

Formación Libertad: su reformulación

Bossi Jorge¹, Celio Antonella¹, Mármol Sebastián¹

¹Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Grupo Disciplinario Geología. Avenida Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: jbossi@fagro.edu.uy

Recibido: 14/6/13 Aceptado: 17/3/16

Resumen

Al desarrollar el proyecto «Limos Cuaternarios» se encontró que dentro de la Formación Libertad se incluían dos lodolitas diferentes: una, derivada de la meteorización de un loess finiplioceno, sin gravilla, con menos de 20 % de arena y con illita como mineral arcilloso dominante, a la que se propone mantener como Formación Libertad. A la otra lodolita, derivada de rocas básicas con alto porcentaje de arena, minerales ferromagnesianos en esa fracción, abundante gravilla (30-50 %) y montmorillonita como mineral arcilloso dominante, se propone denominarla Formación La Carolina. En realidad se trata de unidades edafoestratigráficas. Las diferencias mineralógicas sugieren una concentración diferente en oligoelementos que podría resultar en un comportamiento disímil de la fertilidad natural. La distribución actual puede definirse a partir de las asociaciones de suelos relevados en la Carta de Suelos a escala 1/1.000.000 de Uruguay.

Palabras clave: limos cuaternarios, vertisoles, brunosoles, Uruguay

Summary

Libertad Formation: Reformulation

As a result of the «Quaternary Silts» project, two different mudstones were found included in the Libertad Formation: one, derived from Finipliocene loess, without gravel, with less than 20 % of sand, and illite as the dominant clay mineral, which is proposed to maintain as Libertad Formation. The other mudstone, derived from basic rocks with high sand percentage, ferromagnesian minerals in the sand fraction, abundant gravel (30-50 %), and montmorillonite as dominant clay mineral, is proposed to be defined as La Carolina Formation. The two formations are actually soil stratigraphic units. The mineralogical differences suggest a different concentration of trace elements, which might result in dissimilar natural fertility behavior. The current distribution can be defined from soil associations surveyed in the soil chart of Uruguay at 1/1.000.000 scale.

Keywords: quaternary silts, vertisols, brunosols, Uruguay

Introducción

La Formación (Fm) Libertad, definida por Goso (1965), representó un avance en la geología de Uruguay correspondiente al Período Cuaternario que tuvo una significativa repercusión en el uso agrario del sur del Departamento de San José. Antes de dicho trabajo, Jones (1956) había descrito la Fm denominada «El Pampeano» como constituida por litologías diferentes: limos pardos friables masivos (lodolitas) en la cima y areniscas conglomerádicas de estratificación cruzada en la base. Esta Fm abarcaba al Departamento de San José. Siguiendo las recomendaciones de la

Comisión Estratigráfica del Congreso Geológico Mundial de México en 1956 y de India en 1960, se podría distinguir en las barrancas del sur del Departamento de San José dos formaciones: Fm Libertad en la cima y Fm Raigón en la base.

Las lodolitas presentaban, a su vez, dos litologías, mostrando en el contacto con las areniscas un loess más tenaz, que se designó informalmente como «limo naranja» y se reconocía por presentar microporos radicales negros en todas direcciones.

El resultado de la cartografía de las dos formaciones identificó un limo friable con desarrollo de suelos profundos

y buena fertilidad en las zonas altas, y una arenisca de grano grueso que se comporta como un acuífero caudaloso y poco profundo.

La misma barranca fue descrita por Francis y Mones (1965a) en los siguientes términos, de la cima a la base:

- limo loessoide con *Glyptodon*, *Panochthus* y *Milodontinos* que se corresponden con la formación «Pampeano» de edad Pleistoceno (Fm Libertad según Goso, 1965)
- varias areniscas que constituyen la Formación San José (Fm Raigón según Goso, 1965)
- areniscas finas y arcillas con *Cardiatherum talicei* que denominan Fm Kiyú, del Plioceno superior.

Andreis y Mazzone (1967) demostraron que las areniscas de la Fm Raigón tienen origen fluvial con dirección de corriente hacia el suroeste, mientras que las pelitas de la base tienen dirección de corriente hacia el norte indicando un origen marino. Los primeros datos granulométricos de esta formación, obtenidos por Cardelino y Ferrando (1969) a partir de 16 determinaciones, indicaron que los limos presentaban:

- 20 ± 4 % de arena (2 % $> 0,5$ mm; 2 % entre $0,25$ y $0,5$ mm; 16 % $< 0,25$ mm)
- 42 ± 6 % de limo (2 - 20 micras)
- 38 ± 6 % de arcilla (< 2 micras)

Bossi y Morales (1997) obtuvieron como subproducto del estudio de los recursos hidrogeológicos del Departamento de Canelones, las observaciones en piletas de Prenader que muestran que las lodolitas friables de la Fm Libertad de Goso (1965) resultan de la meteorización del loess pardo naranja.

Ortiz (2002) propone reconocer tres miembros dentro de la Fm Raigón en el sur del Departamento de San José:

- San Bautista (loess y limolitas)
- Mauricio (areniscas fluviales)
- Kiyú (pelitas gris verdosas)

En el departamento de Canelones el Miembro Mauricio no se ha reconocido, pero la naturaleza de los miembros San Bautista y Kiyú es tan semejante que propone mantener la estratigrafía en San José y aceptar que falta el Miembro Mauricio en el Departamento de Canelones. Eso fue defendible porque una importante falla de rumbo noroeste hunde el bloque suroeste con un rechazo de 80 metros (Bossi y Navarro, 1991; Figuras 1 y 2).

Bossi y Schipilov (2007) hacen referencia a la formación de vertisoles a partir de rocas básicas y en ese sentido no incluyen la zona de lodolitas descritas por Bossi y Navarro (1991). Aparece entonces un criterio de diferenciación de las lodolitas. Martínez y Ubilla (2004) al tratar el Cuaternario definen brevemente la Formación Libertad, coincidiendo con los autores anteriores en que es una unidad que se desarrolla en el sur del país y genera superficies onduladas

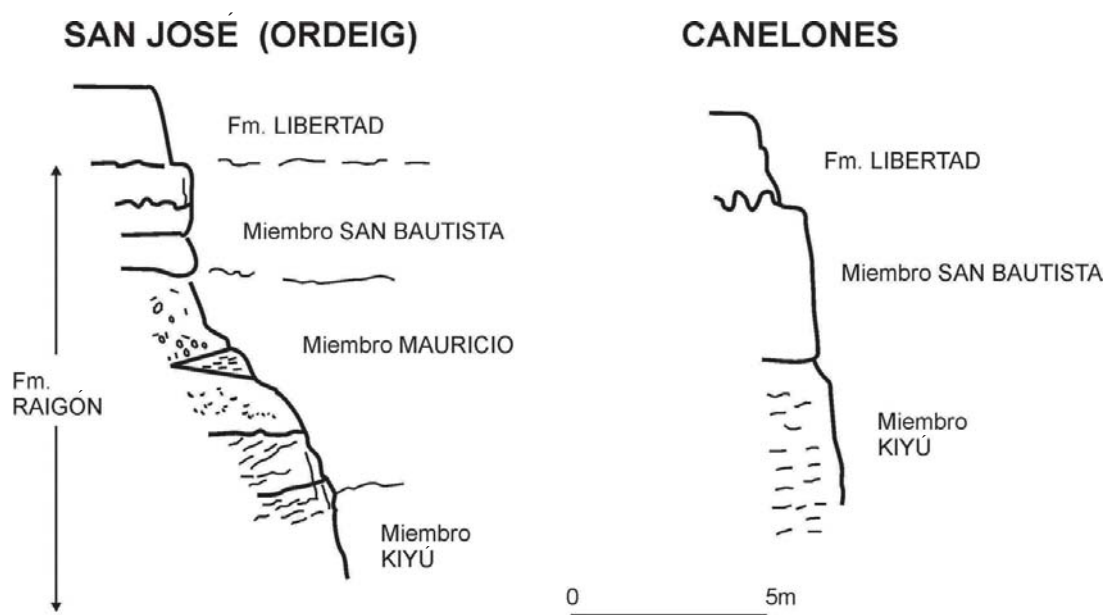


Figura 1. Diferencias de dos litologías de la formación raigón en San José y Canelones.

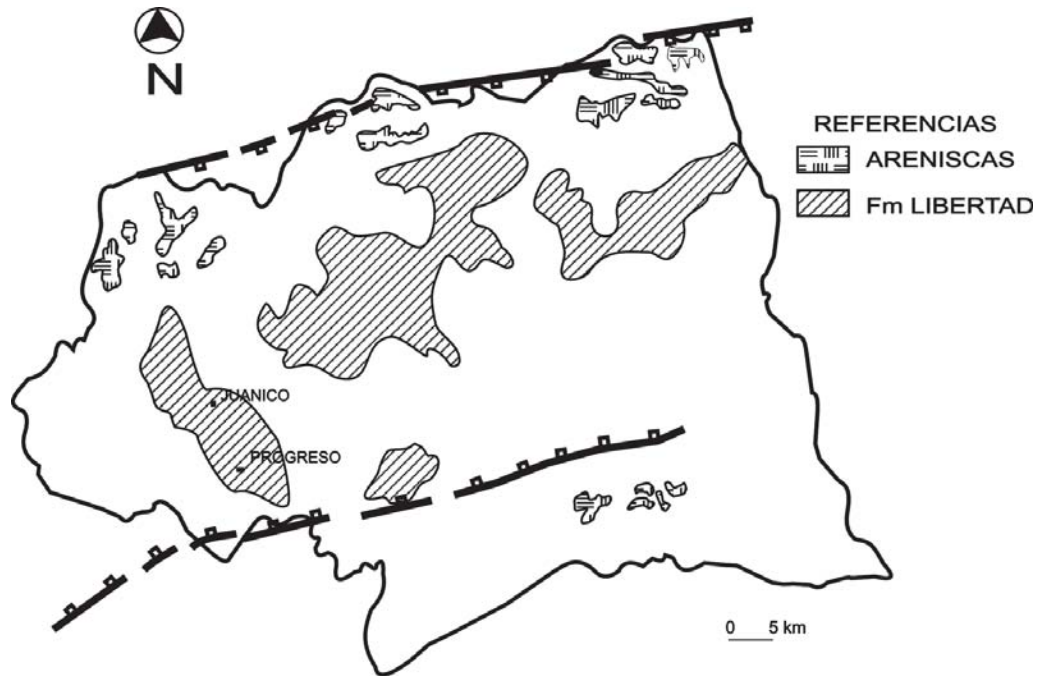


Figura 2. Esquema geológico del departamento de Canelones tomado de Spoturno *et al.*, 2004.

al estar compuesta por lodolitas y loess de color pardo rojizo con menos de 30 metros de potencia máxima. Presentan también un cuadro de síntesis colocando la formación dentro del Pleistoceno inferior continental.

Bossi *et al.* (2009) acceden a la muestra de *Cardiatherium Talicei* dentro de la megafauna (Figura 3) del Museo

de Paleontología de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República) y reconocen que la cavidad craneana está rellena con el limo pardo naranja del Miembro San Bautista de la Formación Raigón caído en una tormenta. Esto conduce a ubicar la Formación Libertad en el tope del Plioceno, aunque no se conoce con seguridad la ubicación original de *Cardiatherium Talicei*.

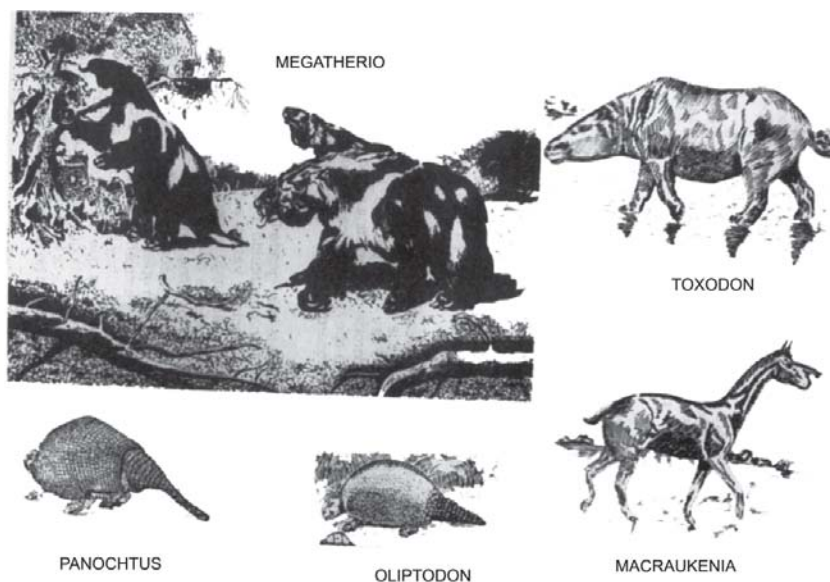


Figura 3. Megafauna cenozoica del sur de Uruguay (Tomada de Bossi y Navarro, 1991).

La bibliografía disponible identifica a la Fm Libertad como una lodolita masiva de color pardo. La mayoría de los autores conciben el proceso genético como acumulación de

polvos éolicos con desplazamientos discretos por fluxión de lodos viscosos, como se observa en la Figura 4 (Bossi y Ortiz, 2007).

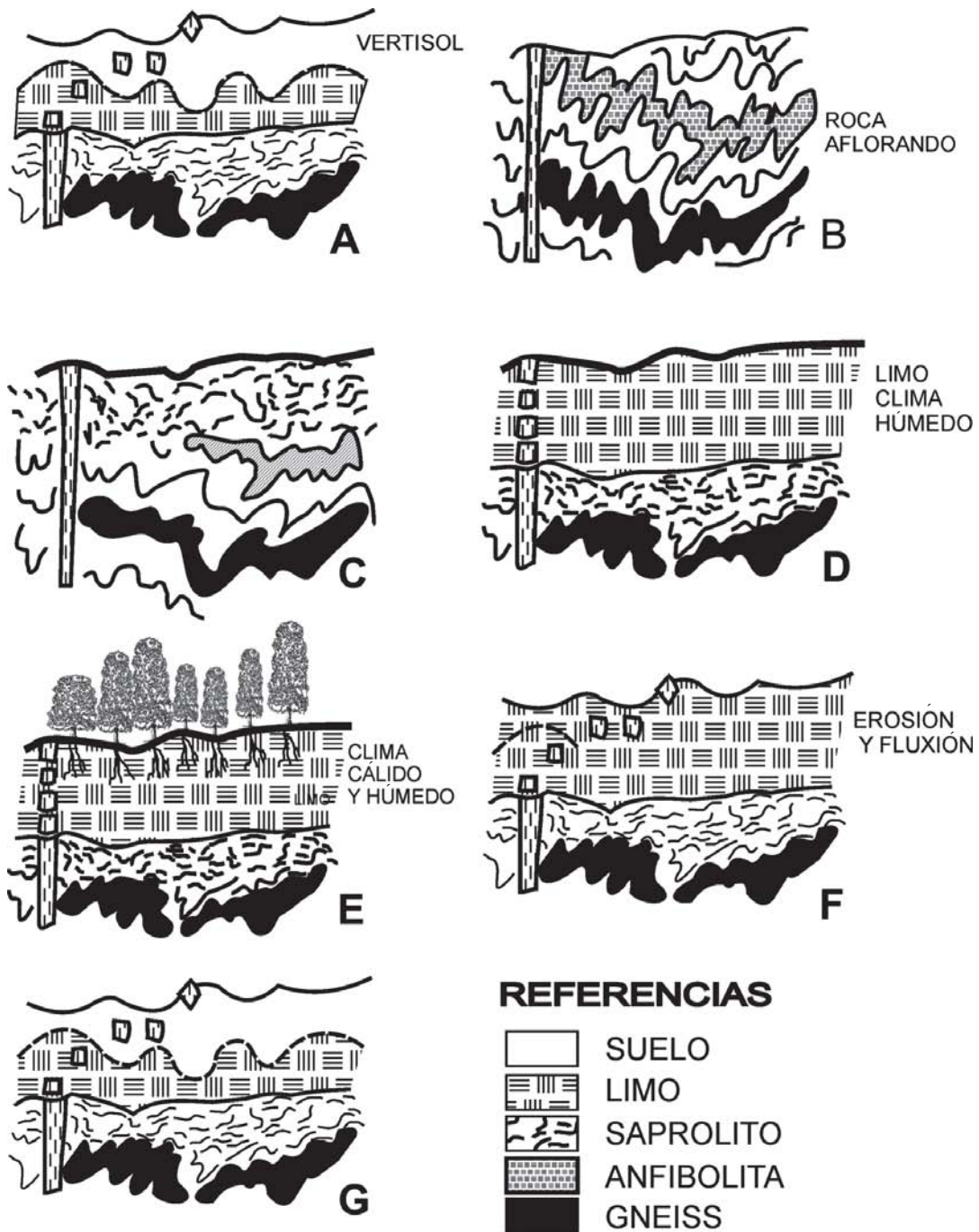


Figura 4. Mecanismo de formación de vertisoles sobre anfibolitas según calicata de La Carolina, modificado de Bossi y Ortiz (2007).

Los estudios realizados para definir el proceso de formación de vertisoles y los más recientes, orientados a tipificar «*terroirs*» pusieron de manifiesto la existencia de dos lodolitas de composición diferente con posible repercusión en la fertilidad natural de los suelos sobre ellos desarrollados. Sin embargo, la información disponible sobre las lodolitas de la Formación Libertad era muy confusa cuando se inició el proyecto «vertisoles» del programa «rocas ígneas básicas». Por otro lado, hay evidencias de la heterogeneidad de esta formación, detectada a través de la abundante información de suelos sobre limos descritos como Formación Libertad generada cada año por estudiantes de Facultad de Agronomía en el relevamiento de fin de curso de Taller II, que se realiza desde el año 1991. A pesar de que cada año se describen perfiles de suelos de decenas de lugares abarcando actualmente casi todo el país, las muestras que se extraen en estos trabajos son de unos pocos centímetros cúbicos extraídos a profundidades de 0,80 m a 1,20 m.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar las dos formaciones diferentes que se han incluido durante años dentro de una misma formación. Esta identificación puede ayudar a separar suelos que ameriten un manejo agronómico diferencial.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado utilizando fotos aéreas y cartas topográficas para obtener la carta geológica a escala apropiada. También se utilizó un relevamiento geológico.

Se realizaron calicatas de 30 m de longitud, 2 m de ancho y unos 3 m de profundidad. Cada calicata fue relevada en detalle y los limos se estudiaron en el laboratorio, determinando granulometría por el método Bouyoucos y mineralogía de las fracciones 0,12-0,25 mm. En el balneario Kiyú se midió, además, la edad de paleosuelos por termoluminiscencia (Castiglioni, com. pers.).

Resultados

La Figura 4 muestra una descripción detallada de los perfiles de las barrancas del sur del departamento de San José en el balneario Kiyú y el ubicado en La Carolina.

En el balneario Kiyú se aprovechó un sitio donde quedan expuestos 6 m de limos para reconocer la superposición de tres paleosuelos (Figura 5). En el tope del paleosuelo más antiguo se reconoció una capa de 0,20 m de espesor de cenizas volcánicas.

Los resultados más significativos son expuestos en el Cuadro 1. Allí se incluyen también algunos datos de La

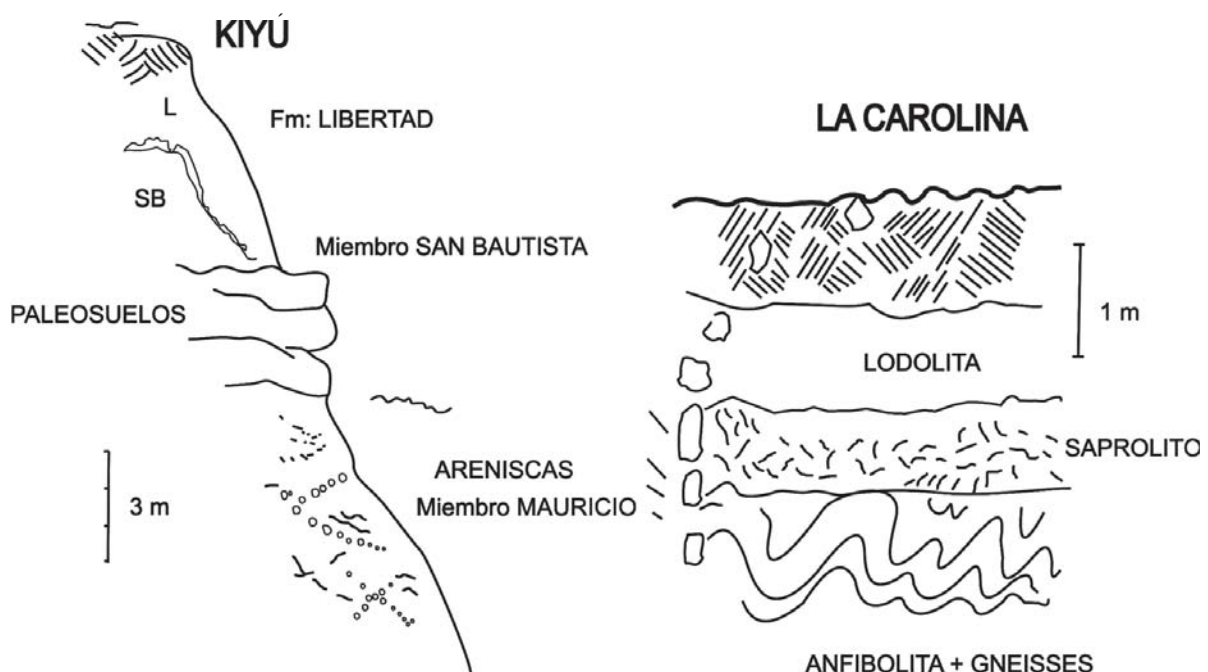


Figura 5. Diferencia de las Lodolitas de Fm. Libertad y La Carolina.

Cuadro 1. Datos granulométricos, cronológicos y mineralógicos de limos de la Formación Libertad.

	Fm. Libertad	Fm. La Carolina
Espesor máximo	20 m	2 m
% de arena	< 20	> 40
Gravilla	Ausente	Abundante
Mineral arcilloso	Illita	Esmectitas
Asociación de suelos	B > V*	V > B*

*B = brunsoles V = vertisoles

Carolina que fueron publicados por Bossi y Ortiz (2007) y constituyen la primera alerta de la heterogeneidad de los limos de la Formación Libertad.

Los resultados obtenidos en el laboratorio muestran que se ha denominado «Formación Libertad» indistintamente a dos tipos de limos que en el campo son casi idénticos, pero que presentan diferencias apreciables en espesor, granulometría, mineral arcillosos asociado y tipo de suelo formado (Cuadro 1). En resumen el limo de la Carolina tiene > 40 % de arena y gravilla y hornblenda en granos de arena entre 0,12-0,25 mm de diámetro. A este limo Bossi y Ortiz (2007) proponen denominarlo «Formación la Carolina» porque fue descubierto en una calicata excavada en

esta dependencia de la UTU. El otro limo puede tener hasta 20 m de espesor, menos de 25 % de arena y menos de 10 % de arena de 2 mm de diámetro. La mineralogía de la arena queda limitada a cuarzo y feldespato K⁺ y muy poca plagioclasa (albita y oligoclasa). Es para este limo que se propone mantener el término «Formación Libertad».

El limo La Carolina domina donde se reconocen afloramientos rocosos y normalmente permite desarrollar vertisoles con una etapa intermedia de intensa meteorización y una etapa de clima semiárido. Las condiciones reinantes para explicarlo fueron planteadas por Bossi y Ortiz (2007). En la Figura 6 se muestra la superficie donde se desarrollan suelos limosos de la Carolina.

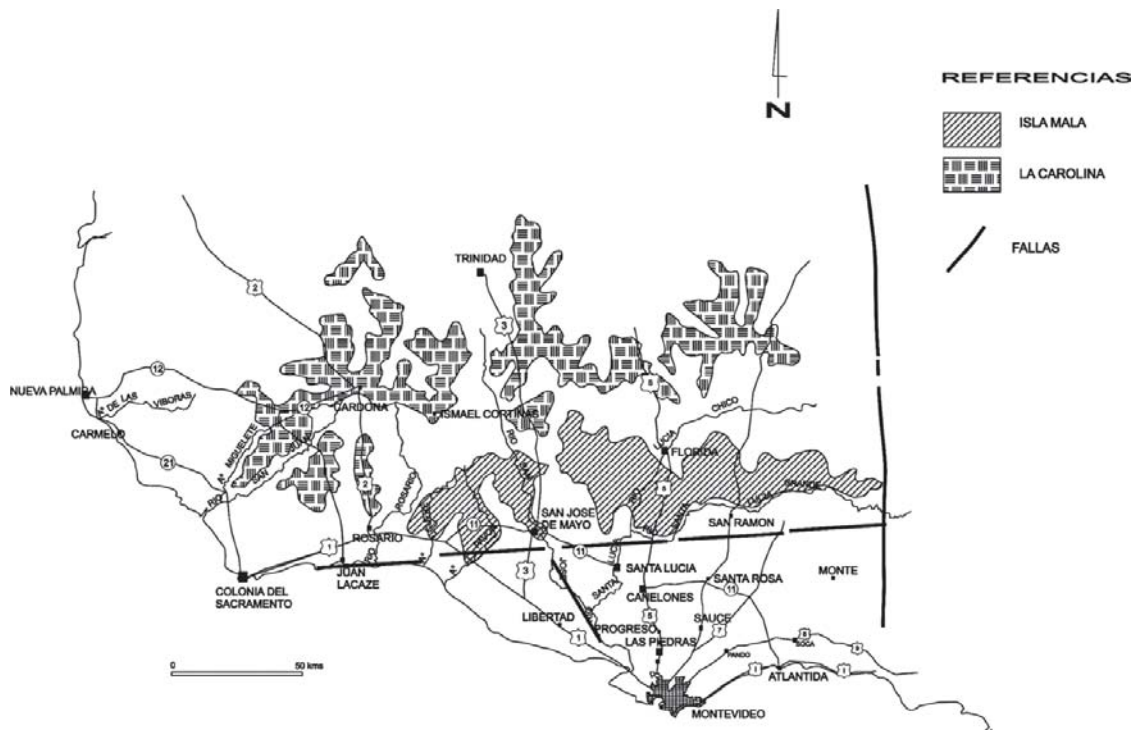


Figura 6. Áreas de suelos sobre limos de La Carolina.

La Figura 4 explica el proceso del pasaje de la roca anfibolita a la génesis de un limo y la formación de vertisoles, permitiendo reconocer que la edafización se produjo después de formarse el limo y fluir algunos metros hacia el este.

El limo de la Formación Libertad (Figura 7) fue estudiado por Prandi (1984) como material madre de los suelos que figuraban en las cartografía como Formación Libertad. En el Departamento de Canelones los valores obtenidos por el autor anteriormente mencionado son > 50 % de fracción limo (20-200 micras) y < 2 % de arena con granos > 0,25 mm excepcionales. La mineralogía de las arcillas presenta illita netamente dominante. La arena está compuesta por 85 % de cuarzo, 12 % de feldespato, 3 % de densos. Los suelos desarrollados no son vertisoles sino brunsoles por falta de Mg⁺⁺ y Fe⁺⁺ en las arcillas de la fracción fina del perfil.

Discusión

Los datos disponibles más la información lograda en este estudio permiten aceptar la existencia de dos lodolitas de origen y evolución diferente:

- loess pardo naranja meteorizado: Formación Libertad
- rocas básicas meteorizadas: Formación La Carolina

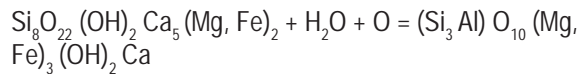
La Fm La Carolina fue definida en una calicata excavada en el establecimiento de UTU pocos kilómetros al norte de

Ismael Cortinas y los autores de este ensayo coinciden con las conclusiones de Bossi y Ortiz (2007). Estos limos se desarrollan en las cimas de las colinas, de un paisaje suavemente ondulado y dentro de su área de afloramiento dominan rocas con ferromagnesianos y vertisoles.

Como se ve en la Figura 4, esas rocas básicas son las que se meteorizan generando un saprolito; luego se transforma en lodolita, que en un período de 8000 ± 3000 años se edafiza a vertisol; y actualmente son el régimen isohigro, se desdibujan los doble perfiles pero se mantiene la superficie gilgai.

Los bloques de filón quebrado se fragmentan en el nivel de limo que fluyó unos pocos metros (ver Figura 4). Bossi y Ortiz (2007) encontraron que el limo arenoso con gravilla y arena gruesa proviene de la meteorización de rocas metamórficas e ígneas básicas (rocas que contienen anfíboles y/o piroxenos). Esos minerales ferromagnesianos se transforman en esmectitas durante el proceso de meteorización si el clima reinante es templado, con lluvia anual distribuida homogéneamente.

Las ecuaciones que tuvieron lugar partieron de hornblenda y/o augita para transformarse en esmectitas (montmorillonita + nontronita).



hornblenda

nontronita

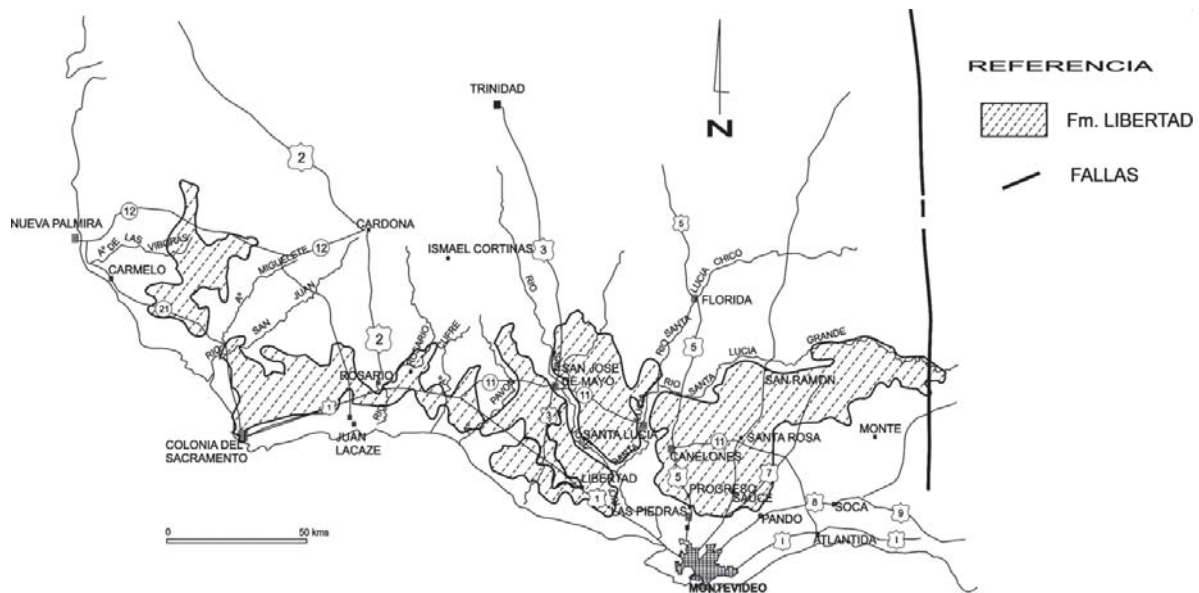
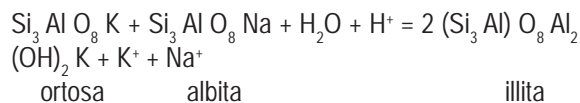
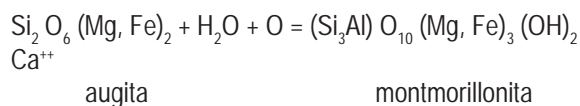


Figura 7. Área donde se desarrollan suelos sobre Fm. Libertad.



El limo con poca arena y ausencia de gravilla de la Fm Libertad presenta un afloramiento de casi 6 m de altura en el que se reconocen tres paleosuelos de espesores similares (ver Figura 5). La identificación de un nivel de 20 cm de ceniza volcánica entre el paleosuelo superior y el siguiente sugiere la existencia de períodos de erosión y acumulación de polvos eólicos y permite definir el proceso genético con cierto grado de seguridad.

Queda demostrado que la Fm Libertad está integrada por varios paleosuelos superpuestos, cada uno de ellos perteneciendo a un ciclo de 12.000 años. La edad de cada nivel fue medida por termoluminiscencia ya que en el piso de cada paleosuelo se concentraban concreciones calcáreas y existe riesgo de que el proceso no hubiera culminado antes del siguiente depósito.

Las determinaciones analíticas fueron realizadas por Castiglioni (com. pers.) y las cifras fueron: 33.000 ± 3.000 años, 24.500 ± 500 para el segundo y 12.000 ± 100 para el más joven.

En estos limos Francis y Mones (1965b, 1965c) y Rinderknecht y Blanco (2008) encontraron restos fósiles de megafauna (*Megatherios*, *Toxodon*, *Panochtus*, *Gliptodontes*, *Macraukenia*) que eran herbívoros y necesitaban abundantes vegetales para sobrevivir (ver Figura 3).

Con esta información es posible definir la dinámica de creación de esta estructura:

- tiene que comenzar por acumulación de polvo eólico en clima seco y frío, carente de vegetación.
- evolución a clima húmedo con edafización y desarrollo abundante de vegetales.
- el alimento abundante puede soportar animales herbívoros de gran tamaño.
- cambio climático a seco y frío; disminución de la vegetación hasta desaparecer; desaparición o muerte de la megafauna.

El mineral arcilloso dominante en esta formación es illita según Prandi (1984). Los suelos desarrollados son brunosoles. Mientras el limo que se generó por meteorización de rocas cristalinas contiene esmectitas y permite desarrollar vertisoles cuando las condiciones climáticas son semiáridas, el limo originado por acumulación de partículas en clima árido o semiárido contiene fundamentalmente cuarzo y feldespatos. Su edafización pasará por una etapa de meteorización con predominio de illita.

Conclusiones

Los estudios realizados por diversos autores (Bossi y Ortiz, 2007), la observación geológica de las barrancas de Ordeig y Kiyú en el departamento de San José y la calicata en La Carolina (UTU), han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

1. La Formación Libertad queda reducida a la meteorización del Miembro San Bautista de la Formación Raigón, que a su vez resulta de la superposición de paleosuelos sobre un loess naranja con microporos radiculares milimétricos.
2. Los limos friables pardo-anaranjados distribuidos sobre rocas ígneas y metamórficas de todo el territorio de Uruguay, que durante 50 años hemos considerado también Formación Libertad, deben integrar otra formación geológica que se propone denominar Formación La Carolina.
3. La composición mineralógica es diferente, dominando la illita en los limos de la Formación Libertad y las esmectitas en los limos de la Formación La Carolina.
4. Los suelos resultantes deben también tener propiedades diferentes pudiendo formarse vertisoles sobre el limo de la Formación La Carolina y brunosoles sobre la Formación Libertad.
5. La conclusión más importante es que resulta evidente que hay dos lodolitas similares y confundibles en el trabajo de campo que se generaron por procesos diferentes: una proviene de limos eólicos edafizados durante el Pleistoceno y es la que se propone mantener como Formación Libertad; la otra se genera por meteorización de rocas básicas (anfíbolitas, gabros, basaltos, entre otras), en condiciones de clima templado y húmedo, y es la que se propone denominar Formación La Carolina.
6. Cuando el material madre es la Formación Libertad los suelos resultantes son brunosoles éutricos y subéutricos, sin vertisoles por falta de Mg en el protolito; cuando el material madre de los suelos es la Formación La Carolina, los brunosoles son dominantes pero aparecen vertisoles rúpticos asociados, porque dispone de Mg, imprescindible para formar la esmectita que condiciona la edafización.

7. La Fm Libertad no genera vertisoles, mientras que estos son típicos de la Fm La Carolina. Es tan estrecha la relación que durante décadas se ha cartografiado la Fm Libertad donde se detecta el microrrelieve gilgai por fotointerpretación, sin atender que otras formaciones pueden desarrollar vertisoles.

Agradecimientos

Los autores agradecen a muchos colegas y compañeros que apoyaron nuestro trabajo. En primer lugar la Ay. Téc. Carmen Oliveira que resolvió los dibujos y la digitalización según la norma exigida; en segundo lugar la Lic. Rosa Navarro que cedió información de decenas de sondeos de 3 m de profundidad durante los años 2010 y 2011. Debe agradecerse el apoyo financiero del Pedeciba para estudios isotópicos y oligoelementos. Un agradecimiento especial a un árbitro que hizo sugerencias con tanto detalle que se aprovecharon para la nueva redacción.

Bibliografía

- Andreis R, Mazzoni MM. 1967. Sedimentología de las formaciones Kiyú y San José. *Revista Museo de la Plata, Geología*, 4: 41 - 96.
- Bossi J, Ortiz A. 2007. Estudio de la génesis del material madre de un vertisol en la unidad «La Carolina»: Incidencia de las anfibolitas en el proceso propuesto. *Agrociencia*, 11: 58 - 71.
- Bossi J, Morales H. 1997. Perspectivas concretas de agua subterránea en los alrededores del Centro Regional Sur, proyección al NE del departamento de Canelones. Montevideo : Facultad de Agronomía. 36p.
- Bossi J, Navarro R. 1991. Geología del Uruguay. Montevideo : Universidad de la República. 2 vol.
- Bossi J, Ortiz A, Perea D. 2009. Pliocene to middle Pleistocene in Uruguay : a model of climate evolution. *Quaternary International*, 210: 37 - 43
- Bossi J, Schipilov A. 2007. Rocas ígneas básicas del Uruguay. Montevideo : Facultad de Agronomía. 364p.
- Cardellino R, Ferrando LA. 1969. Carta Geológica del Uruguay Escala 1/100.000. Montevideo : Universidad de la República.
- Francis JC, Mones A. 1965a. Contribución a la Geología y Paleontología de las barrancas de San Gregorio, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay. *Kraglieviana*, 1(2): 55 - 85.
- Francis JC, Mones A. 1965b. Nota adicional al estudio de las Formaciones Kiyú y San José, Depto. de San José, República Oriental del Uruguay. *Revista de Facultad de Humanidad y Ciencias*, 22: 147 - 153.
- Francis JC, Mones A. 1965c. Sobre el hallazgo de *Cardiatherium talicein* sp. (Rodentia, Hydrochoeridae) en la Playa Kiyú, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay. *Kraglieviana*, 1: 1 - 44.
- Goso H. 1965. El Cenozoico en el Uruguay. Montevideo : Instituto Geológico de Uruguay. 36p.
- Jones G. 1956. Memoria explicativa de un mapa geológico de la mitad oriental del Dpto. de Canelones. *Boletín (Instituto uruguayo de Geología)*, 34: 1 - 193.
- Martínez S, Ubilla M. 2004. El Cuaternario en Uruguay. En: Veroslavsky G, Ubilla M, Martínez S. [Eds]. Cuencas sedimentarias de Uruguay : Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico. Montevideo : DIRAC-FC. pp. 195 - 227.
- Ortiz A. 2002. Estudio sobre el miembro San Bautista de la Fm. Raigón. En: Actas II Jornadas Uruguayas del Cenozoico. Montevideo : Sociedad Uruguaya de Geología. pp. 69 - 74.
- Prandi R. 1984. La Naturaleza mineralógica de la fracción arcilla de la Fm. Libertad en el Depto. de Canelones [Tesis de grado]. Montevideo : Facultad de Agronomía. 108p.
- Rinderknecht A, Blanco R. 2008. The largest fossil rodent [En línea]. *Proceedings of The Royal Society B*, 275: 923 - 928. Consultado 8 abril de 2016. Disponible en: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/royrsb/275/1637/923.full.pdf>.