

FISIOGRAFÍA Y SUELOS DE LA CUENCA DEL ARROYO SOBERBIO, PROVINCIA DE MISIONES

Lucas Martín Moretti^{1,*} , Leonardo Mauricio Tenti Vuegen² , Lucas Adrián Hopechek¹ ,
Sebastián Ernesto Bárbaro¹ , Guillermo Andrés Schulz² , Darío Martín Rodríguez² 

¹ Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Cerro Azul, Provincia de Misiones, Argentina.

² Instituto de Suelos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Hurlingham, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

La cuenca del arroyo Soberbio se ubica en el departamento Guaraní, en el centro este de la provincia de Misiones. Se caracteriza por un clima subtropical perhúmedo, relieve serrano, vegetación de tipo selvática y el afloramiento de coladas basálticas. La cartografía de suelos disponible para el área señala el dominio de suelos rojos (Ultisoles y Alfisoles) en posición de loma y media loma, y de suelos pedregosos (Entisoles) en sectores escarpados, con propiedades físicas y químicas diferenciales. El objetivo de esta contribución es profundizar en el estudio de la relación paisaje-suelo en la cuenca, información necesaria para una adecuada planificación de uso y manejo del recurso. Para ello se realizó una clasificación fisiográfica y se estudiaron los suelos representativos de cada una de las diferentes unidades. Los resultados permitieron establecer tres unidades de Paisaje fisiográfico: Interfluvios, Laderas y Valles. Los Interfluvios corresponden a Lomadas y Cerros, en donde para las primeras se describió un Kandiuult ródico de pobre fertilidad química, mientras que para los segundos se identificó un Udortent lítico, con limitantes físicas para el desarrollo de los cultivos. En el Ultisol dominan los procesos pedogenéticos de ferralitización y argiluvación, mientras que en el Entisol, dominan los procesos morfogenéticos. En la Ladera, se relevaron un Eutrudept dístico y un Hapludol lítico en un sector con pendiente entre 10-25% y en otro >40% respectivamente, en los que predomina el proceso pedogenético de melanización, siendo suelos con importantes limitantes físicas para el desarrollo de los cultivos. En un sector de pendiente suave (3%) denominado Rellano de ladera, se describió un Kandiuult ródico, en el que predomina el proceso de argiluvación, siendo el suelo más fértil de los aquí analizados. Por su parte, en el Valle se identificó un Udortent lítico en una pendiente al cauce, con importantes limitantes físicas.

Palabras clave: departamento Guaraní; relación paisaje-suelo; suelos pedregosos; suelos rojos

* Autor de contacto:
moretti.lucas@inta.gob.ar

Recibido:
18-12-24

Recibido con revisiones:
20-02-25

Aceptado:
20-02-25

Este artículo está bajo
licencia internacional



La titularidad del derecho de
autor/a es de los/as Autores/as.

PHYSIOGRAPHY AND SOILS OF THE SOBERBIO STREAM WATERSHED, PROVINCE OF MISIONES

ABSTRACT

The Soberbio stream watershed is located in the Guaraní department, in the central eastern area of Misiones province. It is characterized by a perhumid subtropical climate, mountainous relief, subtropical forest vegetation and basaltic outcrops. The available soil maps of the area display the predominance of red soils (Ultisols and Alfisols) in hill and mid-hill positions and of stony soils (Entisols) on steep slopes, both with differential physical and chemical properties. The aim of this work is to improve the knowledge of the soil-landscape relationship in the watershed, in order to obtain information for an adequate planning of land use and management. A physiographic classification was carried out and representative soils from each of the different units were studied. Three units at physiographic Landscape level were delineated: Interfluvies (Hills and Mountains), Hillsides and Valleys. A Rhodic Kandudult with poor chemical fertility was analyzed in the Hills unit, while a Lithic Udortent with physical limitations for crop development was analyzed in the Mountains unit. Pedogenetic processes of ferrallitization and argilluviation are characteristic of the Ultisol, while morphogenetic processes predominate in the Entisol. A Dystric Eutrudept and a Lithic Hapludoll were analyzed on different slope gradients in the Hillside unit (10-25% and >40% respectively). In these soils the melanization process predominates, and important physical limitations for crop development can be observed. In a gently slope area (3%) called "Rellano", a Rhodic Kandudalf is described, where the argilluviation process predominates. It is the most fertile soil of those analyzed in this study. Finally, a Lithic Udortent with important physical limitations was identified on a slope to the watercourse in the Valley unit.

Keywords: department of Guaraní; soil-landscape relationship; stony soils; red soils

INTRODUCCIÓN

La provincia de Misiones, en el extremo noreste de Argentina, se caracteriza por su clima subtropical, vegetación predominante del tipo selvática, relieve ondulado y el afloramiento de coladas basálticas. El conocimiento referido al tipo y distribución geográfica de los suelos se resume en la cartografía provincial a escala de reconocimiento (Mancini et al., 1965; INTA-SAGyP, 1990), y en los relevamientos a escala semidetallada realizados para los departamentos de Leandro N. Alem (Godagnone y de la Fuente, 2013) y Guaraní (CFI-MAYP, 2024). En cada caso se señala el dominio de suelos rojos profundos del orden Ultisol y Alfisol en las regiones naturales de la Meseta central preservada y en la del Relieve fuertemente ondulado a colinado, mientras que suelos pedregosos del orden Entisol, Inceptisol y Molisol, dominan en las unidades del Relieve montañoso fuertemente disectado y en las Zonas disectadas y encajonadas (INTA-SAGyP, 1990; Moretti y Navarro de Rau, 2019). Ambos tipos de suelos presentan características morfológicas y propiedades físicas y químicas muy disímiles, hecho que se refleja en su clase de aptitud para el desarrollo de los cultivos de la región. En este sentido, los suelos rojos son aptos para el cultivo de yerba mate y te, en tanto que los pedregosos lo son mayormente para cultivos anuales y forestación (CFI-MAYP, 2024).

El departamento Guaraní, en el noreste de Misiones, abarca una diversidad de regiones naturales, así como de usos agrícolas. La cuenca del arroyo Soberbio se ubica en el sector central del departamento, su cauce recorre un paisaje serrano y desemboca en el río Uruguay, en el límite con Brasil. La cartografía a escala 1:500.000 para esta cuenca indica la presencia de suelos rojos (Ultisoles y Alfisoles) en lomas y medias lomas con pendientes que pueden alcanzar el 12% y de suelos pedregosos (Entisoles) en sectores escarpados (INTA-SAGyP, 1990). No obstante, trabajos recientes de mayor detalle revelaron además la presencia de Inceptisoles, Molisoles y Alfisoles pardos (Moretti et al., 2022; CFI-MAYP, 2024). Este hecho implica la presencia de suelos con propiedades físicas y químicas diferenciales, que deben ser evaluadas en detalle para una adecuada planificación del uso y manejo del recurso.

El objetivo de esta contribución es profundizar en el estudio de la relación paisaje-suelo en la cuenca del arroyo Soberbio. Se realizó una clasificación fisiográfica de la cuenca, se describieron morfológicamente los suelos representativos de las diferentes unidades de paisaje y se llevaron a cabo análisis físicos y químicos, a fin de interpretar los factores formadores y procesos pedogenéticos involucrados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área en estudio

La cuenca del arroyo Soberbio se ubica en el departamento Guaraní, en el sector centro este de Misiones, Argentina (Figura 1). Abarca una superficie total de 107.500 ha.

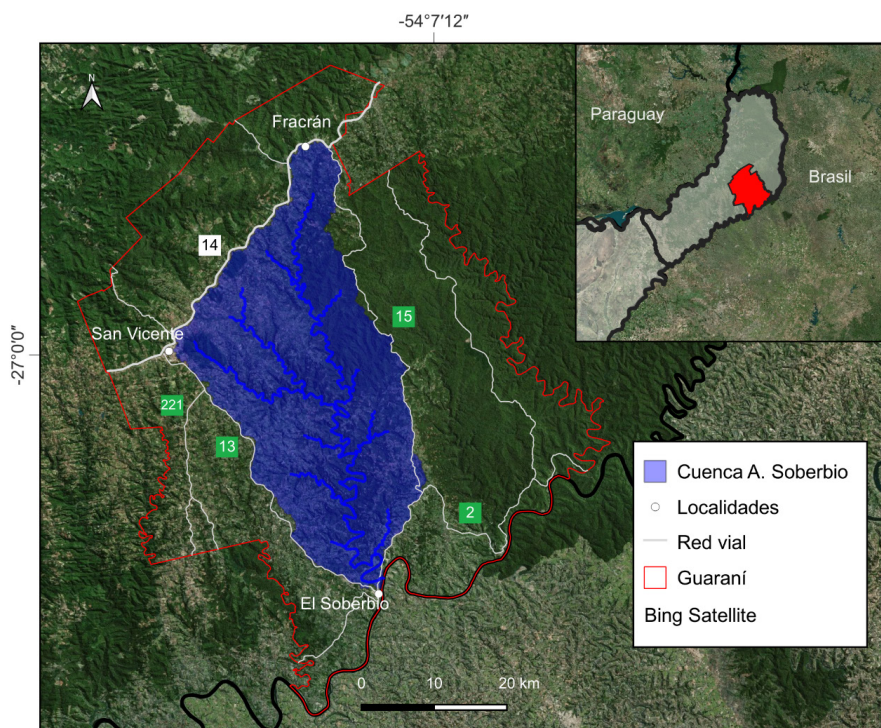


Figura 1. Ubicación del área en estudio.

Figure 1. Study area.

El área se incluye en la unidad geológica de la Meseta misionera (Frenguelli, 1946), situada en el límite sur de la provincia petrográfica de la cuenca del Paraná, caracterizada por el afloramiento de las coladas basálticas toleíticas de la Formación Serra Geral (Teruggi, 1955). El principal proceso geomórfico actuante es el fluvial, que muestra un fuerte control estructural pasivo ejercido por las características litológicas de las coladas (Pereyra, 2018).

El clima es de tipo subtropical perhúmedo, con un régimen pluviométrico isohigro. El promedio de lluvias anuales (serie 1968-2020) es de 2.177,9 mm y la temperatura media anual es de 20,3°C (CFI-MaYP, 2024). La vegetación natural selvática pertenece al distrito fitogeográfico de los “helechos arborescentes”, caracterizada por cinco especies de la familia de las *Gatheaceae*: *Alsophila atrovirens*, *A. procera*, *A. plagiopteris*, *Dicksonia sellowiana* y *Hemitelia setosa* (Martínez-Crovetto, 1963). La distribución de esta familia se encuentra acotada a sectores de fuertes pendientes o en áreas naturales protegidas, cubriendo estas últimas una superficie total de 12.600 ha en la cuenca. De la superficie cultivada del departamento, un 34,5% corresponde a bosques implantados, un 30,7% a cultivos perennes (yerba mate y té), y un 30,2% a cultivos anuales (principalmente tabaco, soja y maíz) (INDEC, 2018).

De acuerdo al mapa de suelos de la provincia de Misiones a escala 1:500.000 (INTA-SAGyP, 1990), la cuenca del arroyo Soberbio constituye una única unidad cartográfica con características fisiográficas y edáficas particulares. El paisaje se describe como “Relieve montañoso y lomadas del arroyo Soberbio y afluentes”, en tanto que los suelos reconocidos consisten en Udortentes típicos ubicados en sectores escarpados

hacia vías de agua, Kanhapludalfes ródicos en medias lomas con pendientes entre el 8-12%, y Kandiodultes ródicos en posición de loma y media loma, con pendientes entre el 5-8%. En menor medida se describen afloramientos rocosos en los sectores cuspidales. Por su parte, el relevamiento a escala 1:50.000 (CFI-MaYP, 2024) señala que el 53,8% de la superficie del departamento Guaraní corresponde a un paisaje de serranía, en la que se incluye completamente a la cuenca del arroyo Soberbio, y parcialmente a otras cuencas de las vertientes de los ríos Uruguay y Paraná. La escala de ese trabajo permitió identificar además otros suelos, donde se destacan Hapludoles énticos en cerros y Eutrudeptes dístricos en cerros y laderas.

Metodología

Para la delimitación de las unidades fisiográficas se establecieron categorías jerárquicas que integran principalmente aspectos de relieve, clima y vegetación, adoptando los criterios de clasificación y términos geomorfológicos establecidos para una planicie elevada y afectada por erosión fluvial (Villota, 2005). Estas categorías tienen una estructura taxonómica piramidal, que de mayor a menor, se definen como: Estructura geológica (relieve a nivel continental); Provincia fisiográfica (región morfológica con características de macrorrelieve, macroclima y geología definidas); Unidad climática (con homogeneidad de temperatura y humedad); Gran Paisaje (con similitud en geogénesis, clima, litología y topografía general); Paisaje (unidad con geogénesis específica, litología y/o edad); y Subpaisaje (división en base a la posición, por ej.: loma, pendiente, bajo) (Villota, 1997). La delimitación de la cuenca del arroyo Soberbio y el mapa que se presenta a nivel categórico de Paisaje, se realizaron en base a datos de elevación del MDE-Ar v2.0 de 30 m de resolución espacial elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2019). El mapa de Paisaje se desarrolló a partir del análisis y la clasificación de tres parámetros del terreno seleccionados: la pendiente, la distancia a las vías de drenaje y la profundidad del valle. La cuenca y los parámetros del terreno se calcularon con el módulo Análisis Básico del Terreno de SAGA-GIS (Conrad et al., 2015).

El trabajo de campo consistió en el estudio morfológico de suelos en calicatas, realizadas en cada una de las unidades de Subpaisaje fisiográfico. Los perfiles se describieron en base a las normas propuestas por Schoeneberger et al. (2012) y se tomaron muestras de cada horizonte para análisis de laboratorio.

En el laboratorio se llevaron a cabo análisis físicos y químicos, de los cuales se seleccionaron para este trabajo: granulometría por el método de la pipeta de Robinson para las fracciones arena, limo y arcilla, y por tamizado y gravimetría para las gravas (Lorenz, 2005); materia orgánica por Walkley-Black; capacidad de intercambio catiónico (CIC) total por AcNH_4 pH7 (EMBRAPA, 2011); pH en agua 1:2.5; y saturación con bases (cálculo). Los suelos fueron clasificados hasta nivel de Subgrupo de acuerdo con las Claves para la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la clasificación de unidades de paisaje jerárquicas, el área en estudio pertenece a la Estructura geológica de la cuenca del Paraná, a la Provincia Fisiográfica de la Meseta misionera y a la Unidad climática Subtropical perhúmeda. A nivel de Gran Paisaje la cuenca se enmarca en el de Serranía, unidad limitada al noreste por la Meseta central, al noroeste por la de Estribaciones de la Meseta central, al este y oeste por la de Lomerío, y al sur por la del Valle del río Uruguay (Moretti et al., 2022; CFI-MaYP, 2024). Dentro del Gran Paisaje Serranía, se diferenciaron los Paisajes de Interfluvios, Laderas y Valles (Figura 2). En lo sucesivo, se presentan los resultados de los suelos representativos de cada una de estas unidades fisiográficas (Tabla 1 y Figura 3).

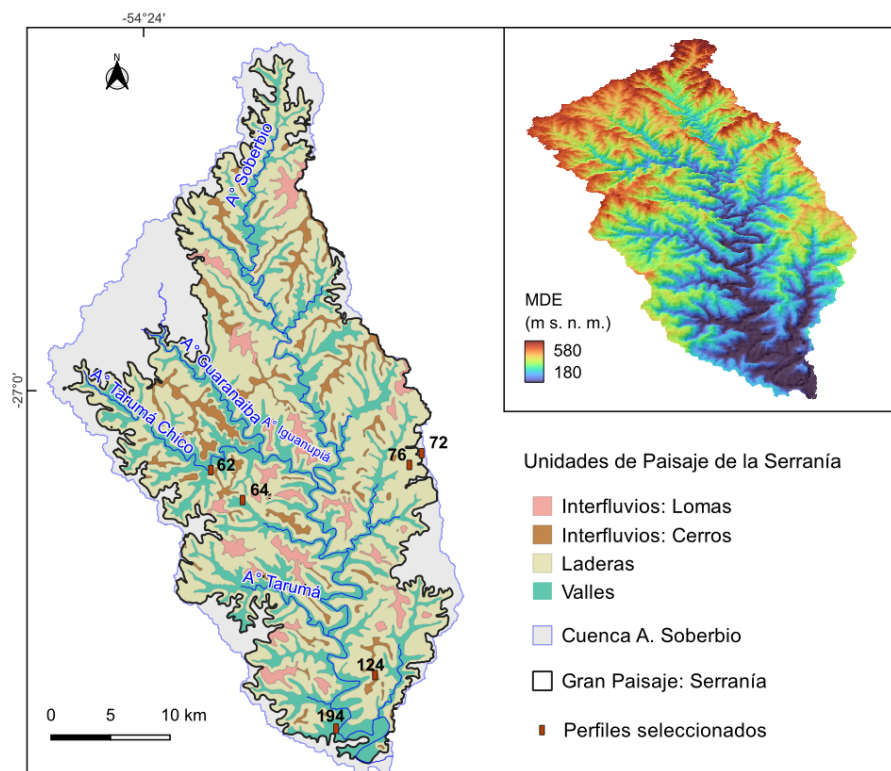


Figura 2. Mapa fisiográfico a nivel categórico de Paisaje y ubicación de los suelos estudiados.

Figure 2. Physiographic map at categorical level of Landscape and location of the studied soils.

Tabla 1. Morfología y datos físicos y químicos seleccionados de los suelos estudiados.**Table 1.** Morphology and selected physical and chemical data of the studied soils.

H _z	Color (húme- do)	Estructura	Arc. (%)	Limo (%)	Ar. (%)	Gr. (%)	MO (%)	CIC (*)	pH	SB (%)
Paisaje: Interfluvios-Lomadas. Subpaisaje: Loma-media loma. Perfil 72, Kandiuult ródico										
Ap	10R 3/4	BS; F; Md	78,6	17,2	4,2	0,3	5,8	15,6	5,0	30,0
BA	10R 3/4	BA; M; Md	82,5	14,1	3,4	0,3	2,9	11,7	4,8	21,9
Bt1	10R 3/4	Pr; M; D	84,6	12,8	2,6	0,1	2,1	10,9	4,8	20,6
Bt2	10R 3/4	Pr; G; D	87,1	10,1	2,8	0,1	0,6	9,6	5,0	29,1
Bt3	10R 3/4	Pr; M; D	93,1	4,9	2,0	0,1	0,9	9,1	5,0	20,4
Paisaje: Interfluvios-Cerros. Subpaisaje: Loma. Perfil 124, Udortent lítico										
Ap	5YR 3/4	BA; F; Md	29,2	30,2	40,6	32,7	3,6	21,5	6,5	79,5
R										
Paisaje: Laderas. Subpaisaje: Ladera superior e inferior. Perfil 64, Eutrudept dístico										
Ap	2,5YR 3/4	Gr; M; Md	30,8	28,5	40,7	5,8	4,0	19,5	5,8	71,4
Bw	2,5YR 3/6	BA; M; D	32,8	28,2	39,0	47,4	3,3	16,4	6,1	74,6
Cr		Masiva	32,0	21,9	46,1	59,5	2,2	16,8	6,2	76,3
Paisaje: Laderas. Subpaisaje: Escarpes. Perfil 62, Hapludol lítico										
Ap	5YR 2,5/2	Gr; M; Md	30,6	33,6	35,8	56,9	9,3	28,8	6,7	87,1
AC	5YR 3/3	Gr; M; D	27,0	28,5	44,5	76,2	4,9	20,8	6,8	82,0
R										
Paisaje: Laderas. Subpaisaje: Rellano. Perfil 76, Kandiuult ródico										
Ap	2,5YR 2,5/4	Gr; M; Md	55,7	31,6	12,6	0,9	3,4	14,0	5,8	60,5
Bt1	2,5YR 3/4	BA; M; Md	63,8	25,0	11,2	1,8	1,8	11,8	6,3	70,5
Bt2	2,5YR 3/6	BA; G; Md	77,0	15,5	7,5	0,3	1,1	12,3	5,9	69,2
Bt3	2,5YR 4/4	BA; G; Md	85,6	9,3	5,1	1,1	1,3	11,6	5,5	63,6
Bt4	2,5YR 4/4	Pr; G; Md	83,1	10,9	6,0	0,5	1,2	11,9	5,2	45,8
BC	2,5YR 4/4	BA; G; Md	69,6	20,7	9,7	12,6	0,3	13,6	5,3	31,4
Paisaje: Valles. Subpaisaje: Pendientes. Perfil 194, Udortent lítico										
A	2,5YR 2,5/4	BS; F; D	42,8	39,9	17,3	5,3	6,2	23,3	5,7	64,6
R										

Referencias: BS: Bloques subangulares; BA: Bloques angulares; Gr: Granular; Pr: Prismas; F: Finos; M: Medios; G: Gruesos; D: Débiles; Md: Moderados; (*): cmol kg⁻¹

References: BS: Sub-angular Blocky; BA: Angular Blocky; Gr: Granular; Pr: Prisms; F: Fine; M: Medium; G: Coarse; D: Weak; Md: Moderate; (*): cmol kg⁻¹

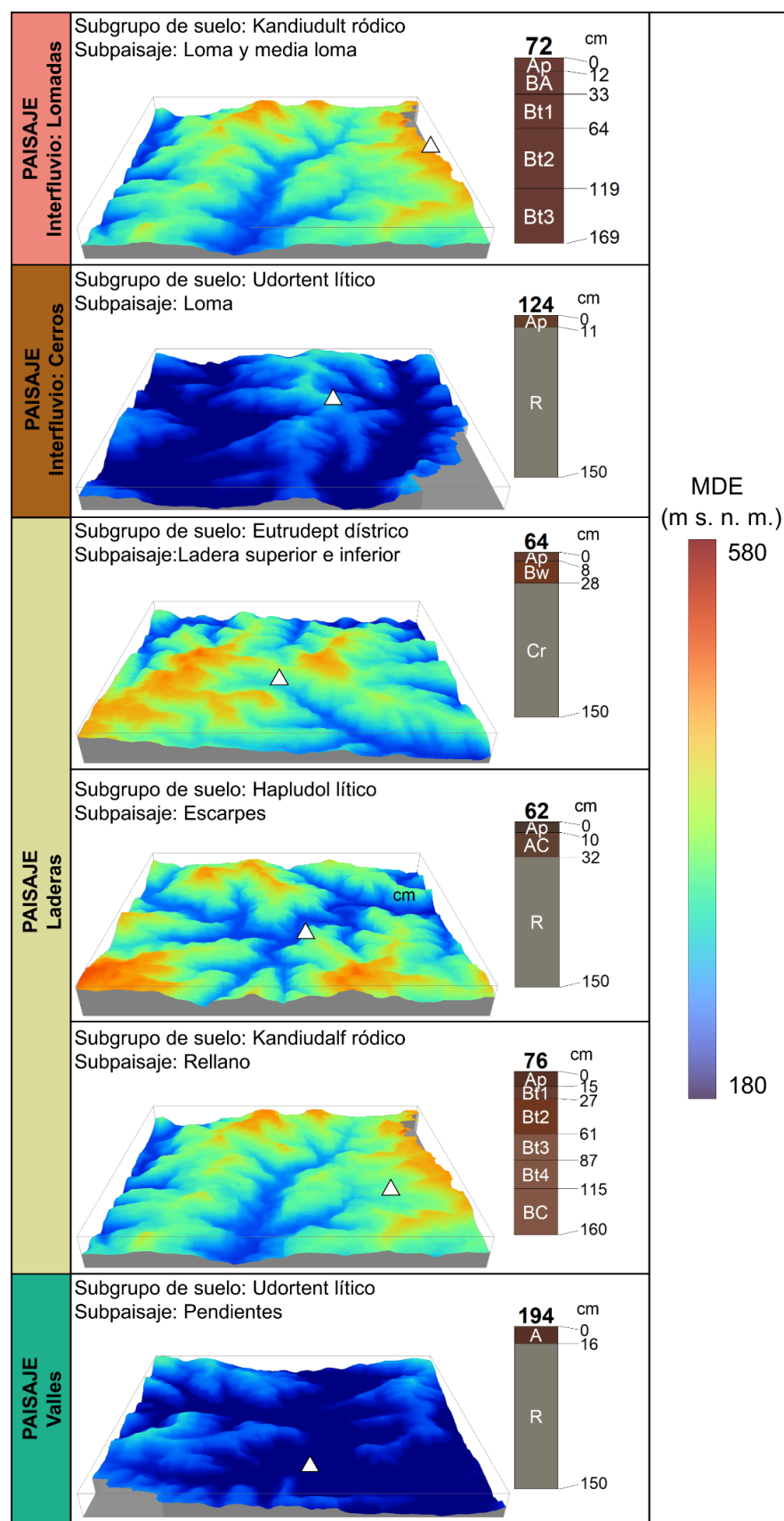


Figura 3. Unidades de Paisaje y suelos representativos.

Figure 3. Landscape units and representative soils.

Interfluvios

Se diferenciaron dos tipos de Interfluvios: Lomadas y Cerros. Las Lomadas abarcan una superficie de 4.552 ha y presentan un relieve ondulado con pendientes que no superan el 10% (Figura 4a). En posición de loma y media loma (categoría de Subpaisaje) se reconoció un suelo clasificado como Kandiuult ródico (Perfil 72) (Figura 4b). Se trata de un suelo muy profundo de color rojo oscuro y textura arcillosa. En superficie presenta un horizonte Ap de 12 cm de espesor, con buena provisión de materia orgánica. Por debajo se describen un horizonte transicional BA y horizontes iluviales (Bt) con estructura en bloques y prismática respectivamente. La arcilla se incrementa con la profundidad, superando el 90% en el horizonte Bt3. Es un suelo pobre en bases ($\leq 30\%$) y de reacción muy fuertemente ácida. Los valores determinados para la CIC total disminuyen de $15,6 \text{ cmol kg}^{-1}$ en superficie, a alrededor de 10 cmol kg^{-1} en profundidad, sugiriendo la presencia de minerales caolíníticos.



Figura 4. a) Interfluvios: Lomadas; b) Perfil 72, Kandiuult ródico.

Figure 4. a) Interfluvies: Hills; b) Profile 72, Rhodic Kandiuult.

Respecto a la mineralogía de la fracción arcilla de los suelos rojos de Misiones, los primeros estudios señalaron la presencia de caolinitas, acompañados de una menor proporción de óxidos de hierro (Guedes et al., 1962; Sanesi, 1965; Depetris, 1979). Trabajos posteriores revelaron además la presencia de cloritas secundarias o pseudocloritas, cuya génesis estaría vinculada a la alternancia de períodos secos y húmedos ocurridos durante el Cuaternario reciente, que conducirían a procesos de bisialitización y monosialitización respectivamente. En sucesivas etapas repetidas, los espacios interlaminares de las estructuras de tipo 2:1 formadas en los períodos secos, fueron ocupados progresivamente con Al^{3+} durante los períodos húmedos, generando minerales 2:1:1 (Morrás et al., 2009). Por otra parte, las proporciones de pseudocloritas varían tanto dentro del perfil de los suelos, así como espacialmente. En el primer caso disminuyen en profundidad, debido a que las condiciones biogeoquímicas para la meteorización mineral y formación de estos minerales se ven favorecidas en superficie. En el segundo, los suelos ubicados al sur de la provincia tienen una mayor proporción de minerales cloríticos que los situados al norte, hecho que podría deberse a la distinta intensidad de los períodos secos ocurrida entre las dos regiones. En este sentido, los valores de CIC total reportados para los horizontes A de los suelos localizados en el sur –con mayor proporción de pseudocloritas– son mayores respecto de aquellos ubicados al norte, aún con contenidos de arcillas similares, variando de 20 a 15 cmol kg^{-1} respectivamente (Morrás et al., 2009).

Para el caso del Ultisol aquí estudiado y en base a los valores de referencia arriba mencionados, si bien no se descarta la presencia de una cierta proporción de pseudocloritas en superficie además de caolinitas, el mayor valor de la CIC determinado para el horizonte Ap ($15,6 \text{ cmol kg}^{-1}$) estaría relacionado con su elevado contenido de materia orgánica (5,8%). En cuanto a los procesos pedogenéticos predominantes identificados, se destacan la ferralitización y la argiluvación. La principal limitante es la fertilidad química, dado su acidez y baja saturación con bases, ya que no presenta restricciones físicas para el crecimiento de las raíces.

Los Cerros cubren una superficie de 5.415 ha y se presentan como una prolongación de las Lomadas o de manera aislada, siendo en general de menor extensión y de relieve ondulado a pronunciado (Figura 5a). En sectores con pendiente pronunciada se observaron afloramientos rocosos, mientras que en las áreas cuspidales con pendientes entre el 3-10% se reconocieron suelos pedregosos. El perfil seleccionado en este último caso ha sido clasificado como Udortent lítico (Perfil 124) (Figura 5b). Se trata de un suelo muy somero, de incipiente desarrollo pedogenético y de textura franco arcillosa, con abundantes gravas de basalto saprolitizado. Solo se reconoció un horizonte Ap de color pardo oscuro rojizo en contacto lítico con basalto, de reacción débilmente ácida, bien provisto en bases y con una CIC total de 21,5 cmol kg⁻¹. A diferencia del suelo rojo, esta última sugiere la presencia de minerales illíticos, además de caolinita en la fracción arcilla, aunque no se dispone de información mineralógica para suelos similares en la región. El único proceso pedogenético identificado es la melanización, siendo la profundidad efectiva y la pedregosidad las principales limitantes del perfil.



Figura 5. a) Interfluvios: Cerros; b) Perfil 124, Udortent lítico.

Figura 5. a) Interfluves: Mountains; b) Profile 124, Lithic Udortent.

Los estudios morfológicos y analíticos de los suelos de Interfluvios sugieren que las Lomadas serían geoformas más antiguas, donde la acción prolongada de los procesos pedogenéticos condujo a la formación de Ultisoles. Estos suelos también son característicos de la Meseta central y de los Lomeríos, por lo que pueden interpretarse como relictos de estas unidades dentro de la Serranía. Por su parte, en los Cerros prevalecen los procesos morfogenéticos, en donde el continuo rejuvenecimiento del paisaje debido a la acción de la erosión hídrica se traduce en la presencia de Entisoles y afloramientos rocosos.

Laderas

Es la unidad fisiográfica que presenta mayor variabilidad de suelos en relación con la inclinación de la pendiente, abarcando una superficie total de 52.721 ha. En un sector con pendiente comprendida entre 10-25% (Figura 6a) se reconoció un perfil clasificado como Eutrudept distríco (Perfil 64) (Figura 6b). Es un suelo somero, de color pardo oscuro rojizo a rojo oscuro, de moderado desarrollo pedogenético y de textura franco arcillosa. En superficie se identifica un horizonte Ap de 8 cm de espesor, y por debajo, un horizonte Bw de estructura débil y abundante proporción de gravas, en contacto paralítico con el saprolito basáltico a los 28 cm. Presenta reacción medianamente ácida en superficie a débilmente ácida en profundidad, con saturación de bases mayor al 70% en todo el perfil. Los valores de CIC total son de 19,5 cmol kg⁻¹ en superficie, y disminuyen a aproximadamente 16 cmol kg⁻¹ tanto en el horizonte Bw como en el Cr, en relación al decrecimiento en el porcentaje de materia orgánica. En este sentido, la asociación mineralógica de la fracción fina puede asemejarse a la del suelo pedregoso del interfluvio. El proceso pedogenético predominante en esta posición de la Ladera es la melanización, mientras que las principales limitantes son de naturaleza física y se relacionan con la profundidad efectiva, pedregosidad y susceptibilidad a la erosión hídrica dada por el gradiente de la pendiente.



Figura 6. a) Laderas (pendiente 10-25%); b) Perfil 64, Eutrudept dístrico.

Figure 6. a) Hillsides (slope 10-25%); b) Profile 64, Dystric Eutrudept.

Por otra parte, a lo largo de las Laderas existen sectores con pendientes de menor gradiente (aprox. 3%), denominados Rellanos (Figura 7a). Estos se presentan de manera escalonada y en el contexto de la evolución de una planicie afectada por erosión fluvial, son interpretados como pisos de antiguos valles fluviales (Villota, 2005). En esta posición se reconoció un suelo clasificado como Kandiuclalf ródico (Perfil 76) (Figura 7b). Se trata de un perfil profundo y bien desarrollado, de color pardo oscuro rojizo en superficie a rojo oscuro en profundidad. Presenta un horizonte Ap de 15 cm que sobreyace a una sucesión de horizontes Bt, subdivididos principalmente en base a la estructura. En la base se describe un horizonte de transición (BC) al saprolito basáltico (Cr). El porcentaje de arcilla se incrementa desde el horizonte Ap al Bt4 (55,7 a 83,1%) disminuyendo luego en el horizonte BC (69,6%). El pH es medianamente a débilmente ácido en superficie a fuertemente ácido en profundidad, mientras que la saturación con bases es mayor a 30% en todo el perfil, con un máximo de 70,5% en el horizonte Bt1. Por su parte, la CIC es mayor en el Ap (14 cmol kg^{-1}) y disminuye en profundidad (aprox. 12 cmol kg^{-1}), en relación con la disminución de la materia orgánica.

El proceso pedogenético predominante es la argiluvitación, y en menor medida la ferralitización. Es un suelo sin mayores limitantes para su uso agrícola, no obstante, en otros Rellanos de la Serranía del arroyo Soberbio, se han reportado Alfisoles rojos más someros con contactos paralíticos por encima de los 150 cm, clasificados como Kanhapludalfes ródicos (CFI-MAYP, 2024). En estos casos, dependiendo la profundidad del horizonte Cr, debería considerarse la profundidad efectiva como limitante física.

En comparación con el suelo rojo del Interfluvio (Perfil 72, Kandiuclt ródico), el suelo estudiado en el Rellano de Ladera presenta características morfológicas que conjuntamente con los datos analíticos, reflejan un menor grado de evolución del perfil. En este sentido, el Kandiuclalf ródico (Perfil 76) es menos profundo, arcilloso y rojizo, posee mayor saturación con bases y es ligeramente más alcalino, no obstante, los valores de CIC también son compatibles con la dominancia de minerales de tipo 1:1 (kanditas) en la fracción arcilla.

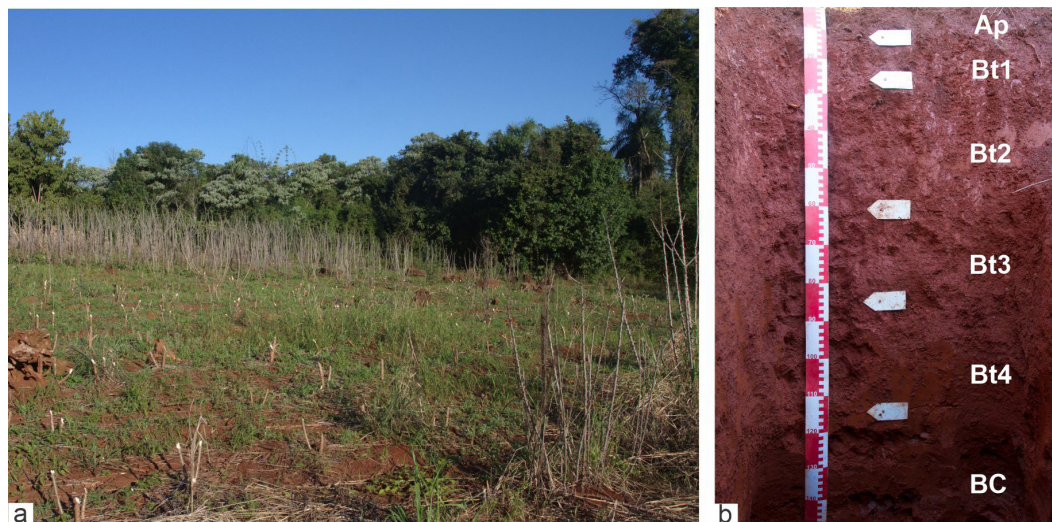


Figura 7. a) Rellano; b) Perfil 76, Kandudalf ródico.

Figure 7. a) Rellano; b) Profile 76, Rhodic Kandudalf.

En aquellos sectores de las Laderas donde las pendientes son pronunciadas (>25%) predominan suelos someros y afloramientos rocosos, mientras que en áreas escarpadas con pendiente mayores a 45%, son frecuentes los barrancos de basalto. En un sector escarpado, con una pendiente de 40% (Figura 8a) se reconoció un suelo clasificado como Hapludol lítico (Perfil 62) (Figura 8b). Se trata de un suelo somero, de incipiente desarrollo pedogenético, color pardo oscuro rojizo y de pH neutro. En superficie se identifica un horizonte Ap de 10 cm de espesor y, por debajo, un horizonte transicional AC en contacto lítico con la roca basáltica a los 32 cm. Ambos son de textura franco arcillosa y presentan abundantes gravas. Los valores de materia orgánica (Ap: 9,3%; AC: 4,9%) y de CIC total (Ap: 28,8 cmol kg⁻¹; AC: 20,8 cmol kg⁻¹), son los más elevados de los suelos aquí estudiados. El proceso pedogenético predominante en este perfil es la melanización y, si bien es un suelo de elevada fertilidad química, presenta severas restricciones físicas para uso agrícola, forestal o ganadero, entre las que se destacan la pedregosidad y profundidad efectiva, además del proceso de erosión hídrica favorecido por el gradiente de la pendiente.



Figura 8. a) Laderas (pendiente 40%); b) Perfil 62, Hapludol lítico.

Figure 8. a) Hillsides (slope 40%); b) Profile 62, Lithic Hapludoll.

Valles

Los valles serranos abarcan una superficie total de 21.508 ha. Son estrechos y en forma de "V", a veces asimétricos, con arroyos que en algunos casos desarrollan pequeñas terrazas (Figura 9a). En la cuenca del arroyo Soberbio, las pendientes hacia los cursos de agua están comprendidas entre el 3 y 10%, se caracterizan por suelos de escaso desarrollo y por afloramientos rocosos. Aquí se reconoció un suelo clasificado como Udortent lítico (Perfil 194) (Figura 9b). Es un suelo muy somero, de incipiente desarrollo pedogenético, color pardo oscuro rojizo y textura arcillosa. Solo se describe un horizonte Ap de 16 cm de espesor, con buena provisión de materia orgánica y pH medianamente ácido, en contacto lítico con la roca basáltica. Salvo una incipiente melanización, no se reconocen otros procesos pedogenéticos en el perfil, siendo la profundidad efectiva su principal limitante.

Es importante señalar que en otros valles de los arroyos de la cuenca del río Uruguay, en el departamento Guaraní, se han reportado Hapludalfes mólicos en pequeñas terrazas fluviales, como así también Kandiu-dalfes oxiácuicos en planicies aluviales (CFI-MAYP, 2024). En ambas geoformas, las pendientes no superan el 3% y, a diferencia de las áreas inclinadas antes mencionadas, los suelos no presentan mayores limitaciones físicas y químicas para el desarrollo de los cultivos.



Figura 9. a) Valle; b) Perfil 194, Udortent lítico.
Figure 9. a) Valley; b) Profile 194, Lithic Udortent.

CONCLUSIONES

A través del estudio fisiográfico de la cuenca del arroyo Soberbio se determinaron tres unidades a nivel de Paisaje, dentro del Gran Paisaje Serranía, cada una caracterizada por diferentes tipos de suelo. Para cada perfil relevado se identificaron los procesos pedogenéticos y/o morfogenéticos predominantes, conjuntamente con sus principales limitantes físicas y químicas. Este modelo de relación paisaje-suelo será de utilidad para la toma de decisiones referidas al uso y manejo del recurso en este sector de la provincia de Misiones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de las actividades de la Red de Cartografía y Evaluación de tierras del INTA y gracias al financiamiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI) a través de la Fundación de Asuntos Agrarios del Ministerio del Agro y la Producción de Misiones, según el contrato de obra EX2021-00082960—CFI-GES#DCS.

REFERENCIAS

- CFI-MAYP. (2024). *Cartografía semidetallada de suelos del Departamento Guaraní, Provincia de Misiones. Información necesaria para la toma de decisiones referidas al uso, manejo y conservación del recurso suelo*. Consejo Federal de Inversiones-Ministerio del Agro y la Producción de Misiones-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/19084>
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V. y Böhner, J. (2015). System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1.4, *Geoscientific model development*, 8(7), 1991-2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Depetris, P. (1979). Mineralogía de la fracción arcilla en suelos lateríticos de la Provincia de Misiones (Argentina). Su posible relación con los sedimentos suspendidos del Río Paraná. *Actas VI Congreso Geológico Argentino* (Vol. 2, pp. 275-280), Buenos Aires.
- EMBRAPA. (2011). Acidez do solo. En: G. K. Donagema, D. Vilas Boas de Campos, S. Barreiros Calderano, W. Galdes Teixeira y J. H. Moreira Viana (Eds.), *Manual de Métodos de Análise de Solo* (2^{da} ed.) (p. 121). EMBRAPA, Río de Janeiro, Brasil. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtdosdeAnilisedeSolo.pdf>
- Freguelli, J. (1946). Las grandes unidades físicas del territorio argentino. *Geografía de la República Argentina* (Vol. 3, pp. 1-114). Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Buenos Aires.
- Godagnone, R. y de la Fuente, J. C. (2013). *Inventario del Recurso Suelo del Departamento de Leandro N. Alem*. INTA Ediciones, Buenos Aires, Argentina.
- Guedes, O., Pécora, E. y Médici, M. (1962). Caracterización de minerales de arcilla de algunos suelos argentinos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, XVI (4), 371-414.
- IGN. (2019). *Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina versión 2.0*. Dirección de Geodesia. https://www.ign.gob.ar/archivos/Informe_MDE-Ar_v2.0_30m.pdf
- INDEC. (2018). *Censo Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87>
- INTA-SAGyP. (1990). Provincia de Misiones. En: *Atlas de suelos de la República Argentina* (Vol. 2, pp. 107-154). Ed. Proyecto PNUD ARG 85/019.
- Lorenz, G. (2005). Métodos de análisis de suelos. *Serie Didáctica de la Facultad de Ciencias Forestales* (Nº 12, p. 5). Ed. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Mancini, F., Sanesi, G. y Lasserre, S. (1964). *Informe Edafológico de la Provincia de Misiones*. Ed. Compañía Argentina Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos.
- Martínez-Crovetto, R. (1963). Esquema fitogeográfico de la provincia de Misiones (República Argentina). *Bonplandia*, 171-223.
- Moretti, L. M. y Navarro de Rau, M. F. (2019). Soils of Misiones. En: G. Rubio, R. S. Lavado y F. X. Pereyra (Eds.), *The Soils of Argentina* (pp. 185-193). Ed. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76853-3_14.
- Moretti, L. M., Tenti, L. M., Barbaro, S. E., Hopechek, L. A., Lanfranco, M., Alvarenga, F. A., Florentín, J., Pahr, N., Von Wallis, A., Rodríguez, D. M., Schulz, G. A., Escobar, D., Ybarra, D., Perucca, S. y Iwasita, B. E. (2022). Aplicación del enfoque fisiográfico para el relevamiento de suelos semidetallado en el departamento Guaraní, Misiones. *Actas XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Buenos Aires, Argentina. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/13623>
- Morrás, H. J. M., Moretti, L. M., Piccolo, G. y Zech, W. (2009). Genesis of subtropical soils with stony horizons in NE Argentina: Autochthony and polygenesis. *Quaternary International* 196(1-2), 137-159. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.07.001>
- Pereyra, F. X. (2018). *Regiones Geomorfológicas de Argentina*. UNDAV - Universidad Nacional de Avellaneda. <https://ulibros.com/regiones-geomorfológicas-de-argentina-xb8ic.html>
- Sanesi, G. (1965). *I suoli di Misiones*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- Schoeneberger, P., Wysocki, D. y Benhamy, E. (2012). *Field book for describing and sampling soils, Version 3.0*. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/field-book-for-describing-and-sampling-soils>
- Soil Survey Staff. (2022). *Keys to Soil Taxonomy* (13th ed.). USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Keys-to-Soil-Taxonomy.pdf>
- Teruggi, M. (1955). Los basaltos tholeiíticos de Misiones. *Notas Museo de La Plata*, XVII(70), 259-278.
- Villota, H. (1997). Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. *Revista CIAF*, 15(1), 83-117.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras* (2^{da} ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Oficina CIAF.