ . Estos resultados muestran que en el suelo bajo un cultivo de *E. grandis*, ocurrió un alteración mineralógica de la illita, la que conduce a su destrucción. La importancia de esta arcilla, radica en que es el reservorio principal de potasio de los suelos agrícolas, y que bajo las condiciones de estudio, este proceso es irreversible.

**PALABRAS CLAVES:** cambio de uso del suelo, pastizales, forestación, eucaliptos, illita, Uruguay.

## **ANTECEDENTES**

El territorio uruguayo es parte de la región pampeana; una región donde afloran sedimentos eólicos cuaternarios, parcialmente retransportados y caracterizados por amplios depósitos de loess y limos. Panario y Gutiérrez (1999) sostienen que estos loess en Uruguay tienen el mismo origen que los de la Pampa Argentina, particularmente, con aquellos de la provincia de Entre Ríos. Para Kröhling y Orfeo (2002), los minerales arcillosos presentes en el loess, indican un ambiente representado por la formación de illita, acompañada de caolinita, esmectitas e interstratificados de illita/esmectitas. Aún en suelos arenosos la distribución de los limos en el territorio indican que deben haberse incorporado a los suelos, particularmente en el horizonte A. Otros estudios señalan también a la illita como al mineral arcilloso dominante (Kröhling e Iriondo 2003), particularmente en los horizontes A del suelo (Tófalo et al. 2008). A su vez, este mineral, es el reservorio principal de K en los suelos de regiones templadas (Hinsinger 2002; Barré et al. 2007a). Al presente, existen evidencias de cambios en la matriz mineral en una escala de tiempo de años o incluso semanas (Tice et al. 1996; Thompson et al. 2006; Barré et al. 2007b), que demuestran que los minerales arcillosos 2:1 pueden reaccionar tan rápido como un sistema biológico a cambios de la cobertura vegetal o manejos agronómicos. Esta transformación afecta a minerales arcillosos 2:1 que contienen potasio (Rich 1968), particularmente illita, la principal arcilla de la mayoría de los suelos agrícolas (Boguslawski y Lach 1971). Los mecanismos de interacción planta-arcilla, al igual que tratamientos con fertilizantes, pueden cambiar a los minerales arcillosos, aunque las plantas potencialmente tienen un efecto mayor que los fertilizantes (Velde and Peck 2002; Pernes-Debuyser et al. 2003). Según Barré et al. (2009), a pesar de la importancia de la influencia de la vegetación sobre la formación de minerales arcillosos, esta ha sido subestimada en la discusión científica actual.

### **Caracterización del área de estudio**

El área de estudio está ubicada en la región litoral oeste de Uruguay (32° 23' S y 57° 36' W). Se trata de un área con una alta concentración de plantaciones forestales fundamentalmente de *Eucalyptus* sp. La geología del área está constituida predominantemente por areniscas cretácicas, retransportadas durante el Cenozoico. Los suelos se desarrollan sobre las redeposiciones cuaternarias de estos sedimentos. En el sitio de muestreo el material sedimentario consiste en una arenisca arcillosa rojiza de grano fino, algo irregular, y ocasionalmente con guijarros. El suelo es un Mollisol (Argiudoll, Soil Survey Staff 2010) de textura francoarenosa/arcilloarenosa, desarrollado sobre un relieve de lomadas suaves y fuertes con 1-6% pendiente.

El espesor del *solum* varía entre 120 y 125 cm, la secuencia de horizontes es A, Bt, C, con transición clara entre los horizontes A y Bt. La textura del horizonte A es franco arenoso a arenoso franco, y la del horizonte Bt arcillo arenosa. La unidad de suelo seleccionada presenta dos coberturas vegetales contrastantes: pastura y plantación de *E. grandis*, de 25 años de edad.

## **OBJETIVOS**

Con base a los antecedentes nos planteamos investigar, si la alta demanda de  $K^+$  del cultivo de eucalipto también involucra al potasio “no intercambiable”. En tal caso, esto podría estar afectando irreversiblemente, el contenido relativo de illita en el suelo de pradera.

## **MÉTODOS**

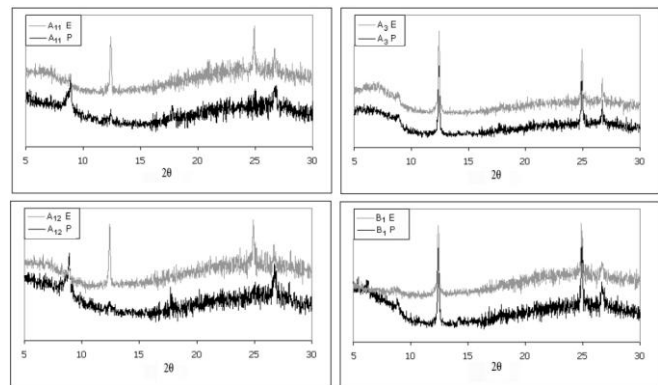
Para evaluar esta hipótesis, se seleccionaron dos coberturas contrastantes, pastura natural vs cultivo de *Eucalyptus grandis* (de 25 años) en un mismo tipo de suelo donde fueron excavadas dos calicatas para describir y comprobar la similitud de los dos perfiles. El área de muestreo abarcó dos laderas de un interfluvio, similares entre sí tanto morfológica como pedológicamente, de modo de minimizar cualquier variación que pudiera generarse por factores ajenos al cambio de uso del suelo.

El análisis se centró en la determinación de la composición mineralógica de las arcillas, así como del tenor de potasio intercambiable ( $K^+$ ) del suelo. A las arcillas no se les realizó ningún tratamiento químico a efectos de poder analizarlas en estado natural (particularmente la illita y la caolinita), por difracción de rayos X (DRX) utilizando radiación de CU ( $\lambda_{K\alpha Cu}=1.5418\text{\AA}$ ) en un difractómetro Pert X Philips equipado con un goniómetro theta-theta. Las muestras fueron tomadas en los subhorizontes A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>. En los patrones de difracción obtenidos, la caolinita es identificada por una pequeña ampliación, picos (001) simétricos y fuertes hacia los 7.0 y 7.1 $\text{\AA}$  y hacia los 3.5  $\text{\AA}$  por la reflexión (002). Además, la caolinita presenta una reflexión (021) de menor intensidad hacia los 3.8 $\text{\AA}$ . Por su parte, los “minerales tipo illita” o “minerales 2:1 proveedores de K” (*sensu* Barré et al. 2007a) son identificados por las reflexiones en 10.0 $\text{\AA}$ , 5.0 $\text{\AA}$ , y 3.3 $\text{\AA}$ , con una protuberancia distintiva en el pico basal en 10.5 $\text{\AA}$ . La determinación de  $K^+$ , mediante lectura con espectrofotometría de adsorción atómica.

## **RESULTADOS**

La mineralogía de las arcillas del suelo de pradera registró diferencias importantes con el suelo de pradera bajo cultivo de eucalipto en los subhorizontes A<sub>11</sub> y A<sub>12</sub> (0-20 cm). La diferencia más notoria en el patrón de los difractogramas se expresa en la distinta intensidad de las reflexiones basales de la illita y la caolinita ( $2\theta = \sim 9^\circ$  y  $12,5^\circ$ , respectivamente;

Figura 1, derecha). En el suelo de pradera, en estos subhorizontes dominan los “minerales 2:1 proveedores de K”, los que exhiben un pico (001) rasgado y muy alto. Este pico basal es acompañado por un pico claro (002) y otro (003) muy claro. En este suelo, las reflexiones (001) y (002) de caolinita están también presentes, aunque con intensidades menores. En contraste, en el suelo bajo cultivo de eucalipto, en ambos subhorizontes domina la caolinita, con picos (001) y (002) estilizados y estrechos. Aquí, el patrón de reflexiones correspondiente a los “minerales 2:1 proveedores de K”, es de menor intensidad que en pradera. Este patrón consiste en picos (001), (003) y un pico 002 muy débil. En tanto, los subhorizontes A<sub>3</sub> y B<sub>1</sub> no presentaron diferencias importantes entre la pradera y el cultivo de eucalipto (Figura 1, izquierda). La caolinita fue el mineral arcilloso más importante en ambos casos, exhibiendo similares patrones en el difractograma, tanto en los espaciados como en la intensidad de las reflexiones. En el caso del subhorizonte B<sub>1</sub> bajo eucalipto, los difractogramas registraron una baja relación señal-ruido debido a la fluorescencia de óxido de hierro. Tras su remoción con ditionito, el patrón del difractograma fue similar al de pradera.



**FIGURA 1:** Patrones de difracción de rayos X de los minerales arcillosos de suelos de pradera (negro) y de suelos de pradera forestados con *E. grandis* (gris claro) para los horizontes A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>3</sub> and B<sub>1</sub>.

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo confirman las presunciones de

Simonsson et al. (2009), en la medida que la caída de los valores de K<sup>+</sup> fue acompañada por un decaimiento importante del contenido de illita hacia la cima del perfil (subhorizontes A<sub>11</sub> y A<sub>12</sub>) luego de la implantación del cultivo de eucalipto. Aquellos cationes de mayor demanda por lo árboles, estarían sometidos a un más rápido ciclado y a un mayor tiempo de retención en su biomasa, tal como se expresa en el patrón vertical de K<sup>+</sup> obtenido. Asimismo, una fracción de este catión puede perderse en el agua de escurrimiento y el flujo hipodérmico en las cuencas forestadas (Silveira et al. 2011).

Esta mayor acumulación de K<sup>+</sup> por el árbol eleva el tiempo de residencia fuera del suelo, situación que transforma en irreversible el proceso de desestructuración de la illita al no existir el K<sup>+</sup> necesario para las intercapas de la arcilla. Así, el K liberado por la biomasa y eventualmente ingresado al suelo, no encontrará illitas en cantidad suficiente para reincorporarse a su estructura y en consecuencia, ser retenido en el suelo. Si bien en el

presente estudio, no ha sido analizada la posibilidad de una vermiculitización o esmectitización de la illita, la disolución por ácidos orgánicos podría también constituir un mecanismo principal en la caída del espectro de los minerales de 10Å. Cualquiera sea el mecanismo dominante, puede sostenerse que este fenómeno es irreversible, no sólo porque hubo una pérdida neta de potasio, sino también porque simultáneamente decreció el contenido de illita. Este desbalance de K se vería agravado cuando la plantación es cosechada, su biomasa exportada, y el sitio nuevamente forestado. En un escenario hipotético en el que la vegetación original de pradera sea restaurada, no es posible esperar el restablecimiento de la composición mineralógica original. Los resultados sugieren la importancia de analizar, los efectos del cambio de uso del suelo, no sólo a través del cambio de sus propiedades fisicoquímicas, sino también mineralógicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRÉ, P.; VELDE, B.; ABBADIE, L. 2007a. Dynamic role of “illite-like” clay minerals in temperate soils: facts and hypotheses. *Biogeochemistry*, 82: 77–88.
- BARRÉ, P.; VELDE, B.; CATEL, N.; ABBADIE, L. 2007b. Soil–plant potassium transfer: impact of plant activity on clay minerals as seen from X-ray diffraction. *Plant and Soil*, 292: 137–146.
- BARRÉ, P.; BERGER, G.; VELDE, B. 2009. How element translocation by plants may stabilize illitic clays in the surface of temperate soils. *Geoderma*, 151: 22–30.
- BOGUSLAWSKI, E.; LACH, G. 1971. Die K-Nachlieferung des Bodens im Pflanzenexperiment im Vergleich mit dem austauschbaren Kalium. *Z. Acker-Pflanzenbau*, 134: 135-164.
- HINSINGER, P. 2002. Potassium. In: R. LAL (Ed.) *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker Inc., N.Y.
- KRÖHLING, D.; ORFEO, O. 2002. Sedimentología de unidades loésicas (Pleistoceno tardío – Holoceno) del centro-sur de Santa Fe. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 9(2): 135-154.
- KRÖHLING, D.; IRIONDO, M. 2003. El loess de La Pampa norte en el bloque de San Guillermo. Santa Fe. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 10(2): 137-150.
- PANARIO, D.; GUTIÉRREZ, O. 1999. The continental Uruguayan Cenozoic: an overview. *Quaternary International*, 62: 75-84.
- PERNES-DEBUYSER, A.; PERNES, M.; VELDE, B.; TESSIER, D. 2003. Soil mineralogy evolution in the INRA 42 plots experiment (Versailles, France). *Clays and Clay Mineral*, 51(05): 577-584.
- RICH, C.I. 1968. Hydroxy interlayers in expansible layer silicates. *Clays Clay Miner*, 16: 15–30.
- SILVEIRA, L. (Director); CHRETIÉ, C.; ALONSO, J.; AMORÍN, C.; DE IZAGUIRRE, P.; CRISCI, M.; SYMONDS, S.; MARTÍNEZ, L.; GARCÍA, M.; GARCÍA, F.; DELGADO, S.; CLÉRICI C.; BENTANCOR, L.; HILL, M.; ALLIAUME, F.; CABRAL, P.; AUDICIO, P.; IROUMÉ, A.; HUBER, A.; SCHIPILOV, A. 2011. Efectos de la actividad forestal sobre los recursos suelos y aguas. Proyecto FPTA-210 Efecto de la actividad forestal sobre los recursos suelos y aguas, en microcuencas similares sometidas a distinto manejo. Ed. Hemisferio Sur. 37 p. (Serie FTP N° 32).
- SIMONSSON, M.; HILLIER, S.; ÖBORN, I. 2009. Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. *Geoderma*, 151: 109–120.
- SOIL SURVEY STAFF 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. On-line en: <[ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil\\_Taxonomy/keys/2010\\_Keys\\_to\\_Soil\\_Taxonomy.pdf](ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/keys/2010_Keys_to_Soil_Taxonomy.pdf)> (accessed on 9 February 2011).
- THOMPSON, A.; CHADWICK, O.A.; RANCOURT, D.G.; CHOROVER, J. 2006. Iron-oxide crystallinity increases during soil redox oscillations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70: 1710–1727.
- TICE, K.R.; GRAHAM, R.C.; WOOD, H.B. 1996. Transformations of 2:1 phyllosilicates in 41-year-old soils under oak and pine. *Geoderma*, 70: 49–62.
- TÓFALO, O.R.; ORGEIRA, M.J.; RAMOS, A.M.; ALONSO, M.S. 2008. Sucesión sedimento-pedológica del Cenozoico Tardío de Zárate (Buenos Aires): registro continental del MIS 5 e intervalos interglaciales más antiguos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 63(3): 430–441.
- VELDE, B.; PECK, T. 2002. Clay mineral changes in the Morrow Experimental Plots, University of Illinois. *Clays and Clay Minerals*, 50(1): 364–370.