

LOS SUELOS DE URUGUAY Y SU POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO

Luis De León y Ricardo Cayssials

LOS SUELOS CONSTITUYEN UN TRASCENDENTE RECURSO NATURAL. El objetivo de este Capítulo es sintetizar el conocimiento acumulado sobre los suelos de Uruguay a lo largo de varias décadas de estudios sistemáticos, cuyo resultado se ve en importantes avances en materia de levantamiento básico, incluyendo cartografía a diversas escalas, génesis y clasificación, e interpretaciones para su aprovechamiento productivo.¹ Pretendemos además indicar algunos caminos de desarrollo posterior, apoyados en los conocimientos actuales que han permitido identificar nuevas sendas para entender mejor la génesis y la clasificación de los suelos, y lo que es aún más importante, diseñar estrategias de manejo y conservación sobre nuevas bases de conocimiento edafológico.

1. En 1962 los agrónomos Luis De León y Oscar López Taborda formaron un equipo para elaborar un mapa de suelos de Uruguay, a solicitud de la Comisión de Inversiones y Desarrollo Económico (CIDE) creada por el gobierno uruguayo en aquellos años. El resultado fue una Carta Esquemática de los Suelos del Uruguay; en ella se establecieron 13 regiones de Uso y Manejo de los Suelos, material considerado básico en la ejecución del Plan de Desarrollo del Sector Agropecuario. En base a esta experiencia, ambos investigadores propusieron al Ministerio de Agricultura y Pesca la realización de un Programa de Estudio y Levantamiento de los Suelos (PELS) que, de acuerdo con la tecnología en uso, implicaba un recubrimiento aerofotográfico de todo el país y la formalización de un convenio con la participación de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio y el grupo de docentes de la cátedra de Suelos de la Facultad de Agronomía. El convenio se concretó en 1964, quedó bajo la dirección técnica de De León y Taborda, y llegó a tener casi un centenar de profesionales entre pedólogos, geólogos, geomorfólogos, foto-analistas, técnicos de laboratorio, cartógrafos, dibujantes y personal administrativo. El resultado de este trabajo de doce años (aunque De León debió retirarse del PELS al instalarse la dictadura en 1973) es la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1/1.000.000, que se discute en este Capítulo. (*N. de los A.*)

LOS SUELOS – SISTEMAS NATURALES

Los suelos son sistemas naturales (por lo tanto abiertos) muy complejos. Se forman en la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas y otra gran diversidad de seres vivos. Sus características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y biológicos actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y el drenaje. Estos factores interactúan durante largos períodos de tiempo, resultando en una alta complejidad.

Los factores de génesis de suelos

Se reconoce a los agentes climáticos y bióticos como los factores “forzadores” del sistema, porque aportan materia y energía y son agentes “activos”. A los restantes se los considera como agentes “reguladores”. En su conjunto, todos forman el ambiente del Sistema.

El sol aporta energía, que regula la temperatura; la atmósfera aporta el agua y el aire, agentes activos y básicos para la vida y la alteración de los minerales que promueven la dinámica geoquímica del paisaje. El régimen térmico y el régimen hídrico de los suelos son dos factores clave en la clase e intensidad de los procesos de génesis.

Los *agentes biológicos* tienen una enorme importancia. Se destacan los seres autótrofos debido a:

- el efecto de sombra que regula la temperatura del suelo,
- la acción del sistema radicular cavando pedotúbulos,
- la absorción de agua y nutrientes que son reciclados y forman las estructuras vegetales, las cuales al morir acumulan materia orgánica (MO) en el suelo,
- la segregación de sustancias químicamente activas frente a los minerales.

Los organismos del suelo juegan un papel fundamental en la descomposición y/o transformación de los residuos vegetales: liberan los elementos químicos o producen las sustancias húmicas de enorme importancia en la físico-química del suelo y en la nutrición mineral de las plantas.

La *materia mineral* forma la estructura física de los suelos, y tiene un rol importante en la circulación y retención del agua, la concomitante aireación del suelo, así como en su permanente interacción con los procesos bio-

geoquímicos para aportar nutrientes y bases para la regulación del *pH* y el potencial redox (óxido-reducción). La transformación por la acción de agentes químicos y biológicos dan origen a los minerales arcillosos que regulan la textura del suelo y tienen una gran actividad físico-química y los óxidos libres, principalmente aquellos compuestos de hierro (Fe), muy importantes en los suelos tropicales.

El *material madre* condiciona la génesis y evolución de los suelos; desde los materiales constituidos por una gran variedad de rocas ígneas-metamórficas (por su estructura, composición mineral y química); o las rocas sedimentarias (silicoclásticas y/o calcáreas) por su influencia en la textura (arcillosas, limosas, arenosas), grado de consolidación, porosidad, permeabilidad o, inclusive, a través de la composición de sus cementos, en su geoquímica y fertilidad del suelo.

La *topografía y drenaje* regulan los movimientos de las aguas de escurrimiento superficial y subsuperficial. Con ellos se mueven los compuestos químicos según su solubilidad, en un proceso que se denomina Geoquímica del Paisaje y que diferencia las tierras altas de las tierras bajas, reguladas por las condiciones de drenaje.

Todos los procesos tienen su *tiempo*, siendo unos mucho más rápidos que otros, como veremos al tratar la evolución de los suelos.

Los procesos de génesis (Pedogénesis)

Los suelos como Sistemas Naturales se forman por la acción de los siguientes procesos:

1. *Entradas y salidas* de materia (agua, raíces, organismos del suelo y residuos vegetales) y energía (del Sol y de los residuos) que enriquecen al suelo de nutrientes, le proveen de agua y regulan su temperatura y la acumulación de la materia orgánica, principalmente en el horizonte superior. Concomitantemente se desarrolla la sucesión vegetal que conduce a la formación del ecosistema propio de la región climática-ecológica.
2. *Transformaciones* de la materia orgánica y mineral por la acción de los agentes químicos y biológicos en un ambiente húmedo, dando como producto compuestos minerales (arcillas y óxidos) y sustancias húmicas, las que son típicas de cada región climática-ecológica (o ecosistema) y minerales fundamentales para la retención y liberación de nutrientes.

3. *Traslocación* de la materia a través de los siguientes mecanismos:
 - Reciclaje de las plantas: al depositar residuos concentra la materia orgánica y mineral en la superficie del suelo.
 - El agua que transporta en sentido descendente la materia mineral y orgánica, en solución o en suspensión, da lugar a la formación de horizontes específicos subsuperficiales y a la pérdida por drenaje, incorporándose a otros suelos o a los sistemas de drenaje (Geoquímica del Paisaje).
4. *Reorganización* de la materia, a través de procesos físicos, químicos y biológicos, tales como la cristalización y recristalización de la materia mineral, la formación por polimerización de sustancias húmicas de alto peso molecular, la formación de complejos organo-minerales y de estructuras a nivel micro, meso y macro. La combinación de estos procesos irá formando los horizontes de los suelos y organizando el sistema circulatorio del agua y aire, fundamentales para la vida del suelo (transporte de agua, oxígeno, dióxido de carbono y nutrientes).

Fertilidad del suelo

La fertilidad de un suelo se mide en función de su capacidad para producir plantas y está relacionada con los parámetros siguientes:

- ser un suelo profundo bien estructurado, con buen arraigamiento;
- tener buena infiltración, movimiento del agua en todo el perfil y retención de agua disponible para las plantas y eliminación de excesos;
- tener una buena capacidad para el aire, lo que asegura la entrada y circulación del oxígeno (O_2) y la salida de dióxido de carbono (CO_2);
- buena absorción de la radiación solar y conductividad de la onda térmica que asegure una temperatura adecuada en todo el perfil;
- buena *capacidad de intercambio catiónico* (CIC) y relación equilibrada de bases, una *saturación en bases* (S/T) que asegure un *pH* ligera a moderadamente ácido y buena disponibilidad de nitrógeno (N), azufre (S) y fósforo (P) y de elementos menores;
- no tener elementos tóxicos para las plantas.

Según como se presenta cada una de estas propiedades y todas en conjunto, componen las distintas clases o niveles de fertilidad, lo que permite relacionar las características de fertilidad con los grandes tipos de suelos del mundo (*vide*, para mayores detalles, Duchaufour 1995).

LOS SISTEMAS PEDOLÓGICOS

Cada suelo es un sistema, porque todos sus horizontes son interdependientes y todos sus componentes interactúan. Los suelos que se desarrollaron asociados a un determinado paisaje forman un sistema pedológico paisajístico porque ellos interactúan y son interdependientes (Fig. 1).

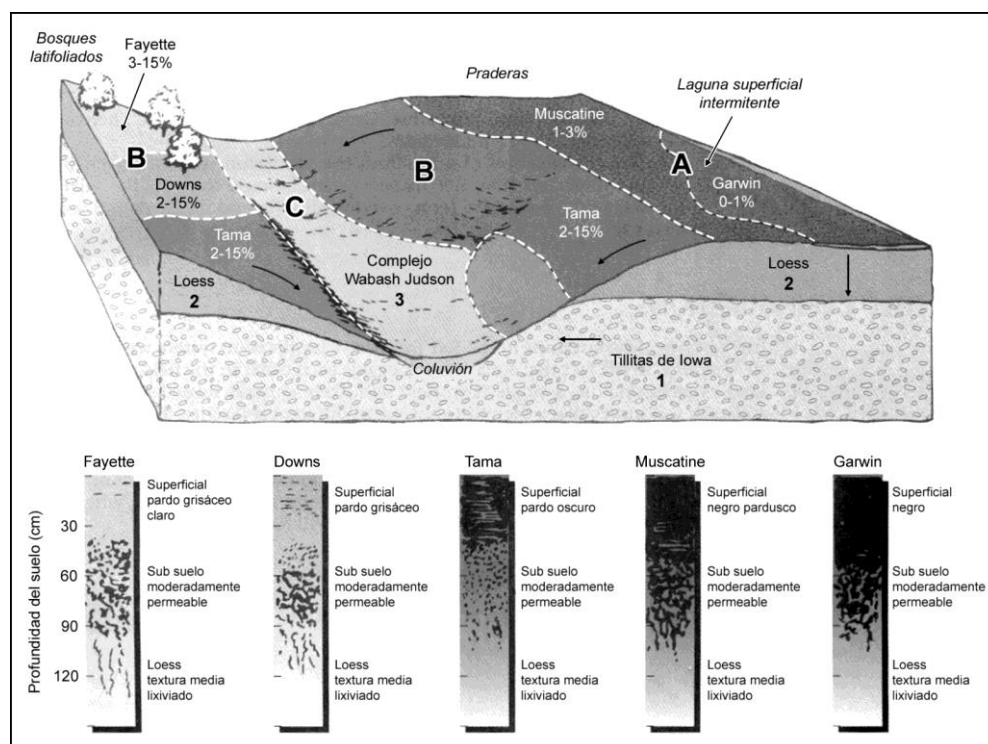


Figura 1 – Formación de diferentes tipos de suelos (ejemplo de los sistemas pedológicos paisajísticos del estado de Iowa, EE.UU.).

Sea un paisaje donde los materiales madre de los suelos son 1, 2, 3. Las flechas indican el movimiento del agua superficial y sub-superficial. Los suelos son: A: Suelos que retienen agua, B: Suelos que se erosionan y pierden agua, C: Suelos que reciben agua extra. Todos estos suelos serán interdependientes, tendrán distinto drenaje, distinta pérdida y/o aporte de elementos químicos y aún de materia. Adaptado de Brady & Weil (1996).

LOS PROCESOS EDÁFICOS DE URUGUAY

Aunque no se dispone de estudios precisos sobre la edad de formación de nuestros suelos, el grado de evolución presenta variaciones importantes.

Esto puede analizarse a la luz de algunos indicadores como el tenor de arcilla, el tenor de hierro libre, el tipo y evolución de las sustancias húmicas, el tenor de reservas minerales, y la capacidad de intercambio catiónico y saturación en bases.

En el centro-sur de Uruguay, sólo los suelos formados sobre limos cuaternarios son monocíclicos. Los demás muestran rasgos de etapas más cá-lidas, induciendo a pensar en la existencia de suelos policíclicos.

Parece interesante comparar con las zonas de praderas estadounidenses de pastos altos. Si tomamos la clasificación de nuestros suelos bien desarrollados (*brunosoles* y *vertisoles*; vide clasificación de suelos más adelante) que se corresponden con la zona de praderas de pastos altos al Sur de EE.UU. (Texas y Oklahoma) y nuestra zona norte de Uruguay (praderas rojas); nuestras praderas del Sur se asemejan a las del centro y algo al Norte de EE.UU. (Iowa por ejemplo).

Nuestros *brunosoles dístricos* son suelos antiguos con su horizonte B alto en arcilla y transición abrupta. Los *suelos saturados lixiviados* tienen un proceso más avanzado de alteración- lixiviación, desbasificación, lo que se relaciona con materiales algo más gruesos y/o de mayor edad (*argisoles*) o condiciones de menor drenaje (*planosoles*).

Los *suelos desaturados lixiviados* ya se emparentan con los suelos *ultisoles* del USDA (United States Department of Agriculture) o de la clasificación de suelos de Francia (vide Duchaufour 1995); el factor clave aquí ha sido el material madre arenoso que facilita su evolución, aunque no puede descartarse un ciclo de biostasia sub-tropical en el Cuaternario (la región Sub-Tropical penetró en el Norte uruguayo) como lo muestran sus colores rojos.

EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS

Cada gran tipo de suelo tiene su propia evolución progresiva y se desarrolla cumpliendo ciclos o etapas. Los ciclos que se proponen para la formación de brunosoles (el tipo de suelo dominante en Uruguay), bajo la condición climática-ecológica de esta área son los siguientes:

- *Primer ciclo.* Está dominado por la implantación y evolución de la vegetación hasta desarrollar el ecosistema propio de estas condiciones ambientales. Paralelamente, se producen los procesos propios del suelo: acumu-

lación de materia orgánica, reciclaje de nutrientes formando el horizonte A de color muy oscuro con alta agregación. Si el material tiene carbonatos libres (o se forman por alteración), éstos se solubilizan y son movilizados hacia abajo (Horizonte C). La materia mineral y los residuos orgánicos siguen su ritmo de transformación generando arcillas, sustancias húmicas, complejos organo-minerales, dando un suelo con alta fertilidad, alta saturación de bases, *pH* ligeramente ácido y alta saturación de bases, por lo tanto los coloides están flocculados.² Pueden lograr desarrollar un horizonte B incipiente.

- *Segundo ciclo.* Al llegar un punto donde los coloides se dispersan por descenso del nivel de bases, son movilizados hacia abajo comenzando a acumularse de abajo hacia arriba y progresivamente formando el Horizonte B textural, de estructura poliédrica que se agrieta al secarse y tiene baja permeabilidad al mojarse y disminuye la fertilidad.
- *Tercer ciclo.* Según los materiales y la posición en el paisaje, el suelo puede comenzar una etapa de *hidromorfismo* que conduce a la reducción y movilización del hierro del Horizonte A inferior, que se vuelve blanquecino; el hierro se moviliza hacia el Horizonte B, formando primero moteados y luego concreciones de hierro y manganeso, disminuyendo aún más su fertilidad.

Cada una de estas etapas tiene un estado de estabilidad que puede durar algunos miles de años. Como el proceso de destrucción de materiales es progresivo, el suelo llega a una etapa senil y no tiene más reservas; donde la fertilidad del suelo se basa en el reciclaje de nutrientes, éstos son eluviados por el agua (tal como sucede en las selvas tropicales).

Como el clima cambia, a veces con frecuencia como sucedió en el Cuaternario (volviéndose semiárido durante las glaciaciones, y asociado a un gran descenso del nivel del mar), los suelos se degradan con pérdida progresiva de la fertilidad y sufren procesos fuertes de erosión. Cuando el clima vuelve al estado de subhúmedo - húmedo a ligeramente húmedo (como lo ha sido hasta el siglo XX) y se produce un ascenso del nivel del mar, los paisajes se estabilizan, vuelve la vegetación de praderas de pastos altos y los suelos se regeneran acordes con esas condiciones. Pero los suelos pueden conservar restos de su ciclo anterior. Son los suelos policíclicos, como los que se reconocen en extensas regiones del sur de Uruguay, salvo los formados sobre los limos cuaternarios de la Formación Libertad.

2. Con partículas sólidas agregadas a la dispersión coloidal.

LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS Y LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

La degradación de los suelos puede darse por procesos naturales y por mal uso y manejo. A continuación se exponen ejemplos que involucran ambos factores:

A) Procesos naturales:

- cuando habiéndose desarrollado con un clima subhúmedo - húmedo, éste se vuelve semi-árido se produce erosión de suelos;
- cuando en su proceso de evolución se van destruyendo los minerales y el suelo se vuelve fuertemente ácido (baja fertilidad, aluminio libre);
- cuando por descenso de las napas freáticas en una región sub-húmeda seca, los suelos se vuelven alcalinos en las áreas deprimidas.

B) Mal uso y manejo:

- cuando teniendo un suelo de pradera de alta fertilidad se le implanta un bosque de latifoliadas³ o, aún peor, coníferas;
- cuando se hace una agricultura intensiva continuada en el mismo sitio, lo que provoca la disminución de los parámetros de fertilidad;
- cuando no se aplican medidas de conservación en áreas susceptibles a la acción negativa de los agentes erosivos (lluvia, viento);
- cuando el suelo recibe aportes de sustancia contaminantes (agentes de contaminación) tales como: lluvias ácidas, agroquímicos que la biota edáfica no puede descomponer o el suelo adsorber o neutralizar, y compuestos químicos inorgánicos u orgánicos tóxicos;
- cuando se induce un proceso de salinización por riego;
- cuando se contamina y/o acidifica por uso de fertilizaciones;
- cuando se vierten al suelo productos radioactivos.

FACTORES DE FORMACIÓN DE SUELOS EN URUGUAY

Se presentan a continuación los factores (clima, vegetación, topografía, drenaje, geología, tiempo) y se describe, para cada uno de éstos, su incidencia en el proceso de formación de los suelos.

3. Latifoliada: tipo de vegetación caracterizada por gran variedad de especies de hoja larga.

Clima

El clima de Uruguay corresponde a un sub-húmedo–húmedo a casi húmedo, según el sistema de Thornwait, de régimen mediterráneo (el período frío es húmedo y el caluroso es seco).

En el Este el trimestre más lluvioso es el invierno y en el Oeste el verano. Desde el punto de vista térmico, es un clima templado cálido con veranos calurosos e inviernos con heladas de mayo a fines de septiembre; al Noroeste es siempre varios grados mayor que al Sur. La variación de los vientos de Norte a Este a Sur le asigna un régimen muy inestable tanto del punto de vista térmico como hídrico. La temperatura media es de 16°C; la precipitación es de 1.000 – 1.300 mm por año.

En los períodos de biostasia⁴ la zona climática subtropical habría penetrado en Uruguay, lo que puede evidenciarse en el carácter rojizo de los suelos.

Vegetación

De acuerdo al clima, la vegetación dominante en las tierras altas es praderas de pastos altos, con dominio de invernales (hacia el Sur), o de verano (al Norte) o mixtas. En el Oeste, donde el verano es más húmedo, se puede presentar vegetación de parques y en zonas de palmares con especies de árboles y arbustos.

En las zonas serranas hay mayor diversidad y las gramíneas son de especies más rastreras; en las laderas al Sur de coluviones es frecuente encontrar árboles de crecimiento lento, formando pequeños bosquetes de madera dura.

Las planicies aluviales tienen cespitosas⁵ alternadas con pajonales; los albardones⁶ tienen árboles de mediano y bajo porte que a veces son montes espesos con hasta 1 kilómetro de ancho. Las áreas deprimidas tienen especies adaptadas a períodos de inundación semi-permanentes a permanentes, dominando la vegetación de bañado.

4. Biostasia: fase de estabilidad en la evolución del relieve, donde la cubierta vegetal del suelo impide la erosión.

5. Cespitosas: plantas que crecen con forma similar a la hierba del césped.

6. Albardón: elevación del terreno en una zona baja, que forma un islote cuando suben las aguas a su alrededor.

Topografía

La variada geomorfología del territorio puede separarse muy sintéticamente en distintas unidades:

- *planicies – llanuras*, definidas por pendientes bajas que oscilan entre 0.5% y 1.5%, con un importante desarrollo sobretudo en el Este y asociadas a los principales ríos;
- *lomadas*, con pendientes variables (desde suaves hasta fuertes), a veces convexas y otras con altiplanicies (pendientes entre 1.5% y 6%), relacionadas con la variación de los materiales geológicos;
- *colinas*, con pendientes entre 6% y 18%, más suaves o más fuertes (12% - 18%), a veces redondeadas, a veces con altiplanicies;
- *sierras*, con pendientes superiores a 18%.

Además pueden reconocerse otras unidades geomorfológicas como bañados, dunas, aluviones, valles, ocupando las zonas bajas aplanadas, y los cordones litorales de dunas arenosas de formas diversas.

Drenaje

Este factor está ligado a la Topografía y al régimen de lluvias imperante, y se verifica cuando:

- las regiones de planicies y llanuras estén predisuestas a las condiciones de hidromorfismo y que también las laderas bajas de lomadas y colinas y las planicies coluviales - aluviales sufran estos procesos,
- las regiones de sierras y colinas tengan un porcentaje importante de suelos incipientes y que su baja infiltración afecte el alto escurrimiento de ríos y arroyos en toda la región.

Geología

Existe gran variación de materiales geológicos en el territorio uruguayo, dando lugar a una alta gama de tipos de suelos, siendo uno de los factores de formación de mayor incidencia relativa.

De una forma general, en el Norte los dominios geológicos son tres y están ligados al desarrollo de las siguientes unidades, de Oeste a Este:

- los extensos derrames basálticos,
- las sedimentitas de la cuenca gondwánica, y
- el asomo de rocas precámbricas en la denominada Isla Cristalina de Rivera-Aceguá, en los departamentos de Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo.

En el Sur existen varios dominios geológicos que controlan la diversidad de tipos de suelos. En particular, el amplio desarrollo de las unidades ígneo-metamórficas en la región centro-sur y, al Sur, los sedimentos y sedimentitas que colmatan las cuencas de Laguna Merín y Santa Lucía.

Asimismo se debe recordar que tanto en el Norte como en el Sur hay extensas regiones cubiertas por unidades sedimentarias cuaternarias. El resultado de este complejo escenario con relación a los suelos resultantes puede verificarse, por ejemplo, al observar un corte norte-sur de la Carta Geológica (Preciozzi *et al.* 1985) y observar el mismo corte norte-sur en el Mapa de Suelos (Aguirre *et al.* 1976). Los factores climáticos y bióticos no tienen tanta variabilidad en nuestro territorio, por lo que la diversidad geológica-geomorfológica juega un rol importante para entender la génesis y evolución de nuestros suelos.

Tiempo

Ya se ha visto este tema en relación a los procesos y a la evolución de los suelos. Es un factor que incide sobre los otros factores de formación de los suelos, dando lugar a muchas de las explicaciones que se pueden observar en los perfiles de varios de nuestros suelos. En especial, en aquellos policíclicos, con claras discontinuidades litológicas que evidencian procesos de pedogénesis diferentes. Los casos más evidentes se pueden encontrar en las grandes planicies que acompañan al río Santa Lucía, habiéndose observado hasta tres ciclos, a partir de la simple observación de un perfil de suelo.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN - CATEGORÍAS

La Lámina XXVI muestra algunos perfiles representativos de los suelos de Uruguay. Asimismo, a continuación se presenta la clasificación de nuestros suelos. Dado el objetivo y alcance general de este capítulo, sólo se incluyen cinco niveles de organización o categorías:

1. *Orden*, definido por los procesos pedológicos dominantes.
2. *Grandes grupos*, definidos por la intensidad de los procesos.
3. *Sub grupos*, definidos por un proceso pedológico secundario.
4. *Clase*, definida por propiedades físicas y químicas relacionadas con la fertilidad: CIC y S/T.
5. *Tipo*, definido por el grado de iluviación de las arcillas en el Horizonte B.

Características diagnósticas

Horizontes diagnósticos y otros:

- a. Superficiales melánicos:
 - i. *Oscuro*: materia orgánica (M.O) > 2 %; S/T > 50%; - > 20 cm de espesor; más fina que Ar.Fr.;
 - ii. *Úmblico*: algo oscuro; textura liviana; S/T < 50%
 - iii. *Hístico*: si es arcilloso > 30% M.O; escasa arcilla >20 % M.O.
 - iv. *Ócrico*: muy claro y bajo en M.O. o menos de 20 cm de espesor.
- b. Subsuperficiales:
 - i. *Álbico*: A2 (eluvial); muy claro y bajo en M.O. o menos de 20 cm. de espesor.
 - ii. *Argílico*: si el Horizonte A tiene < 15% de arcilla tener 6% +; si tiene > 15% el Horizonte B un tenor de arcilla 1. 2.
 - iii. *Cámbrico*: Horizonte B no iluvial; material madre (M.M) alterado y descarbonatado.
 - iv. *Gleico*: saturado de agua y agrisado.
 - v. *Nátrico*: B de tipo argilúvico; *pH* > 8,5, sodio (Na) intercambiable > 15%.
- c. Saturación en bases, C.I.C. y horizontes:
 - i. *Éutrico*: Arc. B/ Arc. A es algo menos y algo más de 1.2; CIC del A > 25 miliequivalentes (meq) por cien gramos (meq./100 gr); S/T > 60%.
 - ii. *Subéutrico*: Arc. B/ Arc. A < 1.2 ; C.I.C. del Horizonte A 20-25 ; S/T < 60%.
 - iii. *Dístrico*: Horizonte A con CIC 10 meq o menor.
- d. Grado iluviación de arcilla:
 - i. *Háplico*: Sin diferenciación de horizontes por traslocación de arcilla del A al B.
 - ii. *Lúvico*: Con B textural transicional.
 - iii. *Abrúptico*: Con B textural de cambio abrupto.

Clasificación

Orden I: suelos minerales poco desarrollados.

Con horizonte superficial de 30 cm y sin horizonte genético subsuperficial.

- *Litosoles*. Con horizonte lítico a 30 cm y un A de color variable;
- *Arenosol*. Arenosos sin horizonte diagnóstico superficial 50 cm o más;
- *Fluvisol*. Sin horizonte superficial diagnóstico. Estratificado;
- *Inceptisol*. Horizonte A variable; sin horizonte B; contacto lítico > 30 cm.;

Gran Grupo *Litsoles*

Ejemplos: Cuchilla de Haedo - Paso de los Toros.

Clase	Sub clase
Eútricos	Melánicos y ócricos
Subéutricos	Melánicos, ócricos y úmbricos
Dístricos	Melánicos, ócricos y úmbricos

Gran Grupo *Arenosoles*

Ejemplo: Balneario Jaureguiberry.

Arenosoles ócricos.

Arenosoles úmbricos.

Gran Grupo *Fluvisoles*

Ejemplos: suelos ubicados en los bordes fluviales de Uruguay, casi siempre asociados al desarrollo del monte indígena.

Subgrupo Isotexturales: Melánicos y Ócricos.

Subgrupo Heterotexturales: Melánicos y Ócricos.

Gran Grupo *Inceptisoles*

Ejemplo: Suelos desarrollados en materiales coluvionales, como el de parte de la Sierra de Punta Ballena.

Melánicos; Ócricos y Úmbricos.

Orden II: Suelos melánicos.

Suelos minerales desarrollados con horizonte A melánico, un horizonte B Argílico, con $pH > 5.5$ que no disminuye y $S/T > 50\%$ o cámbrico con $S/T > 50\%$ o melánico sobre el Horizonte C con $S/T > 50\%$.

Gran Grupo *Brunosoles*

Ejemplo: Libertad.

Clase	Tipo
Éutricos	Háplicos Típicos Lúvicos
Subéutricos	Háplicos Típicos Lúvicos
Dístricos	Háplicos Típicos Lúvicos

Gran Grupo *Vertisoles*

Ejemplos: Tala – Rodríguez.

Subgrupo: Háplicos, Rúpticos, Típicos y Lúvicos.

Orden III: Suelos minerales saturados lixiviados

Suelos minerales del tipo A-Bt-C; Horizonte Argilúvico con > 50% S/T en toda su extensión. Si tiene un Horizonte Melánico, el Horizonte Álbico continuo < 3 cm, la relación Arc.B/Arc.A > 3; si la transición es abrupta la relación Arc.B/Arc.A = 2 a 3; si tiene Horizonte Ócrico o Úmbrico basta que esa relación sea 1 a 2; no tiene Al intercambiable; no tiene Horizonte Gleico a < 120 cm de profundidad; puede presentar Horizonte Álbico.

Gran Grupo *Argisoles*

Ejemplo: Chapicuy.

Clase	Tipo
Eútricos	Melánicos: típicos y abruptos Ócricos: típicos y abruptos
Subéuticos	Melánicos: típicos y abruptos Ócricos: típicos y abruptos Úmbricos: típicos y abruptos
Dítricos	Úmbricos

Gran Grupo *Planosoles*

Ejemplo: Kiyú.

Clase	Tipo
Eútricos	Melánicos y Ócricos
Subéuticos	Melánicos, Ócricos, Úmbricos
Dítricos	Melánicos, Ócricos, Úmbricos

Orden IV: Suelos minerales desaturados lixiviados.

Suelos del tipo A-Bt-C; con o sin A2; con S/T < 50% en algún horizonte Diagnóstico y/o Al intercambiable > 5% ; $pH < 5.5$ en la mayoría de los horizontes; Acumulación secundaria de M.O. en la parte superior del Horizonte B; la CIC de la arcilla es 40 miliequivalentes/100 gr del Horizonte B.

Gran Grupo *Luvisoles*

Ejemplo: Tacuarembó.

Son suelos con reserva de minerales; CIC Arc. 25-40 meq/100 gr.; S/T < 50 y > 35; Al libre 5-35%

Subclase	Tipo
Luvisoles melánicos	Típicos Abrúpticos Álbicos
Luvisoles ócricos	Típicos Abrúpticos Álbicos
Luvisoles úmbricos	Típicos Abrúpticos Álbicos

Gran Grupo *Acrisoles*

Ejemplo: Rivera.

Suelos sin reservas; CIC arcilla < 25 miliequivalentes/100 gr.: S/T < 35%; Al intercambiable > 35%; M.O. concentrada en parte superior del Horizonte B; color del Horizonte B rojo.

Subclase	Tipo
Acrisoles melánicos	Típicos Abrúpticos Álbicos
Acrisoles ócricos	Típicos Abrúpticos Álbicos
Acrisoles úmbricos	Típicos Abrúpticos Álbicos

Orden V: Suelos halomórficos

Suelos del tipo A-Bt-C; con Horizonte A de poco espesor y pobre estructura; de color claro; presencia de Horizonte Nátrico con alto tenor en Na en todo el perfil, en el Horizonte B de tipo argilúvico degradado en la parte superior del Horizonte B, de estructura columnar. Se incluyen en este orden semejantes sin Na elevado pero con $Na + Mg > Ca + H$, en el C.I.C.

Gran Grupo *Solonets*

Con Na intercambiable > 15% en todo el perfil.

Gran Grupo *Solonets solodizado*

Con alto tenor en sodio en el Horizonte B

Subclases: Melánicos y Ócricos

Gran Grupo *Solods*

Con menos de 15% Na en el Horizonte B; con degradación del Horizonte B superior.

Subclases: Melánicos y Ócricos.

Orden VI: Suelos hidromórficos

Permanecen saturados en agua la mayor parte del año y se dividen en dos:

- *Gleysoles*. Con Horizonte Gleico a menos de 120 cm de profundidad o a menos de 200 cm si por encima o por debajo de 30 cm presenta un croma de 1 o menos, y un valor que aumenta en profundidad y carece de estratificación de origen aluvial; Horizonte Hístico < 30 cm. de espesor; un valor de N > 5 en todos los horizontes minerales.
- *Histosoles*. Con Horizonte Hístico de 30 cm o más.

Gran Grupo *Gleysoles*

Subgrupo: *Gleysoles háplicos*.

Subclases: Melánicos, Ócricos e Hísticos.

Subgrupo: *Gleysoles lúvicos*.

Subclase: Melánicos. Tipo: Típicos y Abrúpticos.

Subclase: Ócricos e Hísticos.

Gran Grupo *Histosoles*

CARTAS DE LOS GRANDES TIPOS DE SUELOS DE URUGUAY

La *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000* realizada por el equipo técnico del PELS, publicada en 1976, guarda una significativa concordancia con las imágenes posteriores de satélite.

A efectos de tener una visión simplificada de la variación de suelos en Uruguay, se presenta la *Carta de suelos de la FAO* (Lámina XXVII).

Esta carta fue generalizada a partir de la *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000* (Aguirre *et al.* 1996), que incluye 99 unidades cartografiadas en función de asociaciones de suelos Dominantes, Asociados y Accesorios, que llegan a nivel de Familias de Suelos.

CARTOGRAFÍAS INTERPRETATIVAS DE LOS SUELOS

Puentes (1982) realizó la *Estimación de Riesgo Erosión de los suelos del Uruguay*, base insoslayable para cualquier propuesta de Plan Nacional de Conservación de Suelos con fines Agropecuarios. Ese estudio sistemático fue realizado sobre un total de 120 perfiles de suelos representativos de las 99 unidades de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Asimismo centra gran parte de su trabajo en estimar el Factor K (erodabilidad) de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos de Wischmeier y Smith,⁷ a efectos de confeccionar nueve categorías de valores para esos 120 perfiles representativos. De la integración de todos esos datos e información, Puentes obtuvo una cartografía generalizada del riesgo de erosión de los suelos de Uruguay. La Carta (Lámina XXVIII) permite apreciar la gran diversidad de situaciones que se presentan para la cobertura edáfica de Uruguay con respecto al riesgo de erosión hídrica. En ella se logran distinguir zonas con:

- muy bajo riesgo, como son los suelos de planicies (a pesar de tener valores de Factor K muy variable, muchas veces con problemas de hidromorfismo o limitaciones por drenaje);
- riesgo medio, en gran parte de las tierras fértiles de nuestro litoral agrícola, lo cual pone en evidencia la necesidad de tomar medidas especiales de conservación de suelos y aguas, acompañadas de rotaciones de cultivos y pasturas adecuadas, a efectos de no desencadenar procesos de degradación y aun erosión de suelos. Las modernas técnicas de “Laboreo Cero” han facilitado mucho estos aspectos de conservación de suelos, siempre que se cumplan con las normas adecuadas y específicas para cada chacra,
- más alto riesgo, casi siempre se corresponden con suelos de texturas livianas, con perfiles muy diferenciados, lo cual imprime a dichos suelos características de alta susceptibilidad a los procesos de erosión hídrica, cuando son destinados a la agricultura de cultivos anuales.

La *Carta de capacidad de uso de las tierras del Uruguay* (Lámina XXIX) clasificó las 99 unidades de la *Carta de reconocimiento de suelos* en cinco Órdenes, dividiéndose los cuatro primeros en clases que van desde Muy Alta a Baja, dejando el Orden V para las Tierras de Humedales:

7. La Universal Soil Loss Equation (USLE) fue un trascendente logro del agrónomo estadounidense Walt Wischmeier y de su colega Dwight Smith, tras más de dos décadas de reunir datos sobre erosión y pérdida de suelos. De la enorme cantidad de estadísticas, aislaron seis factores principales y establecieron relaciones entre ellos, publicando su Ecuación Universal en el *Agricultural Handbook* 282, en 1965. Nuevos trabajos llevaron a una versión mejorada de la USLE en 1978 (aunque Wischmeier acababa de jubilarse) y se publicó en el *Agricultural Handbook* 537. Ambos aportes, y sobre todo el último, han sido reconocidos de gran utilidad en buena parte del mundo.

- *Tierras principalmente agrícolas*- Orden I, que se dividen en cuatro Clases: Muy alta, Alta, Media y Baja;
- *Tierras agrícolas-pastoriles*- Orden II, que se dividen en Clases: Muy Apta, Alta, Media y Baja;
- *Tierras pastoril-agrícolas*- Orden III, que se dividen en Muy Alta, Alta, Media y Baja;
- *Tierras principalmente pastoriles*- Orden IV, que se dividen en las Clases: Alta, Media, Baja.
- *Tierras de humedales*- Orden V, las cuales se dividen en dos Clases: Pastoril-Arozables y Reserva de Flora y Fauna.

A nivel de Órdenes se tiene en cuenta el porcentaje de superficie arable de cada unidad de la *Carta de reconocimiento de suelos*, conjuntamente con sus propiedades y limitantes en cuanto a su idoneidad para cultivos de invierno y verano, intensidad de las rotaciones de cultivos y pasturas, su fertilidad natural, su riesgo de erosión, sus limitaciones para el laboreo mecánico y sus condiciones de exceso de agua en el suelo en el período invernal o de déficit durante el verano.

Por último se agrupan las unidades de la Carta de Reconocimiento de Suelos que son muy influenciadas por la acción del agua, ya sea por períodos cortos permanentes o semi-permanentes, dando lugar a las dos Clases de Humedales: unos permiten un uso Pastoril-Arozable y los otros sólo un uso de Reserva de Flora y Fauna.

De esta forma se pone de relieve a tierras de gran valor en biodiversidad, parte de las cuales han sido incluidas como Áreas de Reserva de la Biosfera en el marco del Proyecto *Man and the Biosphere* (MAB) de UNESCO, o como parte de las Áreas Ramsar (Convención de UNESCO sobre Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas).⁸

La *Carta de capacidad de uso* permite identificar 17 unidades, pudiéndose observar que el Orden I -Tierras Principalmente Agrícolas-, si bien se concentra en el Litoral del Río Uruguay, tiene otras zonas diseminadas por el resto del territorio nacional. Por el contrario, las Tierras Principalmen-

8. Esta Convención se firmó en Ramsar, Irán, en 1971, con algunos cambios en 1982 y 1987; es un tratado intergubernamental para cooperar en la conservación y buen uso de las tierras húmedas y sus recursos. El programa tiene (a diciembre 2003) 138 países adherentes y cuida de 1.328 humedales con un total de casi 111.900.000 hectáreas señaladas como de importancia para el mundo. Uruguay fue el tercer país americano en adherir, detrás de Canadá y Chile; lo hizo en setiembre 1984 con un sitio de 407.408 hás. La sede de la Convención Ramsar está en Gland, Suiza.

te Pastoriles -Orden IV- se localizan en las zonas de basalto y del basamento cristalino y de las sierras. Entre ambos extremos encontramos los Órdenes II y III, quedando localizadas las Tierras de Humedales en las grandes Planicies fluviales, los bordes litorales y los sistemas insulares.

Cayssials & Álvarez (1979) presentaron un estudio sobre *Aptitud pastoril del territorio uruguayo* (Fig. 2), que tuvo en cuenta los trabajos de Aguirre *et al.* (1976) y Carámbula (1978), obteniendo una cartografía de particular importancia para un país ganadero como Uruguay. Lo principal de esa carta interpretativa es que tiene en cuenta los aspectos cualitativos y cuantitativos de los sitios donde se evaluaron las pasturas naturales, tanto en lo relacionado con las características edáficas más importantes para evaluar su idoneidad para pasturas naturales, como los resultados de mediciones de pasturas, en términos de materia seca (total y digestible por hectárea), a lo largo de las distintas estaciones del año. Cabe acotar que los suelos más favorables por sus propiedades intrínsecas, son aquellos más ricos en materia orgánica, de colores oscuros, profundos y de texturas medias a pesadas. En cuanto a la valoración del rendimiento en forraje natural, se privilegió aquellas tierras que tenían el menor déficit relativo durante el invierno, por ser la estación más crítica, para la producción vacuna.

Es interesante señalar que esta carta interpretativa de aptitud pastoril de los suelos de Uruguay, guarda una muy buena correspondencia con una Clasificación de las Tierras CONEAT.⁹ Esta última fue confeccionada para la determinación del Impuesto a la Productividad Mínima Exigible (IMPROME), en función de índices de productividad, en términos de carne y lana por hectárea. Gracias al apoyo de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, que permitió el uso del SIG (Sistema de Información Geográfica), se pudo comparar las dos cartas interpretativas: la de Aptitud de Uso Pastoril de los Suelos del Uruguay y una confeccionada (gracias a la ayuda de la Base de Datos CONEAT y al SIG de la DGRNR), con una leyenda realizada en función de seis rangos de valores de índices de Productividad CONEAT.

Por otra parte, también gracias al apoyo de la DGRNR se pudo estimar los valores promedios de Índices de Productividad CONEAT, para cada una de las 13 zonas de uso y manejo de los suelos de la *Carta de suelos* CIDE (1962). Se comprueba también la alta correspondencia entre las zonas más

9. La Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra (CONEAT), dependiente del MGAP, elabora un índice de productividad para diversos rubros de explotación del suelo.

fértiles y los valores de Índice CONEAT más altos, así como que los valores más bajos, se asocian a las tierras más superficiales de menor aptitud pastoril.

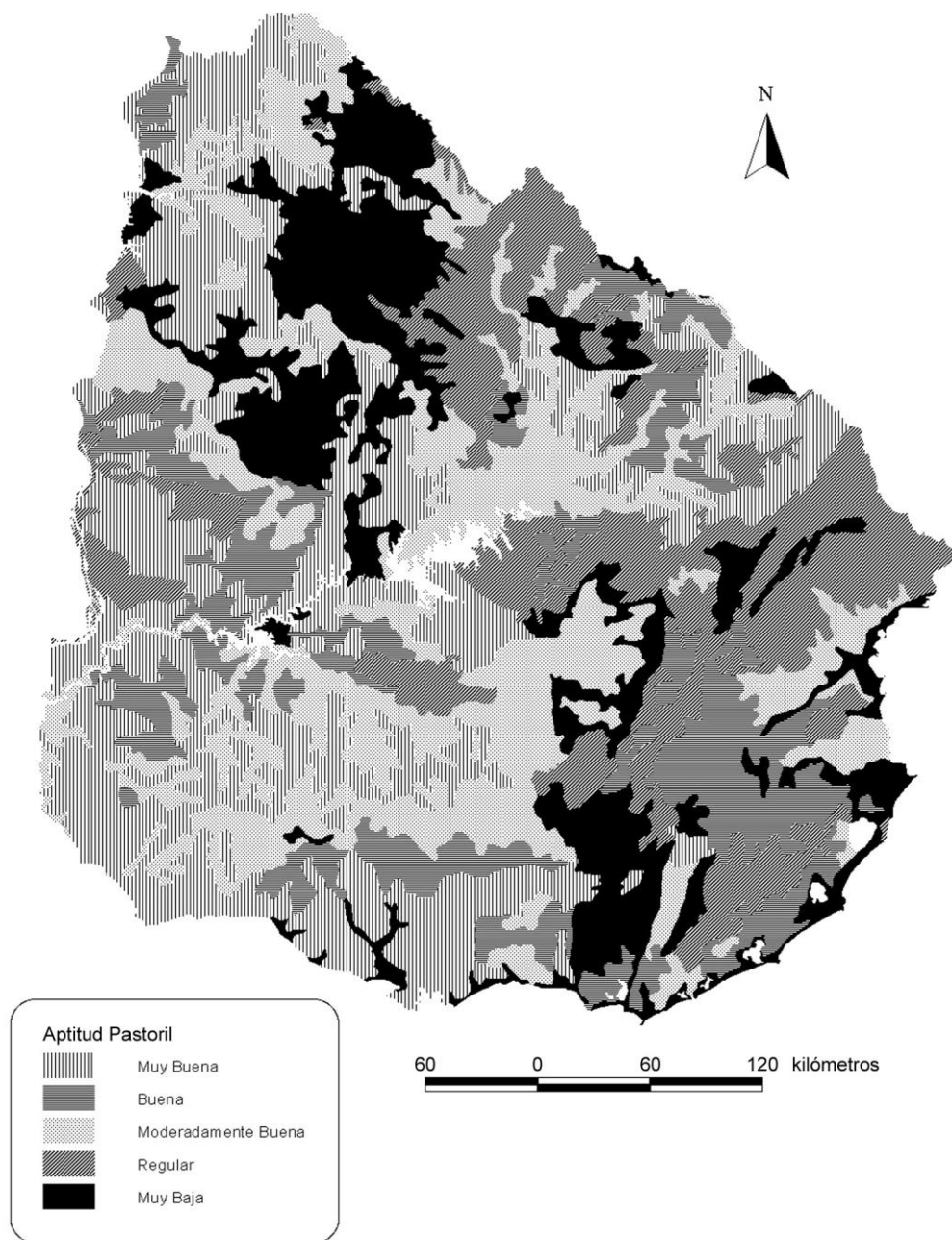


Figura 2 – *Carta de Aptitud Pastoril del territorio uruguayo*
(Cayssials & Álvarez 1979).

DESAFÍOS FUTUROS

A manera de síntesis sobre los suelos y su potencialidad de uso en Uruguay, se presentan las siguientes consideraciones:

1. En materia de conocimiento de suelos, Uruguay ha avanzado por encima del nivel de los demás países de América Latina y el Caribe. Esto se puede explicar, en parte, por la pequeñez de su territorio, pero principalmente se debe a los pioneros edafólogos uruguayos que supieron preocuparse por el conjunto de toda la cobertura edáfica de Uruguay. Muchos países siguieron lineamientos exógenos, que aconsejaban concentrar todos los esfuerzos en las tierras más aptas; por ejemplo, Chile avanzó mucho sobre la caracterización de los suelos de planicies regables pero ignoró todo lo relacionado a tierras de laderas de los Andes, dificultándoles hoy día, poder potencializar toda la tecnología de Satélites y tratamiento de los SIG porque les falta algo esencial: la verdad-terreno de esa inmensidad de tierras de laderas andinas.
2. Las modernas tecnologías de los SIG, complementadas con las diversas imágenes obtenidas a distintas alturas, permiten a Uruguay estar en una posición de privilegio para poder extraer toda la potencialidad de aprovechamiento que estas nuevas tecnologías están brindando. Se hace imperioso que se realicen (al igual de lo que sucedió hace varios años) “acuerdos interinstitucionales” capaces de obtener las sinergias y complementaciones necesarias para seguir avanzando en el conocimiento de uno de los recursos más estratégicos de nuestro país: su suelo.
3. El “estado del arte” en el conocimiento de las tierras de Uruguay, obliga a seguir avanzando por sendas de abordaje sistémico, ubicando a los suelos como parte de ecosistemas donde los componentes bióticos y abióticos reciben una fuente de energía (el sol), una de materia (lluvia) e información, las que son transformadas en ciclos biogeoquímicos y en respuestas de salida. Cuanto más se conozcan estas Entradas, Transformaciones y Salidas, mejor se sabrá cómo actuar para lograr un uso sustentable de nuestros suelos.
4. Los recientes trabajos de “catenas” de suelos realizados en Uruguay (con apoyo financiero del CONICYT) muestran la validez de un camino que permite aproximarse a entender el funcionamiento de los suelos en el contexto de los factores de formación, todo ello en el marco de las unidades

naturales como lo son las cuencas hidrográficas, verdaderas unidades del ciclo hidrológico y de la vida.

5. Mucho queda por entender en cuanto a las dimensiones biológicas de los suelos y a sus múltiples funciones, pero mayor aún es el retraso con respecto a indicadores confiables para nuestras condiciones, en cuanto a la capacidad de aceptación de determinados efluentes agrícolas, industriales y urbanos que pueden “reciclar” nuestros suelos. La temática de contaminación de suelos pasa a ser una de las urgencias a ser encaradas, sin descuidar el otro gran tema sobre la erosión y degradación de nuestros suelos. Sobre este aspecto, hoy día existe un mandato legal muy concreto explicitado en la Ley N° 15.239 (Conservación de Suelos y Aguas con Fines Agropecuarios).

Agradecimientos

Al Ing. Agr. Alfredo Altamirano, Director de la Dirección General del Programa de Recursos Naturales Renovables del MGAP, quien autorizó utilizar las Bases de Datos y el SIG de la Unidad Ejecutora. Al Ing. Agr. Juan Carlos Sganga, Director de la División de Suelos y Aguas, quien nos prestó todo su apoyo para esta publicación. A las ingenieras agrónomas Cecilia Petraglia (PGRNR) y Adriana Bruzzone (CONEAT). Al Lic. Marcel Achkar (Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias), quien realizó una relevante labor en todo lo referente al tratamiento digitalizado de los datos cartográficos y obtención de fotos digitales de los perfiles de suelos obtenidas del Museo de Suelos de la División de Suelos y Aguas del Programa de la DGRNR.

Bibliografía

- Aguirre L, Altamirano A, Alvarez C, Cayssials R, Da Silva H, Echeverría A, Falco L, Liesegang J, May H, Molfino J, Morelli C, Panario D, Piñeyrúa J, Puentes R, Sacco G, Sganga J, Terra J, Trabauer A, Vítora C, Acosta G & Palacios J (1976): *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1: 1.000.000*. Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de Agricultura y Pesca.
- Álvarez C & Cayssials R (1979): *Aptitud de uso pastoril de los suelos del Uruguay*. Ed. MAP Bol. Téc. 2. Montevideo.
- Brady NC & Weil RR (1996): *The nature and properties of soils*. Ed. Prentice-Hall (11th

- ed.), New Jersey, 740pp.
- Carámbula M (1978): *Producción de pasturas*, en: *Uruguay, Pasturas IV*, Ministerio de Agricultura y Pesca, Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger”. Miscelánea N° 18.
- Cayssials R & Álvarez C (1983): *Interpretación agronómica de la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes, Bol. Técnico N° 9, 29pp., Montevideo.
- Cayssials R, Crosara A, Di Landro E, De León L & Sganga JC (1999): *Estudio de cinco catenas de suelos de la Región Centro-Sur del país*. Facultad de Ciencias - Dirección de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Informe CONICYT (inédito). 197pp.
- De León L & López Taborda O (1967): *Los suelos del Uruguay, su uso y manejo*. Edición de CIDE, Montevideo.
- Duchaufour PH (1995): *Abrégés de pédologie. Sol, végétation, environnement*. 4^e édition. Ed. Masson, Paris, Francia. 324pp.
- Preciozzi F, Spoturno J, Heinzen W & Rossi P (1985): *Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000*. Dirección Nacional de Minería y Geología, Montevideo, 92pp.
- Puentes R (1982): *Estimación de riesgo erosión de los suelos del Uruguay*, Plan Nacional de Conservación de Suelos con Fines Agropecuarios, MGAP, Montevideo (inédito).
- Sistema de Información Geográfica (SIG) (2003): *Grupos CONEAT-Aptitud pastoril de las tierras del Uruguay*. Bases de Datos y Coberturas digitales de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Ganadería Agricultura.

