

1. SUELOS

1.2 Características generales de las zonas de estudio

1.2.1 Fisiografía

Aún dentro del limitado marco de conocimientos sobre la evolución morfológica del territorio uruguayo, varios autores han establecido divisiones del país en base a la configuración superficial del terreno y a la geología del sustrato. Entre ellas se pueden mencionar las de Giuffra (1935) y Chebataroff (1951a; 1951b) y la más elaborada, sobre la base de estudios geomorfológicos posteriores, propuesta por Panario (1986).

Más recientemente, Durán, Califra y Molfino (2005) definieron un conjunto de regiones fisiográficas tomando en consideración las contribuciones más relevantes aportadas por estudios locales o regionales de diversos autores desde 1969 a la fecha (Sombroek, 1969; Ecochard 1970a; Ecochard 1970b; Antón, 1974; Antón, 1975a; Antón, 1975b; Antón, 1975c; Antón, 1997; Sganga y Panario, 1974; Antón y Prost, 1975; Sacco, 1976; Panario, 1986; Durán, 1991; Montaña y Bossi, 1997).

La interacción entre las diversas formaciones del subsuelo geológico y los procesos del modelado geomorfológico originó en el país un conjunto de áreas naturales que, sin perjuicio del grado de heterogeneidad en las litologías, las geoformas y los suelos que ocurren dentro de cada una, constituyen una base útil para la regionalización del territorio en grandes unidades fisiográficas. Estas regiones permiten agrupar suelos relacionados geográficamente y a la vez distinguir tipos de suelos que no pueden diferenciarse al nivel taxonómico del mapa de suelos del país pero que es conveniente separar en función de las características del material parental que influyen en algunas propiedades edáficas significativas del punto de vista pedológico o pragmático. La división del territorio en regiones, según los criterios indicados, contribuye a poner de relieve la relación de los suelos con sus principales factores de formación y su asociación con paisajes característicos.

En la figura 1 se reproduce el mapa de las regiones fisiográficas del Uruguay definidas por Durán, Califra y Molfino (2005) y que se utilizan en este informe para ubicar y enmarcar la distribución de los suelos de las plantaciones forestales de Forestal Oriental.

ZONAS FISIAGRÁFICAS

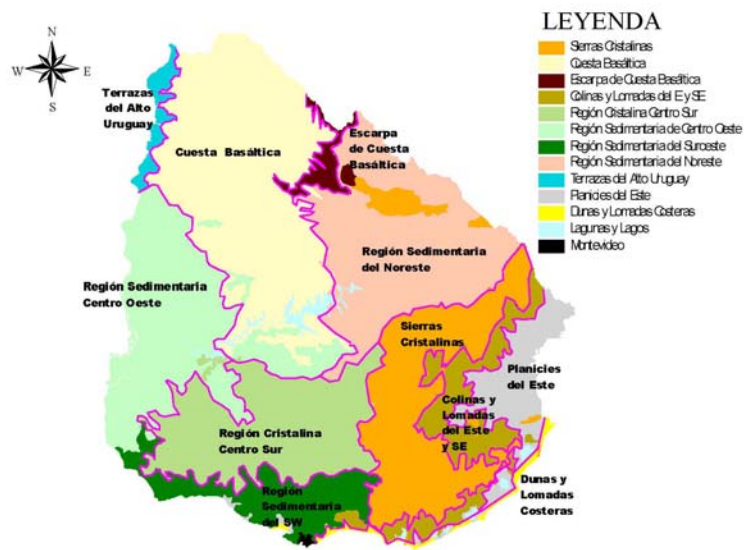


Figura 1. Zonas fisiográficas del Uruguay (Durán, Califra y Molfino, 2005)

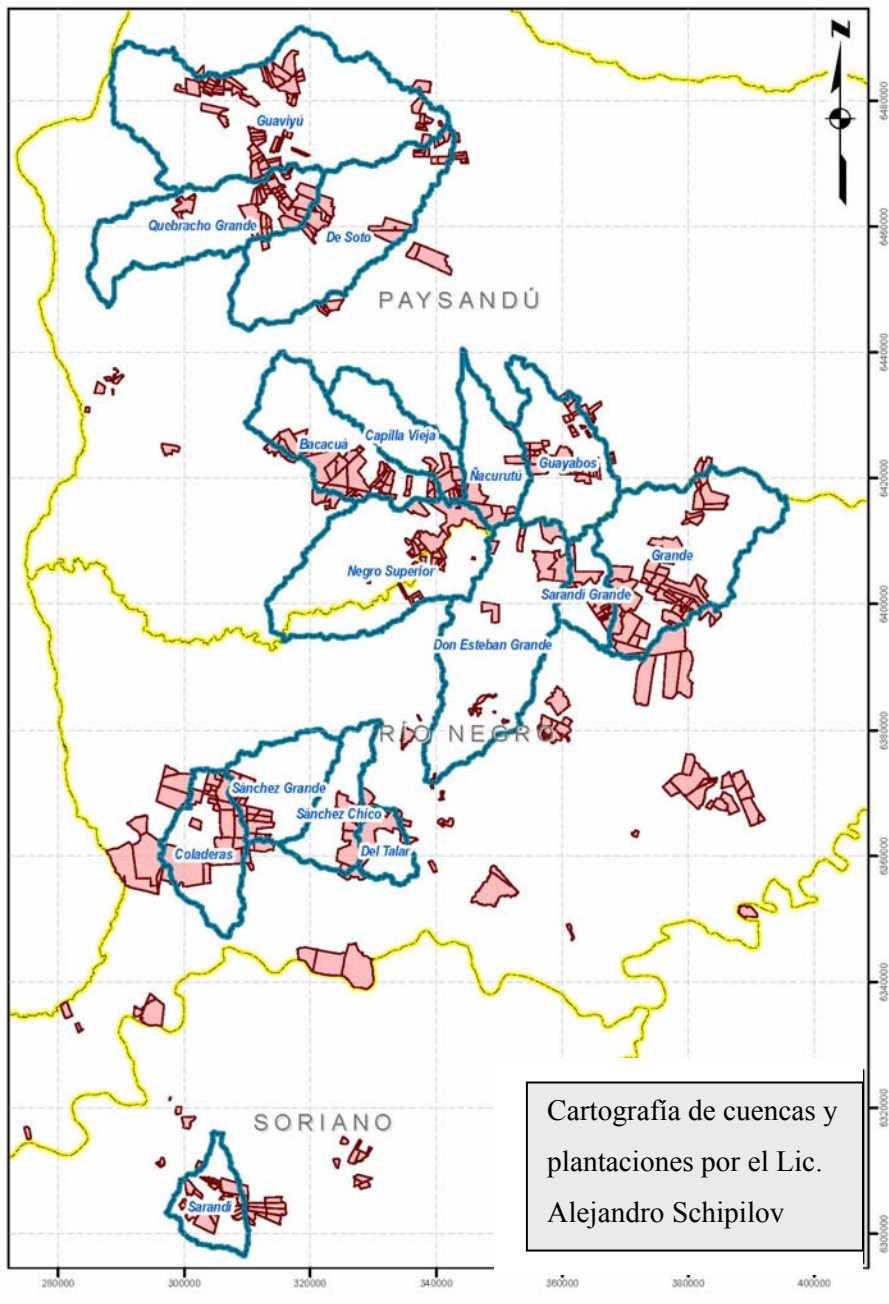
Los suelos de prioridad forestal, así definidos por la normativa vigente en el país, se distribuyen esencialmente en tres de las zonas fisiográficas de la figura 1: Región Sedimentaria Centro Oeste, Región Sedimentaria del Noreste y Sierras Cristalinas. A su vez, las plantaciones de Forestal Oriental están situadas mayormente en la Región Sedimentaria Centro Oeste y en menor proporción en la Región Sedimentaria del Noreste, por lo cual se considerarán solamente estas regiones.

1. Región Sedimentaria Centro Oeste. Esta región, de escaso relieve ya que su altitud varía entre 30 y 120 m, posee un origen vinculado a la tectónica cretácica, que en este caso dio origen a una cuenca en la que se depositaron espesores importantes de areniscas eólicas y fluviales de dicha edad y que fueron parcialmente recubiertos, sobre todo en su borde oriental por sedimentos cenozoicos, limosos o arenosos muy finos, casi siempre calcáreos, excepto en el caso de las areniscas de Salto. Las diferencias en las litologías de los sedimentos influyeron apreciablemente en el modelado posterior de las formas del paisaje, que varía desde lomadas suaves o fuertes hasta mesetas o colinas tabulares bordeadas por escarpas bien definidas. Las lomadas, de 3 – 6% de pendiente, son más comunes en los sedimentos terciarios, en tanto las escarpas, mesetas y valles se asocian a areniscas con capas endurecidas o a algunos *caliches* muy cementados; en estos terrenos las pendientes alcanzan valores de hasta 10 o 15%. La importante diversidad de suelos en esta región se relaciona a la variabilidad de los sedimentos y las geformas locales. Los suelos sobre areniscas cretácicas y pliocénicas son profundos a moderadamente superficiales, de fertilidad media o baja, a veces asociados a escarpas rocosas, en tanto que los suelos derivados de sedimentos limosos y calcáreos son de profundidad variable pero de alta fertilidad.

2. Región Sedimentaria del Noreste. Esta región, ubicada entre la Cuesta Basáltica al oeste, y las Sierras Cristalinas al este, está constituida por una cuenca sedimentaria de origen gondwánico en la cual se depositaron sedimentos muy diversos por su litología (areniscas, tillitas, limolitas, lutitas, calizas) y por su edad (devoniana hasta jurásica), todo lo cual se refleja en una fuerte variabilidad de los suelos de la región. La topografía varía desde suave hasta fuertemente ondulada (pendientes entre 3 y 12% y localmente mayores), ocurriendo las tierras de relieve más enérgico sobre las litologías más gruesas, en tanto que las más suaves ocurren con mayor frecuencia sobre las limosas y arcillosas. Panario (1986) estima que el potencial morfogenético de la región no varió mayormente durante el cuaternario dada la ausencia de fenómenos significativos de acumulación luego de su modelado; el paisaje fue entallado desde el pleistoceno como ocurre en la mayoría de los relieves convexos del país. La rocosidad es baja o nula, pero muy localmente alcanza alrededor de 25% (Capilla de Farruco). Dentro de esta cuenca se destaca un bloque levantado (*horst*), compuesto por rocas metamórficas que constituye las "islas" de Cuñapirú-Vichadero y de Aceguá y que por su substrato rocoso y configuración del terreno forma parte de la región de Sierras Cristalinas. Este *horst* presenta algunos cursos de agua sobreimpuestos que lo atraviesan (arroyos Cuñapirú, Corrales y Yaguari), lo que demostraría que su alzamiento no es demasiado antiguo. Los suelos son muy diversos, en función de la heterogeneidad de los materiales parentales. Ocurren suelos oscuros, profundos, pesados y fértiles sobre sedimentos arcillosos, suelos muy profundos, ácidos y de baja fertilidad sobre areniscas, y suelos moderadamente profundos a profundos y de texturas medias sobre limolitas.

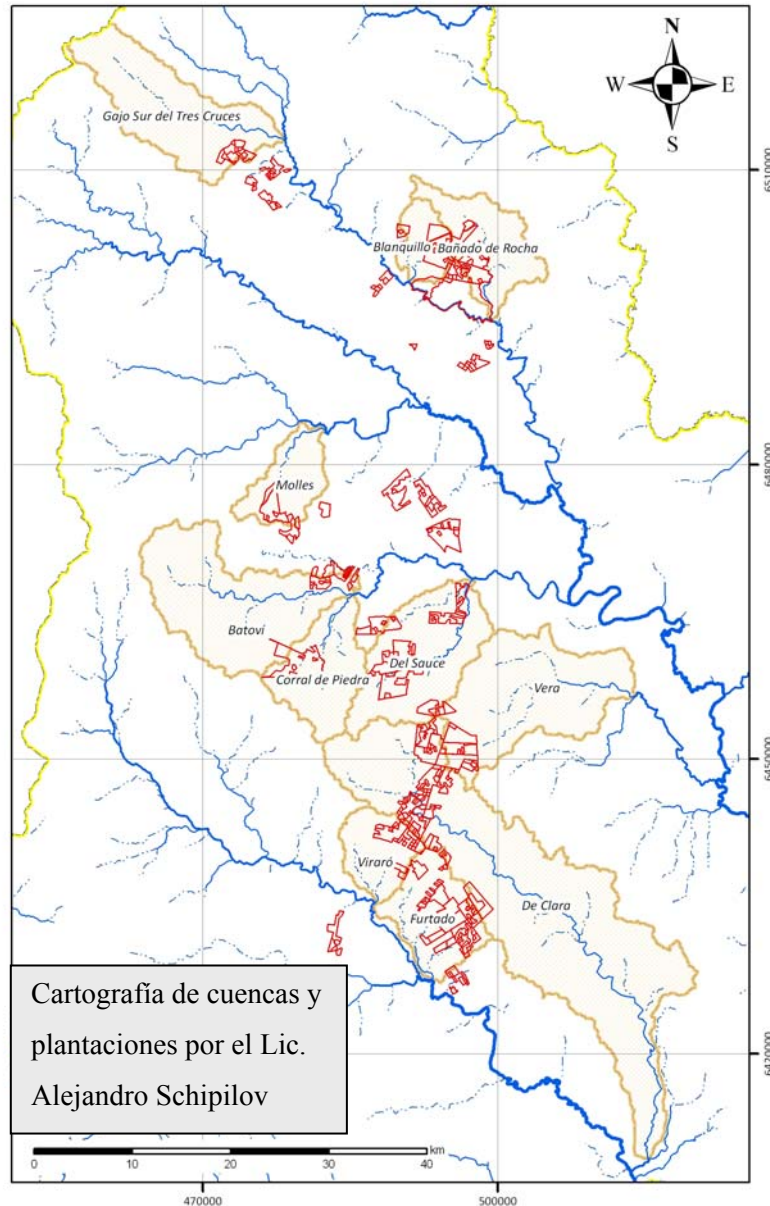
Dentro de la Región Sedimentaria Centro Oeste, las plantaciones de Forestal Oriental se ubican mayormente en los departamentos de Río Negro y Paysandú en varias cuencas de extensión variable según se observa en la figura 2a.

Las plantaciones de la Región Sedimentaria del Noreste están localizadas en el Departamento de Tacuarembó (figura 2b).



Cartografía de cuencas y plantaciones por el Lic. Alejandro Schipilov

(a)



(b)

Figura 2. Distribución de las plantaciones de Forestal Oriental incluidas en el proyecto: (a) plantaciones de la Región Sedimentaria Centro Oeste; (b) plantaciones de la Región Sedimentaria del Noreste.

1.2.2 Geología

La geología del área del proyecto se describe en detalle en otros capítulos por lo que aquí se hace referencia solamente a las principales características litológicas de los materiales parentales de los suelos.

La Región Sedimentaria Centro Oeste está constituida por una cuenca originada por la tectónica cretácica en la que se depositaron areniscas eólicas y fluviales durante el

cretácico propiamente dicho a las que se superponen limos y areniscas finas calcáreas oligocénicas y areniscas y conglomerados pliocénicos

Las areniscas cretácicas comprenden las formaciones Guichón, Mercedes y Asencio.

Formación Guichón. Está constituida por una secuencia sedimentaria que comprende desde areniscas conglomerádicas hasta pelíticas pero con dominancia de areniscas feldespáticas, medias a finas, arcillosas, de color rojizo. Según BOSSI y NAVARRO (1988) la composición de la fracción arena es en base a cuarzo, microclina, albita, granate y epidoto. La Formación ha sufrido procesos posteriores de cementación por calcáreo o por sílice que dan origen a estratos duros, resistentes a la meteorización y a la erosión. En los suelos desarrollados sobre estas areniscas se observan localmente niveles de clastos gruesos constituidos por sílice y fragmentos líticos.

Formación Mercedes. Incluye areniscas conglomerádicas, conglomerados y también areniscas más finas, con niveles de calizas intercaladas en su parte superior; en promedio la granulometría es más gruesa que la de Guichón y sus colores son menos rojizos. La silicificación de los niveles conglomerádicos y calcáreos es frecuente y constituye un rasgo típico de esta formación.

Formación Asencio. Comprende areniscas finas a medias, cuarzosas, de colores claros, con moteados de óxidos de hierro hacia la cúspide, y en las que se ha detectado la presencia de paleosuelos así como una coraza de ferrificación de color rojo en su parte superior, en la que se observan asimismo fenómenos de silicificación.

Los sedimentos paleógenos no son de importancia en el área del proyecto, aunque ocupan un área muy importante dentro de la Región Sedimentaria Centro Oeste, porque no constituyen terrenos de aptitud forestal por lo cual su plantación con árboles solamente ocurre como excepción en superficies muy menores dentro de tierras de clara aptitud forestal.

Estos sedimentos comprenden la formación Fray Bentos, definida por la dominancia de loess, areniscas finas y algunos niveles pelíticos, caracterizados por su color pardo o pardo anaranjado muy homogéneo. La presencia de carbonato de calcio pulverulento o en concrecionado es normal y localmente se observa un nivel cementado muy duro, asociado a topografías más o menos fuertemente onduladas.

Los sedimentos neógenos, representados por la formación Salto, ocupan un área significativa en esta región y su perfil tipo presenta arcillas arenosas verdes en la base sobre las que se apoyan areniscas y conglomerados, a veces silicificados, que se alternan hasta la cima con predominio de estructuras lenticulares. Las areniscas son cuarzosas, raramente feldespáticas, y de color rojizo, en tanto los conglomerados son frecuentes aunque de poca potencia, y poseen clastos muy redondeados de tamaño promedio de 4 cm, aunque pueden alcanzar diámetros mayores.

Sedimentos recientes. Es una agrupación muy heterogénea de materiales aluviales depositados en épocas muy recientes por los actuales cursos de agua, que incluyen arcillas, limos, arenas y a veces también cantos rodados.

La importancia relativa en las plantaciones de Forestal Oriental de los diferentes materiales geológicos se aprecia en la figura 3 que reproduce la recopilación realizada por Herbert (2005) para la Región Sedimentaria Centro Oeste.

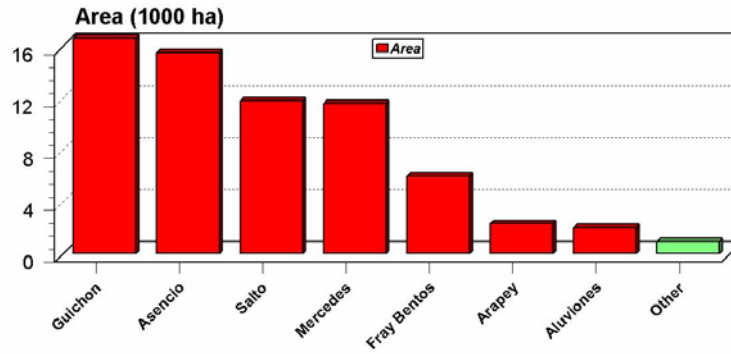


Figura 3. Formaciones litológicas en las propiedades de Forestal Oriental en la Región Sedimentaria Centro Oeste.

Se observa en la figura 3 la predominancia neta de areniscas en el área de estudio, lo que es coherente con las propiedades de los suelos de aptitud y prioridad forestal que se expresan de manera óptima en los suelos desarrollados sobre dichas litología. Las lavas básicas (formación Arapey) que aparecen en baja proporción en las plantaciones de Forestal Oriental no dan lugar a suelos de prioridad para la forestación y su ocurrencia en el área de estudio es marginal en las tierras incorporadas por la empresa.

La Región Sedimentaria del Noreste posee una geología sumamente compleja pero los terrenos forestales objeto de este estudio se encuentran solamente sobre algunas litologías relativamente homogéneas correspondientes a las areniscas del grupo Batoví Dorado, dentro de las que se distinguen tres formaciones, antes consideradas una sola (formación Tacuarembó).

Formación Cuchilla del Ombú. Aparece en la base del grupo y está integrada por areniscas medias a finas, de origen eólico, de colores grises o amarillentos, con frecuentes pigmentaciones rojizas. Son de grano redondeado, poseen escasa matriz arcillosa y poca coherencia y los minerales de la fracción arena son esencialmente cuarzo.

Formación Tacuarembó. Actualmente se define litológicamente como areniscas fluviales finas y muy finas, con pelitas y conglomerados subordinados, de colores son claros, neutros a grises. Las areniscas finas presentan un contenido bajo o medio de arcilla, en tanto que las pelitas en general son limosas con variable contenido de arcilla y poseen arena fina y muy fina. El mineral detrítico dominante en las areniscas es el cuarzo, con feldespatos asociados. En algunas áreas la formación Tacuarembó ha sufrido silicificación, la que se refleja en relieves tabulares visibles en los cerros Miriñaque, Batoví, etc.

Formación Rivera. Consiste de areniscas finas a medias, de origen eólico, con algunas psamitas finas de colores rojizos. Son esencialmente cuarzosas, con muy poco feldespato y escaso cemento arcilloso. Las estructuras de dunas son características, al igual que en el miembro eólico inferior (Cuchilla del Ombú).

Aparte de las areniscas del grupo Batoví Dorado, en los terrenos forestales de la Región Sedimentaria del Noreste se encuentran depósitos aluviales modernos comparables a los descritos para la Región Sedimentaria del Centro Oeste. Sus texturas son asimismo muy variables, a veces más arenosas.

En las plantaciones de Forestal Oriental de la Región Sedimentaria del Noreste no se dispone de un análisis de la distribución de las diferentes litologías como el visto para la

Región Centro Oeste, pero la información disponible indica que predominan netamente los sedimentos del Grupo Batoví Dorado.

1.2.3 Suelos

La base cartográfica de suelos utilizada en este estudio es la disponible en CONEAT que es la utilizada para calificar la aptitud y prioridad forestal de la tierra en todo el territorio nacional conforme a la normativa vigente. La cartografía CONEAT fue originalmente elaborada para evaluar la aptitud ganadera de los suelos del país pero posteriormente se verificó que era apta también para otros propósitos como por ejemplo para estimar la aptitud agrícola para cultivos de cereales y oleaginosos en condiciones de secano.

Los índices CONEAT no son aptos para estimar directamente la aptitud de uso forestal de la tierra, pero las propiedades de los suelos que integran los grupos CONEAT están definidas con precisión suficiente como para interpretar su aptitud en términos de lo que la ley define como “terrenos forestales” y en consecuencia determinar su prioridad para dicho uso conforme a la normativa que regula la producción forestal.

Por otra parte, la determinación de la calidad de los suelos como sitios forestales ha avanzado en Uruguay sobre la base de la cartografía CONEAT, al menos en la Región Sedimentaria Centro Oeste como consecuencia de estudios específicos conducidos por Herbert (2005) complementados con aportes de Durán (2005).

1.2.3.1 Suelos de la Región Sedimentaria Centro Oeste

Los suelos identificados en las plantaciones de Forestal Oriental, en términos de la nomenclatura CONEAT fueron resumidos por Herbert (2005) según se expone en la figura 4.

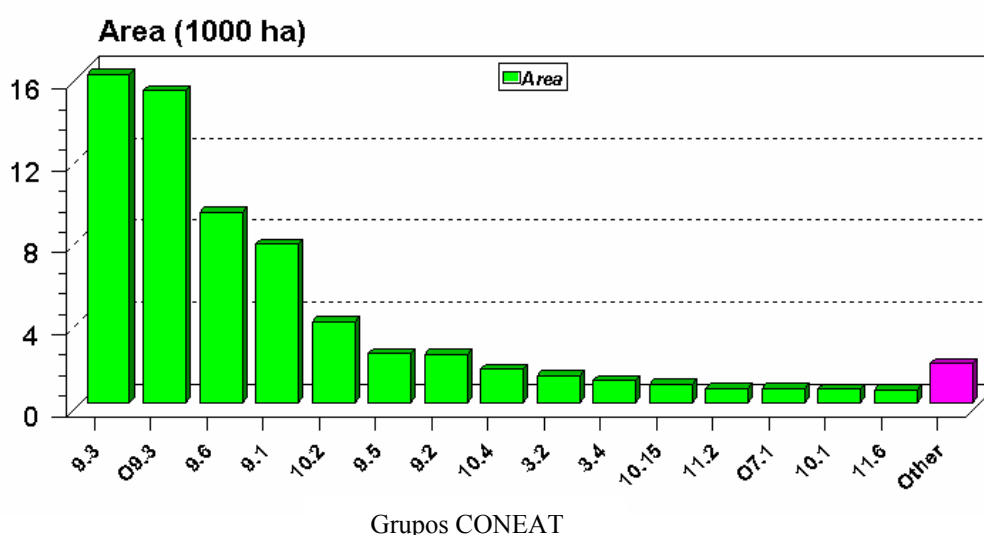


Figura 4. Superficie ocupada por los diferentes grupos de suelos CONEAT en las propiedades de FOSA en la Región Sedimentaria Centro Oeste (Herbert, 2005)

Los grupos CONEAT 9., 09. y 07. son en su gran mayoría tierras de prioridad forestal, en tanto que los grupos 3., 10. y 11. no lo son y solamente se benefician de los estímulos de la legislación forestal en la medida que son áreas menores dentro de las

propiedades. Desde el año 1993 y hasta el 2005, tales suelos podían sin embargo ocupar hasta el 40% de cada unidad catastral, pero a partir de ese año se los limitó al 10%, retomando el criterio de la ley y la reglamentación original. No obstante, no existen normas que prohíban su uso forestal sino que solamente no les corresponden las exoneraciones tributarias y otros beneficios.

En el caso de Forestal Oriental, se observa en la figura 3 que los suelos de prioridad forestal son de extensión mucho mayor dentro de sus propiedades que los que no lo son. La aptitud forestal se ajusta razonablemente bien a su calificación legar como tierras de prioridad, aunque con algunas limitaciones que se analizan más adelante.

Suelos 9.1

Estos suelos ocurren mayormente en los Departamentos de Paysandú y Río Negro, en paisajes escarpados a niveles altimétricos superiores a la zona de rocas basálticas al este o en áreas de disección asociadas a los cursos de agua principales de la Región Sedimentaria Centro Oeste.

El material parental corresponde a areniscas litificadas – mayormente la formación Mercedes – pero también se incluyen calizas silicificadas y areniscas ferrificadas de Asencio y Guichón. El relieve es de tipo mesetiforme con escarpas débil o muy fuertemente desarrolladas; en el primer caso se observa una forma general de paisaje ondulado, en tanto que el segundo corresponde a verdaderas mesetas. En la figura 4 se ejemplifica el relieve mesetiforme característico del grupo de suelos 9.1.

Entre ambos extremos existen formas intermedias, quizás las de mayor frecuencia, que pueden definirse como colinas tabulares. La pendiente varía en un rango de 6 a 12% en las geoformas onduladas, más de 12% en el frente de las escarpas y nula o menor de 0,5% en la parte superior de las mesetas. En las laderas cóncavas de disección, con pendientes por lo general mayores de 5%, ocurren coluviones que recubren parcialmente taludes al pie de las escarpas y algunos valles estrechos.



(a)



Figura 5. Paisajes mesetiformes donde ocurren típicamente los suelos 9.4; (a) vista general del relieve tabular, (b) detalle de un valle de disección, con escarpas bajas en la ruptura de pendiente entre la meseta y las laderas.

Los suelos dominantes en el grupo 9.1 son Brunosoles Dístricos o Subéutricos Lúvicos moderadamente profundos y pseudolíticos, con un horizonte A de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa o franco arcillo arenosa. La presencia de fragmentos líticos de arenisca y de grava cuarzosa gruesa en forma de línea o manto (*stone line*) en el límite de los horizontes A y B, o entre los horizontes A y C, si no existe un horizonte B, es un rasgo casi invariable en las zonas más representativas del grupo 9.1. El horizonte B es de color pardo grisáceo, a veces con algunos moteados pardo amarillentos, textura arcillo arenosa y estructura gruesa de bloques. Estos suelos aparentan ser superficiales, con contacto lítico a escasa profundidad, cuando se observan con la sonda edafológica, pero su observación en una calicata adecuada demuestra que el supuesto contacto lítico es en realidad una napa de gravas y fragmentos de roca. Los Brunosoles descritos son moderadamente bien drenados, de infiltración moderada y permeabilidad lenta.

Asociados a estos suelos ocurren Litosoles Dístricos/Subéutricos en las zonas de mayor rocosidad y algunos suelos más profundos y texturalmente más desarrollados, comparables a los suelos típicos del grupo 9.3, que se clasifican como Argisoles Dístricos o Subéutricos Abrúpticos, con un horizonte A de color pardo grisáceo oscuro y textura franco arenosa a arenoso franca y un horizonte B gris oscuro con moteado prominente pardo amarillento o rojizo, textura arcillo arenosa y estructura de prismas gruesos y fuertes. Estos suelos son algo pobremente drenados, de infiltración moderada y permeabilidad muy lenta.

En los valles estrechos que recortan las laderas cóncavas, según su posición topográfica, existen Argisoles Subéutricos Típicos y Abrúpticos, a veces pseudolíticos.

En la figura 6 se observan algunos perfiles representativos del grupo CONEAT 9.1, que permite apreciar la variabilidad de los suelos incluidos en el mismo.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6. Perfiles de suelos integrantes del grupo CONEAT 9.1. En (a) y (b) se observan ejemplos de los suelos menos pedregosos, con gravas de cuarzo concentradas en una *stone line* definida a unos 20 cm de profundidad y fragmentos de arenisca en el horizonte B superior. En (c) se ejemplifican los suelos con gran concentración de grava en todo el horizonte A en tanto que (c) muestra un perfil fuertemente pedregoso en todo el perfil, incluyendo el subsuelo (horizonte C).

A su vez, la figura 7 ilustra el perfil de los Litosoles propiamente dichos del grupo 9.1, localizados en adyacencia de las escarpas y afloramientos rocosos. Estos suelos tienen solamente un horizonte A, semejante en casi todas sus propiedades al horizonte A de los Brunosoles dominantes.



Figura 7. Litosol algo graviloso, con contacto lítico neto, que ejemplifica a los suelos estrictamente superficiales del grupo 9.1.

La textura y las principales propiedades químicas de los Brunosoles pseudolíticos del grupo 9.1 se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Brunosoles Dísticos del grupo CONEAT 9.1.

Horizonte	Textura ¹	pH	C org., %	N total, %	CIC ²	BT ²	V, %
A	FAr	5,0 – 5,5	0,9 – 1,3	0,09–0,11	6 – 7	3 - 4	50 – 60
2A	FArg	5,3 – 5,7	0,7 – 1,1	0,08-0,10	7 – 10	4 – 7	50 - 70
3B	AcAr	5,5 – 6,5	0,2 – 1,1	0,04-0,08	20 – 30	20 – 27	75 – 95
3BC - 3C	FACAr	6,0 – 7,0	0,1 – 0,2	0,01-0,02	15 - 20	12 - 15	95

La capacidad de retención de agua de los suelos 9.1 en un espesor de 1 m es la indicada en el cuadro 2, debiéndose tener presente que un número de estos suelos no alcanzan al espesor indicado en cuyo caso, la retención de agua es algo menor según se indica en la línea inferior del cuadro.

Cuadro 2. Agua disponible y agua retenida a tensiones de 10 y 1500 kPa en el espesor de 1 m en suelos del grupo CONEAT 9.1 (valores en mm)

Espesor del suelo	Agua disponible	Retención a 10 kPa	Retención a 1500 kPa
1 m o más	110	335 – 355	225 – 250
≈ 75 cm	100	270	170

Los suelos del grupo 9.1 integran como dominantes o codominantes las unidades Bacacúa y Paso Palmar de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1:1.000.000 (DSF/MAP, 1976).

¹ FAr = franco arenoso; FArg = franco arenoso graviloso; AcAr = arcillo arenoso; FACAr = franco arcillo arenoso

² CIC (capacidad de intercambio catiónico a pH 7,0) y BT (suma de bases intercambiables) en cmol_c kg⁻¹ de suelo.

Suelos 9.3

Los suelos de este grupo ocupan un superficie importante en los Departamentos de Paysandú y Río Negro, siendo de destacar la que se extiende en el área Algorta – Piedras Coloradas – Porvenir – Menafra, particularmente visible a lo largo de la Ruta 90, actualmente bajo uso forestal en su mayor parte. Otra área significativa aunque menor es la que se extiende en el entorno de Quebracho.

En el Departamento de Soriano ocurren en forma dispersa desde la zona de los poblados de Risso y Egaña hasta la proximidad de Mercedes.

El material parental es una arenisca arcillosa de color claro – blanco grisáceo o rosado – a menudo con tonos rosados, sin fragmentos gruesos, y en áreas menores también existen suelos derivados de areniscas de Mercedes y Guichón.

El relieve dominante es suavemente ondulado y muy uniforme, con pendientes de 1 a 3%, y presenta una combinación de laderas extendidas y muy suaves, de 1 - 2% de pendiente, con algunas zonas de disección donde las laderas son de mayor convexidad y pendiente (3 a 5%), que se asocian a las granulometrías más gruesas del material parental.

Los suelos predominantes corresponden a Planosoles Dístricos Ocrícos y Argisoles Dístricos Ocrícos Abrúpticos. Ambos suelos poseen un perfil muy similar en el que el horizonte A, de 40 – 60 cm de espesor, es de color pardo grisáceo oscuro, textura arenoso franca o franco arenosa y estructura muy débil. Por debajo aparece un horizonte E de color pardo grisáceo a gris y sin estructura en el caso del Planosol, pero que está ausente en el Argisol; en ambos casos hay una transición al horizonte iluvial subyacente. El horizonte B es arcillo arenoso o franco arcillo arenoso, con estructura de prismas gruesos y fuertes y una consistencia muy dura en seco y muy plástica en mojado. Tanto el Planosol como el Argisol son suelos algo pobremente drenados y de permeabilidad muy lenta; la infiltración es rápida en tanto los horizontes superficiales de textura liviana no se saturan, luego de lo cual todo aporte adicional de agua genera escurrimiento debido a la virtual impermeabilidad del horizonte B.

Los suelos característicos del grupo 9.3 están ilustrados en la figura 8.



Figura 8. Ejemplos de perfiles típicos del grupo CONEAT 9.3: (a) Argisol muy lixiviado, con horizonte A de color claro y estructura de apariencia masiva y color gris con moteado pardo amarillento grueso y abundante, indicativos de saturación temporaria; (b) Argisol con horizonte A algo más oscuro y con menos evidencia de excesos hídricos en el horizonte B.

La textura y las principales propiedades químicas de los Brunosoles pseudolíticos del grupo 9.3 se resumen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Brunosoles Dústricos del grupo CONEAT 9.3.

Horizonte	Textura	pH	C org., %	N total, %	CIC	BT	V, %
A - E	ArF - FAr	5,0 – 6,0	0,9 – 1,3	0,08–0,15	5 – 10	3 - 8	45 – 80
B	FAcAr	5,5 – 6,5	0,2 – 1,1	0,05-0,12	15 – 25	12 – 20	70 – 90
BC - C	FAr-FAcAr	5,5 – 7,0	0,1 – 0,2	0,05	15 - 20	12 - 15	75 - 100

Nota: ver significado de abreviaturas y unidades en que se expresan CIC y BT en notas de pie de página del cuadro 1.

La capacidad de retención de agua disponible de los suelos 9.3 no ha sido determinada de manera sistemática en el laboratorio, pero Molfino y Califra (2001) la estimaron mediante los modelos desarrollados por Silva et al. (1988) en unos 130 mm.

Como suelos asociados en el grupo 9.3, en laderas medias y bajas de pendiente máxima de 1%, existen Brunosoles Subéutricos o Dústricos Típicos y Lúvicos. Son de color pardo muy oscuro en el horizonte A, de textura franco arenosa, y poseen un horizonte B menos pesado y compacto que los Planosoles y Argisoles dominante, por lo que su drenaje es algo mejor – moderadamente a algo pobre – aunque su permeabilidad es igualmente muy lenta.

Los suelos del grupo 9.3 son dominantes en la unidad Algorta y asociados en la unidad Cuchilla del Corralito de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1:1.000.000 (DSF/MAP, 1976).

Suelos 9.5

Este grupo de suelos ocurre principalmente en el Departamento de Soriano en la zona de Paso de Lugo sobre la Ruta 14, y en menor extensión en los Departamentos de Río Negro y Paysandú.

El material parental está formado mayormente por areniscas con cemento arcilloso de color rojizo pertenecientes a la formación Asencio, aunque también se incluyen areniscas de las formaciones Guichón y Mercedes en menor proporción.

El relieve es muy suavemente ondulado, con predominio de pendientes de alrededor de 2% y laderas ligeramente convexas, lo que origina un paisaje de lomadas suaves.

Los suelos corresponden a Brunosoles Subéutricos Lúvicos, con horizonte A de color pardo muy oscuro o pardo grisáceo, textura franco arcillo arenosa a franco arenosa y estructura moderada a débil. Hay una transición clara al horizonte B, de color pardo grisáceo o pardo oscuro a ligeramente rojizo, de textura arcillosa a franco arcillo arenosa y estructura fuerte, prismática o de bloques gruesos. La diversidad de los suelos descritos se asocia a diferencias en el drenaje que varía de es moderadamente bien drenado en los de horizonte A de color más oscuro y B más pardo a algo pobremente drenado en los de A más claro y B más grisáceo y a menudo con moteado amarillento. La permeabilidad es lenta o muy lenta.

Los perfiles de los suelos representativos del grupo 9.5 están ilustrados en la figura 9, observándose que guardan similitudes con los del grupo 9.3 de la figura 8.



Figura 9. Perfiles que ilustran el rango de variabilidad morfológica de los suelos del grupo 9.5: (a) Brunosol texturalmente muy diferenciado con horizonte B muy compacto y de permeabilidad muy lenta; (b) Brunosol de color pardo muy oscuro, más fértil y mejor drenado que el anterior.

La textura y las principales propiedades químicas de los Brunosoles dominantes del grupo 9.5 se resumen en el cuadro 7.

Cuadro 4. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Brunosoles Subéutricos del grupo CONEAT 9.5

Horizonte	Textura	pH	C org., %	N total, %	CIC	BT	V, %
A	FAR- FAcAr	5,8 – 6,4	1,0 – 1,8	sd	11 – 20	10 – 15	80 – 90
B	AcAr-FAcAr	6,4 – 6,7	0,3 – 1,0	sd	20 - 30	18 – 28	90 – 100
BC - C	FAcAr	7,0 – 8,0	0,1 – 0,2	sd	15 - 25	15 - 20	95 - 100

Nota: ver significado de abreviaturas y unidades en que se expresan CIC y BT en notas de pie de página del cuadro 1. sd = sin datos

No se dispone de determinaciones de laboratorio de la capacidad de retención de agua disponible de los suelos del grupo 9.5, pero Molino y Califra(2001) la estimaron en 135 mm mediante los modelos desarrollados por Silva et al. (1988). Dicho valor es realmente un promedio ya que los Brunosoles dominantes deben tener una capacidad algo mayor mientras que los Argisoles y Planosoles franco arenosos livianos retienen seguramente una lámina algo inferior a esa media.

Asociados a los Brunosoles dominantes ocurren también algunos Vertisoles Rúpticos, de color negro y textura uniformemente fina en todo el perfil así como suelos que son dominantes en el grupo 9.3 (ver más arriba).

Los Brunosoles de textura más liviana y los Argisoles y Planosoles similares a los del grupo 9.3 son de buena aptitud forestal, pero los suelos más pesados (Vertisoles y algunos Brunosoles) son más aptos para agricultura y ganadería.

Por lo expuesto, el grupo 9.5 es relativamente heterogéneo en el tipo de suelos y en su valor forestal, al igual que el grupo 09.3.

El grupo 9.5 integra la unidad Cuchilla del Corralito en la carta la carta de reconocimiento de suelos a escala 1:1.000.000 (DSF/MAP, 1976).

Suelos 9.6

Estos suelos son muy extendidos en el Departamento de Paysandú y ocurren en menor superficie en el de Río Negro, siendo de particular importancia en las zonas de Chapicuy, Guichón y El Eucalipto.

El material parental corresponde casi exclusivamente a areniscas algo arcillosas de la formación Guichón, de color pardo rojizo fuerte y uniforme, pero como impurezas ocurren basaltos de la formación Arapey.

El relieve general es ondulado, predominando en el oeste pendientes de 2 – 5%, mientras que en el este los declives son más fuertes, con pendientes de hasta 8%.

Los suelos dominantes, sobre todo hacia el oeste, son Brunosoles Subéutricos Típicos (a veces Lúvicos), con horizonte A de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa pesada, ocasionalmente con cantos silíceos y fragmentos líticos, pero menos abundantes que en los Brunosoles del grupo 9.1, por lo que no llegan a ser pseudolíticos. El horizonte B es de color pardo muy oscuro en su parte superior pero pasa gradualmente a pardo rojizo y rojo oscuro o amarillento en los subhorizontes inferiores; la textura es arcillo arenosa o franco arcillo arenosa y la estructura es de bloques gruesos, moderados. Estos Brunosoles son bien drenados, pero en las laderas bajas el drenaje es moderadamente bueno y a veces algo pobre; su permeabilidad es lenta.

La figura 10 muestra la morfología de los Brunosoles Subéutricos del grupo 9.6 que es en general bastante constante; los suelos de esta figura no poseen fragmentos gruesos en el perfil.



Figura 10. Perfiles característicos de los suelos del grupo CONEAT 9.3, con horizonte superficial pardo muy oscuro y horizonte B rojo o rojo amarillento.

Como asociados existen Brunosoles Subéutricos Lúvicos o Argisoles Subéutricos Oéricos Típicos de color pardo rojizo oscuro y textura franco arenosa, más diferenciados y algo más pobremente drenados que los Brunosoles dominantes. Esos suelos pueden poseer también cantos, aunque no en la cantidad que se exige para la fase pseudolítica.

Hacia el este, los suelos del grupo 9.6 son algo diferentes, ya que su horizonte A es de textura más liviana, franco arenosa a arenoso franca, y el grado de diferenciación textural del perfil es mayor. Consecuentemente los suelos más característicos de esa zona – por ejemplo en la Cuchilla de los Medanos – son Argisoles Subeútricos Ocrícos Típicos similares a los ya mencionados, y Argisoles Dútricos Ocrícos Abruptícos, cuyo drenaje varía desde moderadamente bueno hasta algo pobre; la permeabilidad es lenta en todos los casos. Estos suelos se asemejan, a veces muy claramente, a los suelos característicos del grupo CONEAT 9.3

La textura y las principales propiedades químicas de los Brunosoles dominantes del grupo 9.6 se resumen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Brunosoles Subeútricos del grupo CONEAT 9.6

Horizonte	Textura	pH	C org., %	N total, %	CIC	BT	V, %
A	FAr (p)	5,5 – 6,0	1,5 – 2,5	0,11 – 0,28	11 – 20	8 - 16	75 – 80
AB	FACAr	6,0	0,8 – 1,3	0,08 - 0,15	15 – 20	11 – 17	80 – 85
B	(F)ACAr	6,2 – 6,5	0,6 – 1,1	0,09 - 0,11	15 – 25	17 – 20	80 – 90
BC - C	FACAr	6,5 – 7,0	0,2 – 0,6	0,01 - 0,05	10 - 25	12 - 25	90 - 95

Nota: ver significado de abreviaturas y unidades en que se expresan CIC y BT en notas de pie de página del cuadro 1.

La capacidad de retención de agua de los suelos 9.6 en un espesor de 1 m es la indicada en el cuadro 6, pero en algunos suelos que no alcanzan al espesor indicado, la retención de agua es algo menor según se indica en la línea inferior del cuadro 6.

Cuadro 6. Agua disponible y agua retenida a tensiones de 10 y 1500 kPa en el espesor de 1 m en suelos del grupo CONEAT 9.6 (valores en mm)

Espesor del suelo	Agua disponible	Retención a 10 kPa	Retención a 1500 kPa
1 m o más	145	370	225
≈ 70 cm	105	190	85

Los suelos del grupo 9.6 corresponden a la unidad Chapicuy de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1:1 000 000 (DSF/MAP, 1976).

Suelos 09.3

Estos suelos se distribuyen principalmente en los alrededores de Pueblo Sánchez, sobre todo a lo largo de la Ruta 24, en el tramo comprendido entre el establecimiento Nueva Mehlem y el paraje Tres Bocas, en el Departamento de Río Negro. Extensiones menores se observan en los Departamentos de Paysandú, Soriano y Colonia.

El material parental de los suelos corresponde a sedimentos areno arcillosos de color pardo o pardo rojizo, incluyendo localmente areniscas silicificadas, de la formación Salto. Hacia el este del área de ocurrencia existen cantos rodados que pueden alcanzar concentraciones altas en forma de casquetes. En áreas menores ocurren sedimentos de las formaciones Mercedes y Asencio y, como impurezas, limos arcillosos de Fray Bentos.

El relieve es muy característico y consiste de lomas laderas asimétricas, en las que las laderas orientadas al sur son marcadamente convexas, con pendientes de 4 a 8%, en

tanto que las laderas de exposición norte son más extendidas y con pendientes muy suaves, de 1 a 3%.

Los suelos dominantes se relacionan a las geoformas indicadas y en las laderas fuertes ocurren Argisoles Dústricos Ocrícos o Melánicos, generalmente Abrúpticos, con horizonte A, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa a arenosa franca, y estructura débil. Existe una transición abrupta o clara al horizonte B, de color pardo grisáceo o color pardo grisáceo oscuro, textura arcillosa y estructura de bloque medianos y fuertes. En la base del horizonte A y/o en el horizonte B pueden ocurrir cantos comunes o abundantes, asociados a materiales parentales ricos en fragmentos gruesos. El suelo es algo pobremente drenado y su permeabilidad es muy lenta.

La figura 11 ilustra la morfología de los suelos más representativos del grupo 09.3 con aptitud forestal.



Figura 11. Perfiles representativos de los suelos del grupo 09.3 aunque ninguno de ambos ilustra adecuadamente a los miembros de horizonte A de color más claro y textura más liviana.

En las laderas suaves los suelos son a Brunosoles Subéutricos Típicos y Lúvicos, con horizonte A de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa o franco arcillo arenosa, y un horizonte B menos compacto y de color más pardo que los Argisoles descritos. Estos Brunosoles son moderadamente bien a algo pobremente drenados y de permeabilidad muy lenta.

La textura y las principales propiedades químicas de los Brunosoles dominantes del grupo 09.3 se resumen en el cuadro 7.

Cuadro 7. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Brunosoles Subéutricos del grupo CONEAT 09.3

Horizonte	Textura	pH	C org., %	N total, %	CIC	BT	V, %
A	FAr ArF	5,8 – 6,2	1,1 – 2,2	sd	5 – 15	5 – 15	85 – 90
B	Ac-Fac	5,5 – 7,0	0, – 1,2	sd	27 – 30	20 – 30	75 – 100
BC - C	FAcAr	5,3 – 7,8	0,2 – 0,6	sd	22 - 25	18 - 22	70 - 100

Nota: ver significado de abreviaturas y unidades en que se expresan CIC y BT en notas de pie de página del cuadro 1. sd = sin datos

No se dispone de información cuantitativa precisa acerca de la capacidad de retención de agua de los suelos del grupo 09.3, aunque en función de sus propiedades físicas debe ser comparable a la de los suelos 9.3 o intermedia entre estos y los del grupo 9.6 que se presenta más adelante.

Aparte de los Brunosoles Subéutricos, en algunas ladera suaves del grupo 09.3 pueden ocurrir Vertisoles o Brunosoles Eutricos vérticos de color negro y textura franco arcillosa a arcillosa.

Como consecuencia de lo expresado, el grupo 09.3 es una asociación de suelos compleja y heterogénea en la que coexisten suelos de buena aptitud forestal con otros que son inadecuados o marginales para dicho uso, siendo en cambio aptos para cultivos y pasturas.

El grupo 09.3 corresponde a la unidad Tres Bocas en la carta la carta de reconocimiento de suelos a escala 1:1.000.000 (DSF/MAP, 1976).

La distribución de los suelos descritos precedentemente para las plantaciones de Forestal Oriental en la Región Sedimentaria Centro Oeste se ilustra en las figuras 12 y 13, tomadas de la excelente recopilación formulada por Herbert (2005). La primera de ellas muestra la cartografía de grupos de suelos CONEAT para los distritos 1, 3 y 5, en tanto que la segunda lo hace para los distritos 2, 4 y 6. En ambas figuras se han delineado con colores las unidades de suelos de prioridad forestal y las que, sin serlo, están asociadas estrechamente a aquellas en un padrón a veces intrincado. Los suelos derivados de la formación Fray Bentos, ninguno de los cuales posee aptitud o prioridad forestal, están coloreados de gris de manera indiferenciada, lo que simplifica la lectura de los mapas ya que en la región aparecen a menudo geográficamente asociados a los de prioridad forestal.

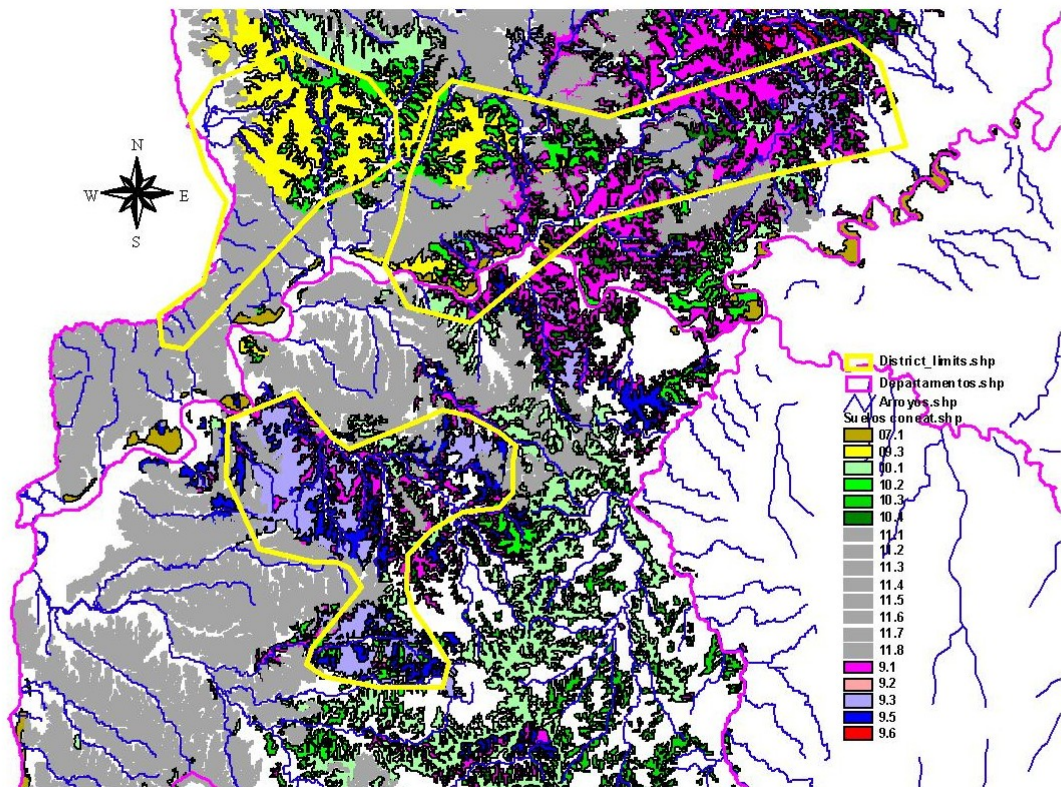


Figura 12. Mapa de distribución de los grupos de suelos CONEAT en los distritos 1, 3 y 5 de la plantaciones de Forestal Oriental en la Región Sedimentaria Centro Oeste (Herbert, 2005)

Resulta evidente al observar la figura 12 que los distritos 1, 3 y 5 las plantaciones al sur del Río Negro se encuentran muy concentradas en los suelos 9.3 y 9.5 (unidades Algorta y Cuchilla del Corralito de la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay), en tanto que al norte del mismo las áreas plantadas se localizan sobre todo en los suelos 09.3 y 9.1 (unidades Tres Bocas y Bacacué de dicha carta).

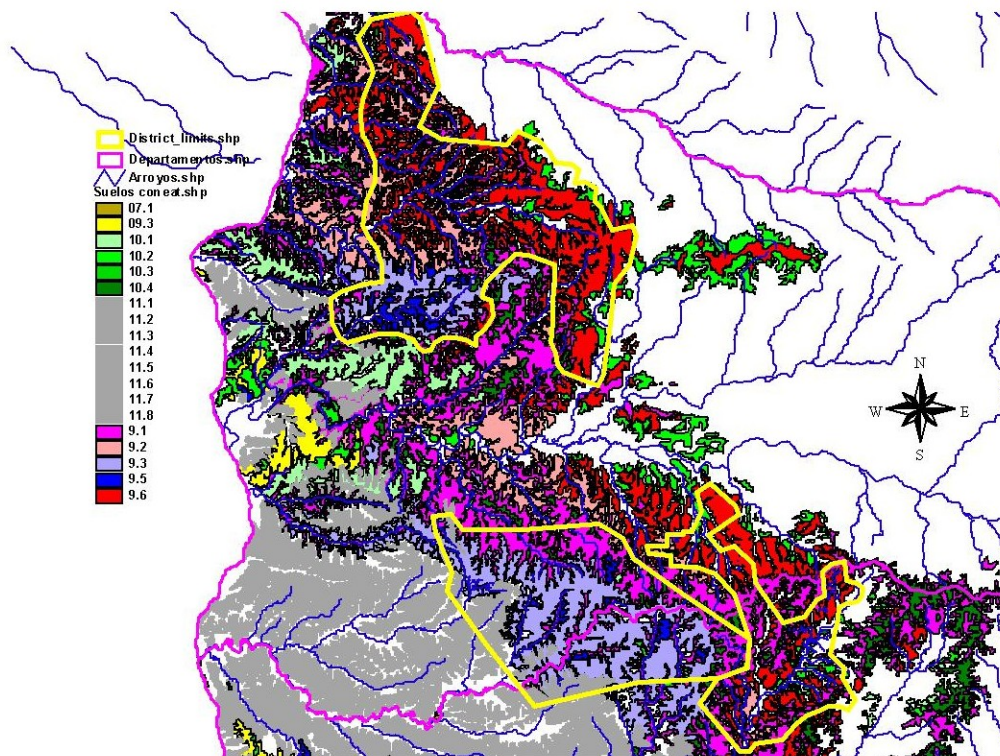


Figura 13. Mapa de distribución de los grupos de suelos CONEAT en los distritos 2, 4 y 6 de las plantaciones de Forestal Oriental en la Región Sedimentaria Centro Oeste (Herbert, 2005)

En los distritos 2, 4 y 6, las plantaciones situadas al norte se localizan sobre todo en los grupos 9.5 y 9.6 y, secundariamente en el 9.3, en tanto que en las situadas al sur dominan claramente los suelos 9.1 y 9.3 y en menor proporción el 9.5.

En el área total considerada, los suelos 9.1 y 9.5 son los que aparecen mejor distribuidos en el total de distritos considerados y en el otro extremo los suelos 9.6 aparecen casi exclusivamente en los distritos 2, 4 y 6, mientras que los suelos 09.3 son de ocurrencia limitada a los distritos 1, 3 y 5.

1.2.3.2 Suelos de la Región Sedimentaria del Noreste

Los suelos identificados en las plantaciones de Forestal Oriental, en términos de la nomenclatura CONEAT incluyen casi todos los grupos pertenecientes a la zona 7, con excepción de algunos que sólo ocurren en el extremo norte (Departamento de Rivera) o en los terrenos de la escarpa que limita la Región Sedimentaria del Noreste con la Cuesta Basáltica (ver figura 1).

En la zona 7 se incluyen todos los grupos de suelos formados sobre areniscas del grupo Batoví dorado, tanto alteradas *in situ* como redepositadas por procesos de alteración y movilización.

Los suelos de la zona 7 son, con algunas excepciones, los más profundos del país y también los menos fértiles, en los que son frecuentes los excesos de aluminio intercambiable, de efectos tóxicos sobre la mayoría de los cultivos.

La vegetación natural es de pradera estival, muchas veces muy enmalezada (*Vernonia*, *Schizachyrium*), con buena producción en verano aunque de calidad pobre, pero muy baja en invierno.

El uso tradicional de la tierra fue pastoril ganadero, de cría o ciclo completo y con una baja relación ovinos:bovinos, pero es en esta zona donde se ha producido uno de los mayores desarrollos de la producción forestal a partir de la década de 1990.

Suelos 7.1

Ocupa zonas cercanas a la Cuesta Basáltica en los Deptos. de Tacuarembó y Rivera.

El material geológico está constituido mayormente por areniscas rojizas y rosadas del grupo Batoví Dorado, muy litificadas, a veces silicificadas, pero las partes altas tienen a veces un delgado recubrimiento de basalto (formación Arapey).

El relieve está constituido por cerros mesetiformes o cónicos (*buttes*), planos en la cumbre y con laderas muy fuertes, en las que la pendiente es de 30 - 45%, según se observa en la figura 14.



(a)

(b)

Figura 14. Paisajes de áreas de ocurrencia de los suelos del grupo 7.1: (a) cerros tabulares con recubrimiento de basalto al fondo y laderas de disección de pendiente muy fuerte, al frente; (b) cerro tabular aislado con recubrimiento de arenisca y laderas fuertes, muy pedregosas.

Los suelos de las cumbres son Litosoles Eutricos o Subéutricos, Melánicos o Úmbricos, según sean derivados de basalto o arenisca, muy superficiales, de color pardo (grisáceo) muy oscuro, textura franca o franco arenosa, con alto porcentaje de rocosidad. Son suelos bien a excesivamente drenados, de permeabilidad moderada a rápida en el *solum*.

En las laderas predominan, dentro de un padrón muy complejo, los Inceptisoles Úmbricos, generalmente superficiales, de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa y con alto porcentaje de pedregosidad. Son suelos muy fuertemente ácidos, bien drenados, de permeabilidad moderada a rápida y con escurrimiento muy rápido por el declive muy fuerte del terreno. También ocurren Litosoles muy superficiales franco arenosos.

No se han identificado virtualmente suelos de este grupo en las plantaciones de Forestal Oriental que se localizan mayormente fuera del área de ocurrencia típica de los suelos 7.1.

El grupo integra la unidad Tres Cerros de la carta de reconocimiento de suelos a escala 1:1.000.000 (DSF/MAP, 1976).

Suelos 7.2

Estos suelos se extienden en casi toda el área de la zona 7, en la que ocurren en las tierras de relieve más fuerte, donde las geoformas corresponden a colinas sedimentarias no rocosas con pendientes de 10a 15%. El material parental está constituido por areniscas de Tacuarembó.

Los suelos dominantes son Inceptisoles Úmbricos, moderadamente profundos, con un horizonte A de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa y estructura muy débil. Es bastante común que no exista un horizonte B y el *solum* se apoya directamente sobre la arenisca ligeramente alterada. Son suelos muy ácidos, bien drenados, de permeabilidad rápida, como también lo es el escurrimiento. La figura 15 ilustra el perfil más frecuente de estos Inceptisoles, en su variante más profunda y el relieve más característico de su área de ocurrencia.



(a)



(b)

Figura 15. (a) Inceptisol Úmbrico representativo del grupo 7.2. Este suelo posee un horizonte A de unos 50 cm de espesor, por debajo del cual (aproximadamente coincidiendo con la hoja del cuchillo) se observa un horizonte E incipiente, de color ligeramente más claro. El cuchillo se apoya directamente sobre la arenisca muy poco alterada (horizonte Cr). (b) Relieve de colinas fuertes asociadas a cerros mesetiformes en donde son más frecuentes los suelos 7.2.

Asociados a los Inceptisoles se encuentran Luvisoles Ocrícos o Melánicos similares a los que se definen en el grupo 7.32.

Este grupo forma parte, como asociado, de las unidades Tacuarembó y Rivera de la carta de reconocimiento de suelos a escala 1:1 000 000 (DSF/MAP, 1976), en las que ocupa sin embargo una extensión considerable junto a los Luvisoles y Acrisoles dominantes.

Suelos 7.31

Estos suelos ocurren típicamente en los alrededores de la ciudad de Rivera, sobre las Rutas 5, 27 y 30 hasta Tranqueras, y se extienden hacia el sur, más allá de Buena Unión. Al oeste limitan con los suelos 7.1 de la Escarpa Basáltica. En áreas menores aparecen más al sur aún en el Departamento de Rivera y muy localmente aún en el de Tacuarembó en algunos casquetes de las colinas que constituyen la geoforma dominante de la zona 7.

El material geológico lo forman areniscas rojas, poco litificadas, apoyadas sobre areniscas de Tacuarembó, aunque con frecuencia los suelos parecen derivar de la removilización local de alteritas muy meteorizadas de esas areniscas.

El relieve, de colinas sedimentarias no rocosas con pendientes de 6 -12%, se aprecia en la figura 16, la que además ilustra el buen crecimiento de eucaliptos en la fotografía de la derecha, tomada en 1968, que corresponde a un monte sin manejo para sombra y abrigo del ganado.



(a)



(b)

Figura 16. Aspecto característico de la fisiografía de áreas típicas de ocurrencia de los suelos 7.32 en el Departamento de Rivera: (a) colinas no rocosas con Acrisoles Típicos rojos en la ruta 27; (b) eucaliptos de muy buen porte en un Acrisol Típico en la proximidad de Tranqueras.

Los suelos son muy predominantemente Acrisoles Ocrícos Típicos, muy profundos, con un horizonte A de 50 – 80 cm de espesor, de color pardo rojizo, textura franco arenosa, a veces muy liviana, y de estructura muy débil. El horizonte B es de color rojo oscuro, textura arcillo arenosa o franco arcillo arenosa y estructura prismática gruesa débil que solamente se aprecia en perfiles muy expuestos al humedecimiento y desecación alternados, en desmontes de caminos. Son suelos bien drenados y de permeabilidad lenta pero con infiltración rápida.

El perfil característico de estos Acrisoles presenta pocas variantes, mayormente en el espesor de los horizontes A y B – que frecuentemente suman más de 2 metros – y en la transición al horizonte C que puede ser clara o a veces muy gradual, siendo difícil en tal caso identificar con exactitud ese horizonte y diferenciarlo del C. Estas características se aprecian en la figura 17.

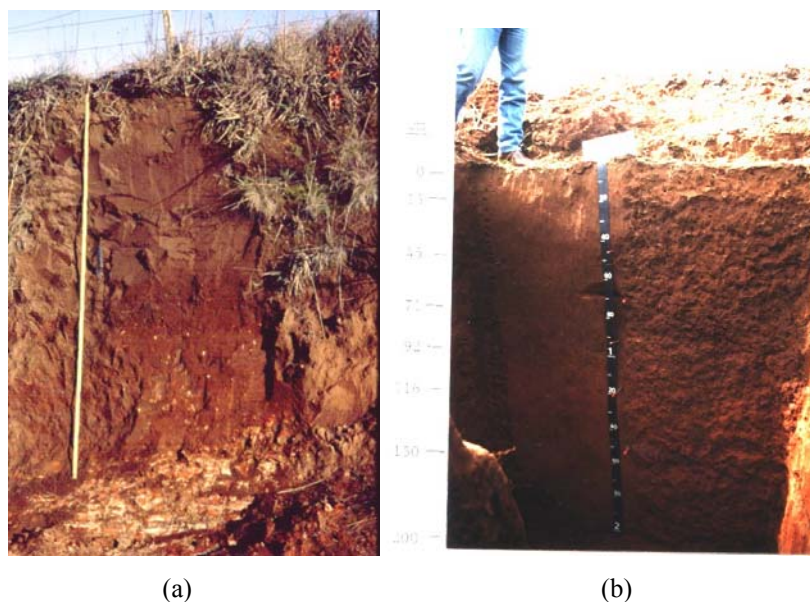


Figura 17. Perfiles de suelos típicos del grupo 7.31: (a) Acrisol profundo con transición clara a la arenisca parental a 1,90; Acrisol muy profundo en el que aún a 2,50 m no se observó la arenisca sobre la que presuntamente se desarrolló el suelo.

La textura y las principales propiedades químicas de los Acrisoles dominantes del grupo 7.31 se resumen en el cuadro 8.

Cuadro 8. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Brunosoles Subéutricos del grupo CONEAT 7.31

Horizonte	Textura	pH	C org., %	N total, %	CIC	BT	V, %
A	FAr - ArF	4,5 - 5,3	0,4 - 0,8	sd	3 - 7	1,5 - 2,0	30 - 60
B	AcAr	4,9 - 5,3	0,5 - 0,7	sd	8 - 17	2,5 - 4,0	22 - 35
BC - C	FAcAr	5,0 - 5,3	0,1 - 0,7	sd	7 - 11	2,0 - 3,5	22 - 38

Nota: ver significado de abreviaturas y unidades en que se expresan CIC y BT en notas de pie de página del cuadro 1. sd = sin datos

La capacidad de retención de agua de los suelos 9.6 en un espesor de 1 m es la indicada en el cuadro 9, y su valor depende del espesor del horizonte A que por ser de textura franco arenosa o arenoso franca retiene muy poco agua por unidad de volumen. Así los suelos de horizonte A de más de 80 cm de espesor retienen menos agua que aquellos de horizonte A más delgado (fila 2 del cuadro 9).

Cuadro 9. Agua disponible y agua retenida a tensiones de 10 y 1500 kPa en el espesor de 1 m en suelos del grupo CONEAT 9.6 (valores en mm)

Espesor del suelo	Agua disponible	Retención a 10 kPa	Retención a 1500 kPa
Hor. A = 40 - 80 cm	100 - 110	210 - 220	90 - 100
Hor A > 80 cm	60 - 75	200 - 230	145 - 155
Suelo total (> 1m)	180	nd	nd

Pero por otra parte, los suelos 7.31 más profundos no poseen restricciones para la penetración de las raíces hasta profundidades muy por encima del límite de 1 m, lo que es particularmente importante en el caso de los árboles. Cuando se considera el espesor

total explorable por las raíces, los suelos 7.31 tienen una capacidad de almacenamiento de agua disponible muy alta, como se observa en la fila inferior del cuadro 9.

Los suelos del grupo 7.31 corresponden a la unidad Rivera de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1:1 000 000 (DSF/MAP, 1976).

Suelos 7.32

Estos suelos son muy extendidos en los alrededores de la ciudad de Tacuarembó, donde se los puede observar a lo largo de la ruta 5 al sur y al norte de esa ciudad, así como al este y al oeste sobre la ruta 26.

El material parental está constituido por areniscas de Tacuarembó, de color rosado o blanquecino, y por areniscas de la formación Cuchilla del Ombú en proporción mucho menor. Asimismo se observan localmente algunos materiales retransportados, apoyados sobre la formación Tacuarembó, que dan lugar a estos suelos.

El relieve está formado por colinas sedimentarias no rocosas con pendientes entre 6 y 10%, en general menos amplias que las del área de ocurrencia de los suelos 7.31, por lo cual el grupo 7.32 aparece en un terreno con mayor densidad de disección, fácilmente observable en las fotografías aéreas.

Los suelos dominantes de este grupo son Luvisoles Ócricos o Melánicos profundos o muy profundos, con horizonte A de color pardo (muy) oscuro, textura franco arenosa y estructura muy débil, con una transición gradual o clara al horizonte B; entre ambos ocurre a veces un horizonte E. El horizonte B es de color pardo grisáceo a gris, con moteado prominente pardo amarillento a rojo, textura arcillo arenosa y estructura de prismas débiles, visibles solamente en desmontes de caminos donde el suelo se humedece y deseca fuertemente en forma alternada. Son suelos moderadamente bien o algo pobremente drenados, de permeabilidad lenta a muy lenta. En algunos casos, el horizonte B es pardo amarillento con poco moteado.

La morfología de los suelos 7.32 más frecuentes se observa en la figura 18.

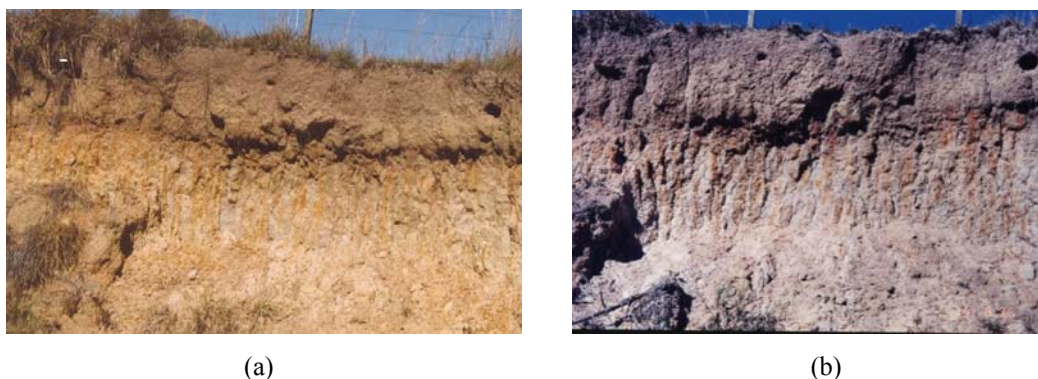


Figura 18. Luvisoles característicos del grupo de suelos 7.32: (a) perfil de color algo claro y horizonte B pardo grisáceo amarillento; (b) perfil más oscuro y con moteado más rojizo en el horizonte B.

La textura y las principales propiedades químicas de los Acrisoles dominantes del grupo 7.31 se resumen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Textura y propiedades químicas de los horizontes mayores de Luvisoles del grupo CONEAT 7.32

Horizonte	Textura	pH	C org., %	N total, %	CIC	BT	V, %
A	FAr	5,0 – 5,3	0,5 – 2,0	sd	5 – 8	3 – 5	45 – 60
B	AcAr	5,1 – 5,5	0,3 – 1,0	sd	10 – 15	5 – 8	30 – 60
BC - C	FAcAr	5,3 – 6,5	<0,1 – 0,2	sd	6 – 13	7 – 12	75 – 90

Nota: ver significado de abreviaturas y unidades en que se expresan CIC y BT en notas de pie de página del cuadro 1. sd = sin datos

Como suelos asociados existen algunos cuya morfología es comparable a la de los suelos dominantes, pero cuyo horizonte B es muy poco desarrollado, tanto en su espesor como en el grado de iluviación de arcilla, reflejado en una textura más liviana. Estos suelos son muy fuertemente ácidos y se clasifican como Acrisoles. Un ejemplo se observa en la figura 19, si bien se trata de un perfil de color más oscuro que lo habitual en estos suelos.



Figura 19. Acrisol oscuro con horizonte B delgado y muy débilmente desarrollado (inmediatamente por debajo del horizonte oscuro). Este suelo muy ácido y desaturado ocurre como asociado a los Luvisoles dominantes del grupo 7.32.

Además de Acrisoles como el de la figura 19, en el grupo 7.32 ocurren también como suelos asociados Inceptisoles Úmbricos similares a los dominantes del grupo 7.2.

Los suelos 7.32 integran la unidad Tacuarembó de la Carta de Reconocimiento de Selos a escala 1:1 000 000 (DSF/MAP, 1976).

Suelos 7.42

Estos suelos ocurren en áreas menores y muy localizadas en tierras adyacentes al Río Tacuarembó y algún otro curso de agua.

El material parental está constituido por areniscas de Tacuarembó retransportadas.

El relieve es de lomadas suaves con pendientes de hasta 3% y parecen corresponder a una terraza antigua y modelada por erosión subaérea.

Los suelos dominantes son Luvisoles Úmbricos Albicos muy profundos, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa y estructura muy débil. Se asemejan a los suelos del grupo 7,32 pero son notoriamente más hidromórficos. Son suelos algo pobremente drenados y de permeabilidad muy lenta.

Por razones de escala, estos suelos integran la unidad Río Tacuarembó de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1:1 000 000 (DSF/MAP, 1976), aunque su posición geomorfológica difiere de la común a las tierras de esa unidad.

1.2.4 Aptitud forestal de los suelos

En este apartado se revisan los conceptos vigentes en el país referidos a la aptitud forestal de los suelos y su evaluación porque la gestión sustentable de los bosques y del recurso suelo en el que se plantan están en la base de un sistema productivo eficiente y a la vez cuidadoso del medio ambiente.

Uno de los principios básicos de todo sistema de producción amigable con el medio ambiente, que asegure la sostenibilidad de la capacidad productiva del suelo, es el de utilizar este recurso de manera consistente con su aptitud intrínseca para el uso previsto, evaluando cuidadosamente sus limitaciones y los riesgos de dañar su productividad futura para los diversos usos posibles a que pueden dedicarse el suelo.

La política forestal del Uruguay ha procurado que los bosques de rendimiento, que constituyen prácticamente la totalidad de los implantados desde el inicio de su vigencia, se plantaran en terrenos de buena aptitud productiva para la forestación conforme a lo dispuesto por el art. 5° de la ley 15.939 y al art. 3° del Decreto 452/988, toda vez que la aptitud de los suelos es un elemento básico para asegurar una buena productividad de ese tipo de bosque.

En el art. 3° de la ley 15.939 (**Concepto de aptitud forestal**), se establece que para determinar la aptitud forestal de un suelo se tendrá presente **que sus condiciones permitan un buen crecimiento de los bosques, con una buena capacidad de enraizamiento y adecuado drenaje, y que sean de baja fertilidad natural.**

La designación de terrenos forestales recoge criterios de la definición de prioridad forestal establecidos por el Decreto 894/971 del 20 de diciembre de 1971, durante la vigencia de la anterior Ley Forestal. Es conveniente por lo tanto analizar cuál ha sido la evolución histórica del concepto de **terrenos forestales** y de **suelos de prioridad forestal**, lo que se expone seguidamente.

Los suelos de prioridad forestal así declarados por el Decreto 894/971 – primero en establecer este concepto – ocupaban una superficie total de 1:809.896 ha (10,6% del territorio) e incluían la totalidad de los grupos CONEAT 7., 8., 9., 07 y, parcialmente, 09. y S09. tal como se les definió posteriormente a dicha norma. Una síntesis de las propiedades de esos grupos pone en evidencia que los suelos de prioridad forestal eran, **de manera muy predominante**, profundos, de textura liviana (franco arenosa o más gruesa) y fertilidad baja, aunque en las zonas 8 y 9 algunos suelos son algo más pesados (francos a franco arcillo arenosos y de fertilidad media hasta algo alta).

El listado fijado por el Decreto 452/988 lleva la superficie de suelos de prioridad forestal a 2:313.513 ha (13,5% del territorio), al incorporar otros grupos 09. y S09., el 5.01c y una parte de los suelos 2.11a y 2.12 situados en los Departamentos de Florida, Maldonado y Lavalleja.

El Decreto N° 26/993 incorporó a las tierras de prioridad forestal los grupos 09. y S09. aún no incluidos y la totalidad de los grupos 2.12a y 2.12, llevando el área de prioridad a 3:574.573 ha (20,9% del territorio).

El análisis precedente pone de manifiesto que una de las orientaciones de la política forestal a lo largo de más de 30 años y hasta el 2005 fue el incremento de los tipos de suelos de prioridad forestal y la consiguiente ampliación de la superficie definida como de prioridad forestal. En tal sentido, entre 1971 y 1993 dicha superficie se incrementó

en 1:764.677 hectáreas o, en otros términos, el área de prioridad se multiplicó por 1,98 es decir que virtualmente se duplicó.

Aún si se considera solamente el período de vigencia de la Ley 15.939, el área de prioridad forestal aumentó un 54,5% en un plazo de 5 años, llegando a ocupar en la actualidad 1/5 del territorio nacional.

Con relación a la aptitud forestal propiamente dicha de los suelos, la política forestal del Uruguay maneja dos conceptos complementarios pero diferentes:

1. Aptitud forestal: definición técnica.
2. Prioridad forestal: definición política o jurídica.

La segunda se basa en la primera y su objetivo es el ordenamiento de las plantaciones forestales promovidas por la ley en el marco físico del territorio en función de la aptitud del suelo y la reducción de la competencia con usos alternativos. Esta afirmación es extremadamente importante porque contiene dos conceptos esenciales, complementarios uno del otro y por lo cual la ignorancia de cualquiera de ellos priva de toda relevancia al otro como criterio de política sectorial coherente con sus objetivos.

En materia de aptitud forestal de los suelos del Uruguay se pueden mencionar varios antecedentes cuyas conclusiones y recomendaciones son virtualmente coincidentes en cuanto a la valoración de los suelos para la producción forestal, según se expone seguidamente.

1.2.4.1 CIDE

El primer antecedente significativo es el formulado en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Agropecuario y Social del Ministerio de Ganadería y Agricultura (CIDE, 1967). Con referencia a las tierras de uso forestal, la CIDE solamente incluyó una breve recomendación que ocupa menos de ½ página en un texto de 85 páginas. Dicha recomendación se transcribe literalmente a continuación.

No se ha hecho una región especial para las tierras forestales, por no ser posible separarlas a la escala de este trabajo. Sin embargo se entiende que deben considerarse como tierras forestales:

- ***Las dunas arenosas del litoral e interior.***
- ***Las áreas serranas donde predominen suelos muy profundos con perfil poco diferenciado y con buen drenaje, tal como se encuentran en la región serrana del Este (zona 2), en la falda este de las cuchillas de Haedo y Negra, y en menor proporción en otras zonas, principalmente donde ya existen bosques serranos.***
- ***Tierras muy arenosas con horizonte A muy profundo, tal como se encuentran en la zona 7 principalmente y en menor proporción en 8 y 9 a-b.***
- ***Tierras bajas, con drenaje muy pobre, y aún aquellas con drenaje pobre donde se ha instalado el bosque ribereño.***

Las recomendaciones posteriores en materia de aptitud forestal de los suelos no se apartan mayormente de la propuesta de la CIDE, aunque en esta se incluyeron tierras con cobertura de bosque indígena que con posterioridad, y desde hace ya tiempo, están regidas por normas legales de protección, lo que impide su sustitución por bosques artificiales o cultivos e incluso la corta para transformarlas en tierras de pastoreo.

La comparación de las cartas modernas de suelos con el croquis general de la CIDE permite visualizar que los suelos de prioridad forestal definidos actualmente son virtualmente los mismos que definió la CIDE, con las excepciones mencionadas en el párrafo precedente.

1.2.4.2 Dirección de Suelos y Fertilizantes

En esta segunda contribución sobre la definición de la aptitud forestal de los suelos del país (Sganga, 1980) se señala que el crecimiento de un árbol es el resultado de la interacción del suelo, el clima y los factores bióticos en un sistema complejo: el sitio forestal. Ese crecimiento es mensurable y permite valorar la calidad del sitio, apreciar su productividad y decidir sobre el uso a dar a la tierra, y al respecto se expresa que las tierras definidas como de uso forestal tienen poca aptitud para otros usos y permiten, además de la obtención del producto forestal, que el árbol ejerza su acción sobre el medio, estabilizando el paisaje, regulando el escurrimiento, acelerando la edafogénesis y facilitando la penetración del agua en el suelo hacia estratos profundos. Aunque en esta etapa no se avanzó en la medición cuantitativa de los índices de calidad de sitio, se puso de relieve su importancia a la vez que se hizo énfasis que el suelo es un factor importante en la determinación de la calidad de sitio, pero no el único. Aparte del clima y los factores bióticos ya mencionados, influyen también en la determinación del valor de un sitio otros factores como el relieve (altitud, exposición) y la geología (naturaleza física, litológica y mineralógica del sustrato).

Sobre la base de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1 000 000, Sganga (1980) realizó una interpretación de la aptitud forestal de los suelos del país. La definición básica establece que las especies forestales se desarrollan naturalmente en suelos de textura por lo general gruesa, desaturados en bases y por lo tanto de reacción ácida, que son por lo tanto las condiciones recomendables para instalar un monte en un sitio que nunca lo tuvo. Las condiciones indicadas son más necesarias para coníferas que para latifoliadas, pero en términos generales son válidas para ambas. Asimismo, el agua disponible es muy importante en la definición de la calidad del sitio en lo que influyen tanto la capacidad de retención de agua del suelo y subsuelo como la facilidad para el enraizamiento que permita al árbol acceder al agua, aún en capas profundas.

Tomando en consideración estos conceptos básicos, el autor citado estableció que los suelos de mejor aptitud forestal del Uruguay son:

- Luvisoles y Acrisoles.
- Argisoles, Planosoles y Brunosoles de clases dístricas o subéutricas y textura más o menos o arenosa.
- Arenosoles, Fluvisoles, Inceptisoles y Gleysoles e Histosoles (no salinos).

Las clases de aptitud forestal definidas por la Dirección de Suelos son las siguientes:

Clase I (Muy apta). Suelos de productividad forestal alta, sin limitaciones para un gran número de especies y de preparación poco dificultosa del suelo. Incluye la mayoría de los Acrisoles y Luvisoles y las clases dístricas de otros Grandes Grupos.

Clase II (Muy apta con escasas limitaciones). Suelos de productividad media y alta, con algunas limitaciones para la elección de especies (textura muy arenosa, exceso de agua, fertilidad muy baja, pendientes muy fuertes o escarpadas). Son Arenosoles, Inceptisoles, Fluvisoles y algunos Acrisoles y Luvisoles con propiedades menos favorables que los de la clase I.

Clase III (Apta). Suelos de productividad media, con limitaciones por su *solum* delgado, baja disponibilidad de agua y/o preparación dificultosa por rocosidad y pendientes fuertes. Son mayormente Inceptisoles y Brunosoles Subéutricos francos o más arenosos, poco profundos y situados en relieves serranos o de colinas escarpadas.

Clase IV (Apta con limitaciones). Suelos de productividad media a baja, con limitaciones más severas para la elección de especies por exceso de humedad (tierras bajas y bañados). Son Gleysoles e Histosoles no salinos.

Clase V (Poco apta). Suelos de productividad baja por una o más de las siguientes limitaciones: contacto lítico (roca firme) a poca profundidad, salinidad o alcalinidad sódica o por presencia de carbonato de calcio, textura fina en todo el perfil u horizonte A de textura adecuada pero de menos 25 de espesor sobre un horizonte B arcilloso.

Los suelos de las clases I a IV no tienen uso alternativo agrícola, salvo algunos de las clases I y II, pero la mayoría son moderadamente aptos para la ganadería, excepto los de la clase IV que tienen baja o muy baja aptitud tanto agrícola como ganadera. La clase V incluye suelos muy diversos, entre ellos los de mayor aptitud agrícola o ganadera, aunque los suelos superficiales, los salinos y los sódicos son de muy baja aptitud para tales usos.

Dirección de Suelos y Aguas – RENARE/MGAP

La contribución más reciente (aunque sin fecha) sobre aptitud forestal de los suelos del Uruguay es una actualización con modificaciones menores de la clasificación de Sganga (1980). Esta clasificación agrupa a los suelos también en cinco clases muy similares a las definidas por dicho autor según se indica seguidamente:

Clase I: Tierras muy aptas.

Clase II: Tierras aptas con escasas limitaciones.

Clase III: Tierras aptas con moderadas limitaciones.

Clase IV: Tierras aptas con severas limitaciones.

Clase V: Tierras no aptas.

En la figura **X** se observa el mapa de clases de aptitud forestal de los suelos según esta clasificación. En tierras muy aptas (Clase I) se incluyen los grupos CONEAT 7. pero solamente una parte de los grupos 9 y una proporción aún menor de los grupos 8, lo cual permite concluir que el nivel de exigencia para clasificar suelos en la Clase I es muy estricto. Los restantes grupos CONEAT quedan incluidos en su casi totalidad en las tierras aptas con escasas limitaciones de la Clase II. Casi ningún grupo de prioridad forestal está fuera de las Clases I y II, con la excepción del 9.5, correspondiente a la unidad Cuchilla del Corralito que se incluye en las tierras aptas con moderadas limitaciones (Clase III).

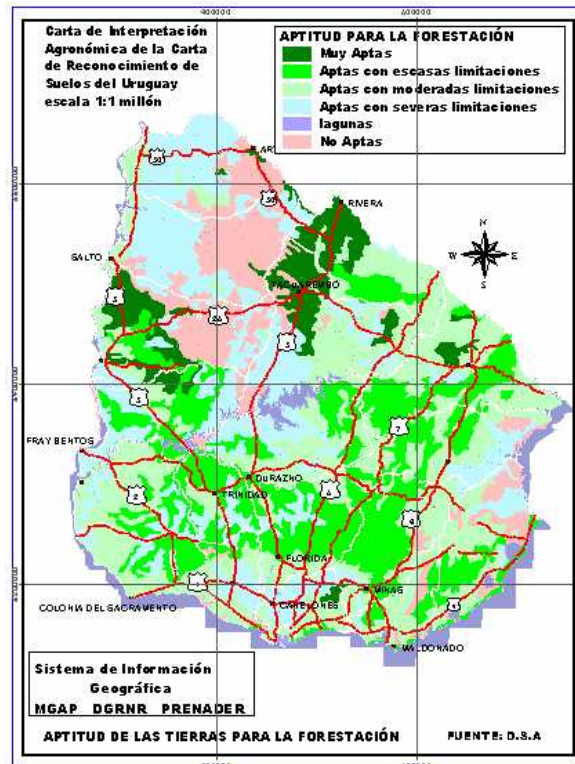


Figura 20. Mapa de aptitud forestal de los suelos del Uruguay (Dirección de Suelos y Aguas, sin fecha)

Las sucesivas evaluaciones de la aptitud forestal de los suelos del Uruguay permite extraer la siguientes conclusiones.

1. Los suelos de las unidades Rivera (7.31), Tacuarembó (7.32), Cuchilla Corrales (7.33) y Tres cerros (7.41), así como el 7.2 y 7.42 que pertenecen a alguna de las anteriores fueron siempre clasificados en la clase de mayor aptitud y nunca se han levantado opiniones técnicas en contrario.
2. Los suelos de las unidades Chasicuy (9.2 y 9.6) y Algorta (9.3) fueron definidas en todas las evaluaciones a lo largo de casi 40 años como tierras muy aptas para la forestación ya que incluso la CIDE las consideró recomendables.
3. Los suelos de las unidades Tres Bocas (09.3) y Cuchilla del Corralito (9.5) fueron considerados muy aptos (clase I) por la Dirección de Suelos en 1980, pero se reclasificaron como aptos con limitaciones escasas (clase II) y aptos con limitaciones moderadas (clase III) respectivamente en la última aproximación.
4. Los suelos de las unidades Paso Palmar (9.1 pp) y Bacacúa (9.1 pp, 9.7 y 9.9) se incluyeron en la clase III en 1980 pero luego se incorporaron a la clase II.
5. Los suelos de las unidades Zapallar (8.5) y Las Toscas son los únicos de la zona 8 considerados de aptitud forestal muy alta, en tanto que los restantes grupos 8. se clasifican como aptos con escasas limitaciones.
6. Finalmente, el mapa **X** muestra que hay grandes extensiones de tierra al sur del Río Negro, tanto el este como en el centro o en el oeste del país que se clasifican como aptas con escasas limitaciones (Clase II) que no tienen ni tuvieron nunca prioridad forestal.

1.2.4.5 Propuesta de clasificación para las plantaciones de Forestal Oriental

Cualquiera sea la clasificación considerada, el criterio para evaluar la aptitud forestal de los suelos fue siempre la interpretación de las propiedades morfológicas, físicas y químicas y las características asociadas como pendiente, rocosidad y pedregosidad. No ha habido en el país hasta fecha muy reciente investigación sobre el tema que permitiera desarrollar criterios más precisos, basados en la medición del crecimiento o productividad forestal bajo condiciones controladas, y relacionar el crecimiento con propiedades mensurables de los suelos y su entorno geomorfológico y climático. O, dicho en otros términos, no se habían desarrollado índices de calidad de sitio para definir la aptitud forestal con mayor precisión en ninguna de las clasificaciones reseñadas.

Los índices de sitio, como parámetro de evaluación de la aptitud forestal de la tierra, forman parte del proceso de interpretación de los suelos con fines pragmáticos para satisfacer las necesidades conforme a un objetivo definido por el usuario del recurso. El proceso de desarrollo de las interpretaciones para un uso específico de la tierra sigue la metodología científica como todo otro proceso de los levantamientos de suelos. El especialista (o grupo de especialistas) revisa la bibliografía, entrevista expertos, observa el comportamiento del suelo bajo el uso específico en consideración, desarrolla un conjunto de criterios utilizando las propiedades básicas del suelo, verifica los criterios y finalmente adopta el sistema de evaluación del suelo adecuado. Este proceso casi nunca es estático ya que al generarse nuevas tecnologías los criterios en uso deben ser reevaluados y eventualmente modificados.

Las interpretaciones de suelos constituyen un paradigma sobre cómo los suelos responden a un uso específico y se comportan bajo un manejo determinado y son por lo tanto modelos que emplean las propiedades básicas del suelo y generan resultados que permiten anticipar el comportamiento del recurso y predecir resultados con la mayor precisión posible, de acuerdo al nivel de conocimiento existente.³

Como las interpretaciones se desarrollan casi siempre como respuesta a necesidades del usuario, el proceso de interpretación debe incluir información (*inputs*) del usuario y de profesionales de otras disciplinas. La retroalimentación del proceso por parte del usuario es un componente crucial del proceso iterativo de refinamiento de cualquier interpretación específica.

Los suelos pueden ser evaluados o clasificados según diversos factores, tales como susceptibilidad a la compactación mecánica o al desplazamiento durante las operaciones silvícolas, limitaciones resultantes de la quema, riesgos de enfermedades y plagas de origen edáfico y limitaciones impuestas por algunas propiedades específicas del suelo tales como humedad excesiva. El manejo de los árboles comienza por “comprender” al suelo en el que crecen o crecerán los árboles, y los estudios de suelos suministran información que puede usarse efectivamente en el manejo de las tierras forestales, por ejemplo:

- Riesgo de erosión en la preparación del suelo o luego de operaciones de cosecha, por incendios o por sobrepastoreo.
- Limitaciones – temporarias o permanentes – en el uso de equipos debidas a la pendiente, existencia de fragmentos rocosos en la superficie, humedad o textura del suelo superficial.

³ Soil Survey Division Staff (1993) Soil Survey Manual. Handbook N° 18. United States Department of Agricultura.

- Mortalidad de plántulas debida a propiedades del suelo, tales como sequedad, drenaje inadecuado, exposición de pendientes, etc.
- Riesgo de caída de árboles, originado por propiedades del suelo que aumentan la probabilidad de que los árboles sean desarraigados por acción del viento debido a una profundidad insuficiente que no permite el anclaje adecuado de las raíces.
- Especies a plantar; es una lista de las especies más adaptadas para la producción del cultivo forestal.

Sobre la base de los conceptos expuestos de índices de sitio, se han desarrollado estudios específicos en las plantaciones de Forestal Oriental de la Región Sedimentaria Centro Oeste (Herbert, 2005) que aportan conocimiento básico para guiar la toma de decisiones en materia de producción forestal con el propósito de utilizar los suelos de mejor aptitud, con las especies y variedades más adaptadas, para generar los productos deseados con el nivel tecnológico más adecuado, dentro del marco legal en cuanto a las definiciones de terrenos forestales y de aptitud y prioridad forestal de los suelos.

Los conocimientos generados se han aplicado para evaluar de igual manera la aptitud forestal de los suelos de las plantaciones de la empresa en la Región Sedimentaria del Noreste (Departamento de Tacuarembó).

Como principio general se acepta que las exigencias de los árboles en materia de sitio son:

- Temperatura:
 - Actividad fisiológica, fotosíntesis
 - Daños por heladas
- Nutrición:
 - Desarrollo vegetal (generalmente no es crítica en Uruguay)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Agua <ul style="list-style-type: none"> ➢ Evaporación ➢ Desarrollo del área foliar ➢ Demanda vs suministro • Estabilidad mecánica <ul style="list-style-type: none"> ➢ Profundidad de arraigamiento, |
|---|

Las exigencias o requisitos de los árboles en Uruguay son particularmente importantes con relación a las características incluidas en el recuadro.

A su vez, los parámetros principales de los suelos que inciden de manera decisiva en la calidad del sitio son los que afectan más directamente esos requisitos y que se presentan seguidamente.

- Profundidad efectiva de arraigamiento
- Textura del suelo:
 - Capacidad de retención de agua del suelo

- Naturaleza de la saprolita (material del horizonte C del suelo)
 - Capacidad de retención de agua del suelo
 - Friabilidad o consistencia (volumen de arraigamiento)
- Clase de drenaje natural
 - O₂ para un enraizamiento intenso y rápido
- Contenido de carbono orgánico
 - N, P, consistencia, estabilidad de agregados

En la evaluación de la aptitud de los suelos de las plantaciones de Forestal Oriental se emplean los siguientes criterios.

Parámetros litológicos

Los atributos de la litología del sustrato rocoso de mayor importancia para la evaluación son el espesor de los sedimentos, la profundidad de meteorización (que determina su consistencia y penetrabilidad), el drenaje interno (permeabilidad), la dureza y toda eventual cementación por hierro, calcáreo o sílice, y el tipo de arcilla (kanditas, micas, esmectitas). Las propiedades enumeradas ejercen una fuerte influencia sobre la profundidad de enraizamiento potencial que determina el anclaje del árbol y la exploración de agua.

Las litologías existentes en las explotaciones de FOSA son fundamentalmente areniscas cretácicas, jurásicas y pliocénicas. Se incluyen asimismo en proporción menor otras formaciones, sedimentarias (Fray Bentos) o efusivas (Arapey), aparte de aluviones modernos en tierras bajas.

La calidad de estas litologías como medio de arraigamiento para los árboles se evalúa mediante aquellas propiedades que determinan la mayor o menor penetrabilidad por las raíces, tales como el espesor, la dureza, la granulometría y la porosidad.

Como resultado del análisis de cada formación litológica sobre la base de esas propiedades, se las ha clasificado por calidad en tres clases (buena, moderada y pobre). En esa clasificación, que se expone en el cuadro 11, las clases extremas se definen de la manera siguiente:

- Buena: profunda, blanda, grano fino, porosa
- Pobre: superficial, dura, grosera, masiva

Cuadro 11. Influencia de la litología del material parental de los suelos sobre el arraigamiento de los árboles

Formación	Facies	Calidad		
		Buena	Moderada	Pobre
Rivera	Arenisca friable	x		
Cuchilla del Ombú	Arenisca friable	x		
Tacuarembó	Arenisca arcillosa	x		
Guichón	Arenisca arcillosa	x		
Asencio	Yapeyú	x		
Salto	Arenisca friable	x		
Actual	Depósitos recientes	x		
Mercedes	Arenisca arcillosa	x	x	
Guichón	Arenisca Si/Ca		x	
Salto	Cantos rodados		x	
Asencio	El Palacio		x	x
Mercedes	Conglomerado		x	x
Tacuarembó	Arenisca Si			x
Salto	Arenisca Si			x
Mercedes	Arenisca Si/Ca			x

Se observa que las litologías más favorables son las areniscas no cementadas ni endurecidas, de granulometría fina a media y bajo contenido de gravas y fragmentos más gruesos. En el extremo opuesto se agrupan las areniscas cementadas duras y los conglomerados de fragmentos gruesos.

Parámetros edafológicos

Los parámetros del suelo más relevantes a efectos de definir índices de calidad de sitio forestal son los enumerados seguidamente:

- Profundidad y textura del suelo
 - Capacidad de retención de agua
- Naturaleza de la saprolita (horizonte C del suelo)
 - Friabilidad (volumen de arraigamiento)
 - Estructura (dureza, penalidad)
 - Drenaje natural (reflejado en colores característicos: rojo, amarillo, gris)
 - Profundidad (acceso al agua almacenada en horizontes profundos)
- ▶ Sumatoria de propiedades del suelo + propiedades de la saprolita

Los parámetros edafológicos indicados constituyen de hecho la base sobre la que se definió el concepto de aptitud forestal (art. 3º de la ley 15.939) que establece que para determinar la aptitud forestal de un suelo se tendrá presente **que sus condiciones**

permitan un buen crecimiento de los bosques, con una buena capacidad de enraizamiento y adecuado drenaje, y que sean de baja fertilidad natural. Esos atributos se asocian a las principales propiedades de los suelos desarrollados sobre las litologías más favorables definidas arriba, ya que las areniscas cretácicas, jurásicas y pliocénicas dan origen mayormente a suelos de textura franco arenosa, bien a moderadamente bien drenados, con horizonte A espeso, buena penetrabilidad para las raíces y de fertilidad baja a media.

En el cuadro 12 se presenta un resumen de las propiedades de los grupos de suelos CONEAT estudiados en las tierras de Forestal Oriental y su aptitud para el crecimiento forestal, ordenados según su aptitud decreciente. Las propiedades consideradas son las de mayor influencia sobre la penetración de las raíces y del agua, el drenaje interno, el grado de meteorización del substrato rocoso y algunas características asociadas como la pedregosidad superficial y la presencia de afloramientos en forme de cornisas o escarpas, comunes en algunas areniscas cretácicas y jurásicas.

Cuadro 12. Profundidad y propiedades del substrato de los grupos de suelos CONEAT de las plantaciones de Forestal Oriental en las Regiones Sedimentarias Centro Oeste y Noreste

Grupo CONEAT	Clase	Profundidad de suelo efectiva	Observaciones
7.31	1	Ultra profunda – sin restricciones	Sin limitaciones significativas, horizonte C en general muy meteorizado
7.32	1	Ultra profunda – sin restricciones	Algún exceso de agua en horizontes B/C de duración limitada, drenaje algo inferior al ideal, C bien a ligeramente meteorizado
9.6	1	Ultra profunda – sin restricciones	Algún exceso de agua en horizontes B/C, drenaje y profundidad buenos en términos generales, C muy meteorizado
09.3	2	Ultra profunda	Napa de agua colgada ocasional, gravas
7.41	2	Muy profunda	Algún exceso ocasional de agua en horizontes B/C
9.5	2	Muy profunda	Exceso de agua estacional, posiciones topográficas al pie de pendiente
9.3	3	Profunda	Exceso de agua estacional, horizonte B arcilloso muy firme
7.42	3	Muy profunda	Exceso de agua en horizontes B/C de duración moderada
7.2	4	Moderada	Roca poco meteorizada pero no impenetrable, algunas restricciones al enraizamiento
9.2	4	Moderada	Roca fisurada, pedregosidad, restricciones al enraizamiento
9.1	4	Superficial	Estrato rocoso a veces impermeable, escarpas, riesgo de sequía
7.1	5	Muy superficial	Estrato rocoso impenetrable, escarpas, laderas de pendiente muy fuerte, riesgo de sequía

Los grupos de suelos 7.31, 7.32 y 9.6, son los que poseen mejores propiedades relativas al arraigamiento y almacenamiento y circulación del agua en profundidad, seguidos por los grupos 09.3, 7.41 y 9.5 y 9.3 que poseen algunos excesos de agua ocasionales. En tercer lugar se ubican los suelos 9.3 y 7.42 que poseen mayores excesos de agua y el primero de ellos además, un horizonte B muy compacto, poco favorable para el desarrollo radicular.

Las propiedades químicas de los suelos enumerados no son casi nunca limitantes para el crecimiento forestal, aunque algunos de ellos son de fertilidad extremadamente baja, lo que puede afectar en alguna medida el estado nutricional de las plantaciones.

Las fotografías incluidas a continuación permiten visualizar las características de los suelos considerados, tanto las que favorecen a los cultivos forestales como las que los limitan, en el caso de las especies consideradas que son solamente eucaliptos.



(a)



(b)

Figura 21. Suelos de la clase 1 con muy buena profundidad de meteorización y desarrollo del perfil y sin horizontes restrictivos para el movimiento del agua: (a) suelo del grupo 7.31 (Acrisol sobre areniscas jurásicas); (b) suelo del grupo 9.6 (Brunosol sobre arenisca de Guichón).



(a)



(b)



(c)

Figura 22. Suelos de clase 4 con aptitud limitada por restricciones al arraigamiento. (a) y (b): suelos pertenecientes al grupo 9.1 con alto contenido de fragmentos líticos que restringen el enraizamiento y la retención de agua en el *solum*; (c) suelo asociado en el grupo 7.32 con arenisca poco meteorizada a profundidad moderada y por encima de ella una línea de cantos rodados que indican que se trata de un suelo transportado.



(a)



(b)

Figura 23. Suelos con limitaciones al enraizamiento debido a la presencia de un horizonte B muy compacto y de estructura gruesa, poco penetrable, que también limita la percolación del agua y genera saturación del horizonte A durante períodos lluviosos; son suelos algo pobremente drenados.

La clasificación precedente por aptitud de uso forestal no incluye algunos criterios de máxima importancia para definir las normas técnicas que deben seguirse al planificar el uso sustentable del suelo en las plantaciones forestales, particularmente lo relacionado a la prevención y control de la erosión que es el principal riesgo ambiental a que están sometidos los suelos del país. Este aspecto se desarrollará en el siguiente informe, al considerar los impactos identificados o esperables y las prácticas para su prevención o mitigación.

Bibliografía

- ANTÓN, D. (1974) Informe acerca de la Cronoestratigrafía del Cuaternario del Uruguay. Mecanografiado.
- ANTÓN, D. (1975a) La Génesis del Relieve del Uruguay. In: Simposio del Cuaternario del Uruguay, 1°. Melo.
- ANTÓN, D. (1975b) Evolución Geomorfológica del Norte del Uruguay. Ministerio de Ganadería y Agricultura, Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- ANTÓN, D. (1975c) Relaciones Existentes entre las Superficies de Aplanamiento y los Suelos en el Uruguay. In: Simposio del Cuaternario del Uruguay, 1°. Melo.
- ANTÓN, D. (1997) Geología y Geomorfología. In: Avances del Plan Director – Reserva de Biosfera Bañados del Este, pp 37-46. PROBIDES – AECI/PNUD/GEF. Rocha.
- ANTÓN, D. Y PROST, M. T. (1975) Observaciones sobre Formaciones Cuaternarias del Borde Occidental de Sierra de Animas (sur de Uruguay). Ministerio de Ganadería y Agricultura. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- CHEBATAROFF, J. 1951a. Regiones Naturales del Uruguay y de Río Grande del Sur. Revista Uruguaya de Geografía, 2 (4): pp. 5-40.
- CHEBATAROFF, J. 1951b. Rasgos Geomorfológicos del Territorio Uruguayo. Revista Uruguaya de Geografía, 2(5): pp. 5-28.
- CIDE. 1967. Los Suelos del Uruguay, su Uso y Manejo. Ministerio de Ganadería y Agricultura, Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Montevideo.
- DSF/MAP. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1 000 000. Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- DURÁN, A. 1991. Los Suelos del Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. 398 pp.
- DURÁN, A. 2005. Aptitud y prioridad forestal de suelos del Uruguay. Clasificación por aptitud y definición de índices de calidad de sitio. Informe de Consultoría para Forestal Oriental S.A. 32 pp.
- DURÁN, A., CALIFRA, A. Y MOLFINO, J. H. 2005. Aplicación de la Taxonomía de Suelos en Clasificación y Cartografía Edafológica en el Uruguay. 1ª Reunión Uruguaya de la Ciencia del Suelo. Colonia.
- ECOCHARD, M. 1970a. Informe Geomorfológico sobre el Relevamiento Detallado de las Hojas a Escala 1:50 000 de Santa Teresa y Los Indios (departamento de Rocha). Ministerio de Ganadería y Agricultura. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- ECOCHARD, M. (1970b) Informe Geomorfológica sobre el Levantamiento de la Zona de Salto Grande (Departamento de Salto). Ministerio de Ganadería y Agricultura, Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- GIUFFRA, E. (1935) La República del Uruguay. A. Monteverde & Cía. Montevideo.
- HERBERT, M. 2005. An overview of forestry sites across FOSA holdings in Soriano, Paysandu and Rio Negro. Prepared for Forestal Oriental S.A. Versión en CD.

- MOLFINO, J. H. Y CALIFRA, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay. Segunda aproximación. División Suelos y Aguas. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca .
- MONTAÑA, J. R. Y BOSSI, J. 1995. Geomorfología de los Humedales de la Cuenca de la Laguna Merín en el Departamento de Rocha. PROBIDES, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 32 pp.
- PANARIO, D. 1986. Geomorfología del Uruguay. In: Elementos del Ciclo Hidrológico. Carta Hidrogeológica a Escala 1:2 000 000. Ministerio de Industrias y Energía. DINAMIGE; Montevideo.
- SACCO, G. 1976. Étude Semi-détaillé des Luvisols et Acrisols sur Grés de Tacuarembó. Thèse.
- SGANGA, J. C. Y PANARIO, D. 1974. Relevamiento edafodasológico del valle del Río Uruguay. Hoja Salto. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes, Dirección General de los Servicios Agronómicos. Montevideo.
- SGANGA, J. C. 1980. La aptitud forestal de los suelos del Uruguay. Bol. Tec. N° 6. Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- SILVA, A., PONCE DE LEÓN, J., GARCÍA, F., Y DURÁN, A. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua en los suelos del Uruguay. Bol. Inv. N° 10. Fac. Agron., Montevideo.
- SOMBROEK, G. W. (1969) Soil Studies in the Merim Lagoon Basin. LM 131, CLM/UNDP/FAO, Treinta y Tres. 325 pp.