

CLASIFICACION HIDROLOGICA DE LOS SUELOS DEL URUGUAY

A. Durán

Aceptado: 25 de febrero de 1997.

RESUMEN

Se clasificaron tentativamente los suelos dominantes de la Carta de Reconocimiento del Uruguay en Grupos Hidrológicos (GH) según la metodología del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de EE.UU. Al no existir información sobre relaciones entre precipitación y escurrimiento, la clasificación se apoyó mayormente en la morfología del perfil: secuencia de horizontes, textura y estructura de los mismos y colores de matriz, moteados y presencia de concreciones de Fe y Mn indicativos de fenómenos redoximórficos. La estimación de la permeabilidad y el drenaje de los suelos a partir de la morfología y del conocimiento de su régimen hídrico fueron las bases de la clasificación. Los resultados indican que son muy escasos los suelos del Grupo A, limitados a Arenosoles (Psamments) o suelos muy gravillosos. El Grupo B (24 suelos) incluye principalmente Brunosoles Subéutricos (Udolls), casi siempre moderadamente bien a bien drenados. El Grupo C (68 perfiles) incluye mayoritariamente Brunosoles Eutricos y Subéutricos (Udolls) y Argisoles (Udolls y Udalfs), de drenaje moderadamente bueno hasta algo pobre, con subsuelo de textura fina. El Grupo D (63 perfiles) incluye a todos los Vertisoles, Planosoles (Albolls y Aqualfs), Gleysoles (mayormente Aquolls y Udolls) y suelos solonézicos (Aqualfs), casi todos los Litosoles (Lithic Orthents y Udolls) y algunos Brunosoles (Udolls); el drenaje varía desde moderadamente bueno hasta pobre. La clasificación alcanzada se ajusta razonablemente bien a la información disponible sobre velocidad de infiltración y conductividad hidráulica de algunos suelos. La comparación con suelos conocidos de EE.UU. y clasificados hidrológicamente sobre bases más sólidas no ha puesto de manifiesto contradicciones evidentes entre los criterios usados en dicho país y en Uruguay para asignar cada suelo al GH correcto.

PALABRAS CLAVE: clasificación, grupos hidrológicos, escurrimiento, infiltración, conductividad hidráulica.

SUMMARY

CLASSIFICATION IN HYDROLOGIC GROUPS OF SOIL OF URUGUAY

Dominant soils of the mapping units of the Reconnaissance Soil Map of Uruguay were tentatively classified in hydrologic groups (GH) following the procedure developed by the U.S. Soil Conservation Service (SCS). Since information on the relationship between precipitation and runoff is not available yet, the classification is mostly based on soil morphology: horizons sequence, their texture and structure, soil matrix color, mottling and presence of Fe-Mn concretions as indications of redoximorphic phenomena. Estimates of soil permeability and drainage on the basis of profile morphology and the knowledge of the hydric regime support the classification in GH. The results show that only very few soils are included in Group A, mainly Arenosols (Psamments) or very gravelly soils. Group B (24 profiles) includes mainly moderately well to well drained Subeutric Brunosols (Udolls). Group C (68 profiles) includes Subeutric and Eutric Brunosols (Udolls) and Argisols (Udolls and Udalfs), mostly moderately well to somewhat poorly drained, with a fine textured subsoil. Group D (63 profiles) includes all Vertisols, Planosols (Albolls and Aqualfs), Gleysols (mostly Aquolls and Udolls) and solonetzic soils (Aqualfs), most Litosols (Lithic Orthents and Udolls) and a few Brunosols (Udolls); drainage ranges from somewhat excessive to poor. The classification achieved is reasonably consistent with available information on infiltration rate and hydraulic conductivity measurements for some soils. The comparison with known soils of USA, classified in GH with a more scientific basis, has not shown any evident contradiction between the classification criteria used both in US and Uruguay to assign each soil to the correct GH.

KEY WORDS: classification, hydrologic groups, runoff, infiltration, hydraulic conductivity.

CLASIFICACION HIDROLOGICA DE LOS SUELOS DEL URUGUAY

La clasificación de los suelos en GH se utiliza en la determinación de complejos suelo-cobertura empleados en el método del Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU. (SCS) para la estimación del escurrimiento a partir de la precipitación (Mockus, 1972). Los GH constituyen así un insumo fundamental para estudios hidrológicos básicos y aplicados en que intervienen parámetros como lluvia y escurrimiento. Más recientemente, los GH han sido también incorporados como un insumo de la versión actualizada de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (RUSLE), modelo que se emplea para estimar las pérdidas esperadas de suelo por erosión hídrica. En este modelo, el GH al que pertenece cada suelo es tomado en consideración al definir el índice de escurrimiento utilizado en la computación del factor P de la ecuación (prácticas de apoyo) y se introduce al asignar los valores de K que es el factor de erodabilidad del suelo (SWCS, 1993).

Varias propiedades del suelo influyen decisivamente en el proceso de generación de escurrimiento: textura, estructura y espesor de los horizontes del perfil, volumen de poros no capilares, cambio de volumen del suelo en función del contenido de humedad, mineralogía de la fracción arcilla y altura de la napa freática. Cuando el objetivo principal es la estimación del escurrimiento originado por tormentas individuales - por ejemplo, en trabajos de prevención de inundaciones - las propiedades del suelo pueden representarse por un parámetro hidrológico: *la mínima velocidad de infiltración obtenida para un suelo desnudo luego de un mojado prolongado*. Tal parámetro considera tanto la influencia de la superficie del suelo como la de los horizontes del perfil completo del mismo. La influencia de la cobertura del suelo, también decisiva en la determinación del escurrimiento, debe considerarse independientemente.

El parámetro mencionado indica el potencial de escurrimiento de un suelo y es la base cualitativa de la clasificación de todos los suelos en cuatro GH.

La clasificación de los suelos en GH desarrollada por el SCS de EE.UU. es sin duda amplia, aunque los grupos pueden dividirse en subgrupos, si ello es estrictamente necesario y existen bases sólidas para la subdivisión. Las definiciones de los GH se basan en algunos criterios básicos, principalmente lo que se considera como infiltración y transmisión de agua en el suelo.

La *velocidad de infiltración* es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo (en su superficie) y está controlada por las condiciones de la superficie misma. La *velocidad de transmisión* es la velocidad con la que el agua se mueve en el suelo y está controlada por las características de los horizontes del perfil.

En base a éstos criterios, un GH de suelos es un grupo de suelos que poseen el mismo potencial de escurrimiento bajo condiciones similares de tormentas y de cobertura.

Las propiedades que influyen en el potencial de escurrimiento pueden generalizarse expresando que son las que determinan la mínima velocidad de infiltración para un suelo desnudo luego de sometido a un mojado prolongado y cuando no está congelado. Tales propiedades son la profundidad hasta una napa temporariamente alta y la profundidad hasta (un) horizonte(s) muy lentamente permeable(s).

La clasificación en GH del SCS agrupa los suelos en cuatro clases denominadas A, B, C y D y en tres clases duales A/D, B/D y C/D, conforme a los criterios indicados arriba. Las definiciones de las cuatro clases básicas conforme a Mockus (1972) y C. Steven Holzhey (com. per.) son las siguientes:

- Grupo A. (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos con velocidad de infiltración relativamente alta cuando están completamente mojados y que consisten principalmente de arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos poseen una alta velocidad de transmisión del agua.
- Grupo B. Suelos con velocidad de infiltración moderada cuando están completamente mojados. Estos suelos son principalmente profundos a moderadamente profundos, de drenaje moderadamente bueno a bueno y de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos poseen una velocidad de transmisión del agua moderada.
- Grupo C. Suelos con velocidad de infiltración lenta cuando están completamente mojados. Estos suelos tienen generalmente una capa que impide el movimiento descendente del agua o son suelos de texturas moderadamente finas a finas. Estos suelos poseen una velocidad de transmisión del agua lenta.
- Grupo D. (Alto potencial de escurrimiento). Suelos con velocidad de infiltración muy lenta cuando están completamente mojados. Son generalmente arcillas con alto potencial de expansión, suelos con una napa freática alta permanente, suelos con un *argipan* o una capa de arcilla en o cerca de la superficie o suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos poseen una velocidad de transmisión del agua muy lenta.

Los GH duales, A/D, B/D y C/D, se asignan a suelos muy húmedos que pueden drenarse adecuadamente. La primera letra se aplica a la situación drenada y la segunda a la anterior al drenaje (régimen hídrico natural del suelo). Solamente se incluyen en alguna de las clases duales a los suelos calificados como D en su condición natural y cuando su drenaje es factible y práctico de llevar a cabo.

La clasificación de suelos en GH del SCS se basó en información sobre precipitación y escurrimiento en pequeñas cuencas y en datos obtenidos con infiltrómetro. A partir de estos datos se establecieron relaciones entre las propiedades de los suelos y los GH en que ellos se incluían. De hecho, solamente un número limitado de suelos se clasificaron sobre la base de datos reales de precipitación-escurrimiento o de infiltración. La mayoría de los suelos se asignan a un grupo hidrológico dado en base al juicio de edafólogos y correlatores de levantamiento de suelos, quienes se apoyan en el conocimiento de las propiedades relevantes del suelo para tomar sus decisiones. En tal sentido, los técnicos intervinientes clasifican un suelo en un grupo determinado comparándolo con perfiles de suelos ya clasificados y asumiendo que las superficies estaban descubiertas, que había ocurrido la máxima expansión y que la lluvia excedía a la velocidad de penetración del agua en el suelo. Así, la mayoría de los suelos se clasificaron en base a la premisa de que suelos similares en profundidad, contenido de materia orgánica, estructura y grado de expansión al estado saturado responderán de manera esencialmente similar durante una tormenta de intensidad excesiva.

Mockus (1972) señala que la clasificación de un suelo en un grupo hidrológico dado puede verificarse si el suelo es el único en una cuenca y se dispone de datos de precipitación-escurrimiento en suelo desnudo para un período suficiente de tiempo. Las verificaciones así realizadas no han llevado a cambios en el grupo hidrológico al que se asigna al suelo en cuestión, lo que ha sido interpretado como una prueba de la validez del procedimiento descrito para clasificar los suelos según su comportamiento hidrológico.

En Uruguay no se han realizado hasta la fecha investigaciones sistemáticas tendientes a clasificar los suelos del país en GH y solamente se dispone de información aislada de los parámetros de infiltración y transmisión de agua para los suelos de algunas áreas específicas.

En los proyectos hidrológicos de obras de regulación hídrica y control de inundaciones se ha aplicado en varios casos la clasificación de suelos en GH, pero de manera no orgánica y considerando solamente los suelos del área de cada proyecto específico. La clasificación así obtenida es exclusivamente relativa y no considera un marco amplio en el que se incluya a los suelos de todo el país, por lo que no es posible comparar el comportamiento hidrológico de los suelos de áreas diferentes. Es incluso imposible verificar si suelos similares han sido clasificados de igual manera en GH por diferentes investigadores o proyectistas.

En el campo específicamente agronómico, el desarrollo de la investigación en conservación de suelos hace necesario también contar con una clasificación sistemática de los suelos del país para aplicar de manera adecuada la RUSLE.

Este estudio tiene el propósito de alcanzar la clasificación preliminar en GH de los suelos dominantes en las 99 unidades representadas en la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1 000 000 (Dirección de

Suelos y Fertilizantes, 1979). Esta actividad puede asimilarse a la que llevara a cabo Puentes (1983) en relación al factor K (erodabilidad del suelo) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE).

MATERIALES Y METODOS

Para asignar cada suelo al GH apropiado se siguió un procedimiento basado en la mayoría de los casos en el estudio de la morfología del perfil y en la interpretación de la permeabilidad y drenaje natural del perfil del suelo en tanto no se dispone de información nacional de precipitación-escurrimiento en cuencas de carácter adecuado. Para ello se recurrió a la información aportada en la memoria descriptiva de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay; adicionalmente se utilizó la información existente para algunos perfiles sobre infiltración y/o permeabilidad, la que se circunscribe mayoritariamente a suelos de las planicies de la cuenca de la Laguna Merín y de las lomadas de los Departamentos de Canelones y Florida. Por lo mismo, la morfología del perfil y su interpretación constituyeron las bases esenciales para la clasificación en GH. Esta situación es similar a la enfrentada por otros autores, como Laya y Amiotti (1980), al trabajar en regiones con carencia de información básica de relaciones precipitación-escurrimiento, lo que ocurre con frecuencia cuando no existe suficiente investigación hidrológica de apoyo.

Las determinaciones de infiltración y conductividad hidráulica, por métodos de campo o de laboratorio, disponibles en el país fueron llevadas a cabo en diferentes momentos y sitios geográficos y con diferentes finalidades por Hoekstra (1969), Ponce de León y Capurro (1980), Kaplán y Ponce de León (1981) y Terzaghi y Sganga (1982).

El procedimiento de clasificación seguido aquí es similar al utilizado en EE.UU., donde existen datos numéricos solamente para un número limitado de series de suelos que se extrapolan a las numerosas series ya reconocidas en base a similitudes y diferencias en el perfil. El procedimiento no ha generado problemas hasta ahora en EE.UU. por lo cual se le emplea en este estudio, aunque es evidente que la obtención de información nacional empírica es una necesidad para validar las interpretaciones realizadas.

Se consultó la lista de más de 9.300 series de suelos de EE.UU. clasificadas en GH mencionada por Mockus (1972). Algunos de los suelos del Uruguay pueden asimilarse sin dificultades a series bien caracterizadas en EE.UU., lo que permitió ajustar para esos perfiles la asignación al grupo hidrológico correspondiente con un mayor grado de seguridad. Ello es particularmente válido para suelos fuertemente diferenciados de textura superficial media, para suelos poco diferenciados de texturas finas y con arcillas de naturaleza esmectítica y para suelos de zonas bajas, de textura variable aunque predominantemente fina y con napa freática alta durante gran parte del año y a menudo inundados.

Los suelos del Uruguay de textura uniformemente gruesa en todo el perfil tampoco presentan dificultades mayores para su clasificación hidrológica y la comparación con suelos similares de EE.UU. verifica sistemáticamente una coincidencia en la aplicación de los criterios de agrupamiento en ambos países.

Los suelos caracterizados por un perfil de granulometría fuertemente diferenciada y con textura franco arenosa o más gruesa en el horizonte A y franco arcillo arenosa o más pesada en el B no pudieron ser siempre clasificados con total certeza. En estos casos se analizó información detallada sobre suelos de las regiones del Piedmont y Coastal Plain de EE.UU. cuya morfología es muy similar a la de los suelos problema de Uruguay (USDA, 1959). Con la identificación precisa de las series de suelos de interés de dichas regiones, se ubicó el GH al que pertenecen según la lista del National Engineering Handbook (1972), lo que permitió una comparación más adecuada con suelos nacionales de perfil y régimen hídrico similares. Por esta vía se logró mayor seguridad en la clasificación de los suelos uruguayos en consideración. De todas maneras, en estos suelos se mantiene un cierto grado de incertidumbre en cuanto a su clasificación definitiva.

Otro elemento de apoyo para la clasificación hidrológica es el aportado por el Manual de Levantamiento del Suelo (Soil Survey Staff, 1951), que incluye los nombres de varias series representativas de las diferentes clases de drenaje natural de los suelos. Como la clase de drenaje adjudicada a cada suelo en Uruguay es una de las bases más sólidas de que se dispone para su clasificación - al igual que en el procedimiento del SCS - se compararon suelos del país y de EE.UU. ubicados en una misma clase de drenaje y se revisó la morfología de estos últimos - cuando se dispuso de la información - para verificar la identidad de criterios con que se define el drenaje en cada situación. Seguidamente, se verificó el grupo hidrológico al que pertenecía cada serie de suelos de EE.UU., consultando la lista del National Engineering Handbook y con esta base se asignó el GH al suelo del país que más se asemejaba en morfología y drenaje a la serie estadounidense considerada. Esta instancia no permitió clasificar un número muy elevado de suelos, pero como contrapartida la clasificación alcanzada presenta una seguridad mayor que en situaciones donde no pudo utilizarse este procedimiento.

Como elemento de juicio adicional se utilizó la guía preparada por el SCS (C. S. Holzhey, com. pers.) que da información detallada sobre suelos de EE.UU. representativos de los cuatro GH. Dicha información se comparó con la disponible para los suelos del país, lo que permitió ajustar la clasificación realizada.

Finalmente, los suelos que hasta el momento presentan mayores dificultades para una correcta asignación a un grupo hidrológico son aquellos de texturas medias y grado de diferenciación medio, sin evidencias visibles de excesos de agua por períodos más o menos breves, pero que consti-

tuyen quizás la mayoría de los suelos profundos o moderadamente profundos del país. Ello se debe a sus características intermedias en cuanto a infiltración y transmisión del agua y a que los GH B y C - a uno de los cuales sin duda pertenecen - son los definidos con menor precisión por el SCS, según ya se vio. Ello torna difícil en muchos casos optar por uno u otro en el momento de asignar cada suelo al grupo correcto.

Las razones metodológicas expuestas ponen de relieve el carácter preliminar de la clasificación de los suelos del país en GH que se presenta.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta la lista de las unidades taxonómicas de la Carta de Reconocimiento de Suelos ordenadas por Grupo Hidrológico - desde A hasta D - y, dentro de cada uno de ellos, por unidad de la Carta en orden alfabético para facilitar la ubicación de cualquiera de ellas (columnas 1 y 9 respectivamente).

La información de la Tabla 1 incluye además - para cada unidad taxonómica - la textura del horizonte A (columna 3), la del horizonte B (columna 4) y la existencia de moteados y concreciones de hierro y manganeso en los horizontes B y/o E (columnas 5 y 6). Finalmente, la estimación de la permeabilidad y la clase de drenaje de cada suelo se indica en las columnas 7 y 8 respectivamente. Las propiedades indicadas en las columnas 3, 4, 5 y 6, junto al conocimiento del régimen hídrico de los suelos - incluyendo la influencia de la napa freática, si ella afecta temporaria o permanentemente al menos los horizontes profundos del perfil - fueron, por otra parte, los criterios principales tomados en consideración al estimar la permeabilidad y el drenaje de los perfiles, siguiendo las normas estándar en clasificación de suelos.

La información sobre la morfología de los perfiles y la estimación de la permeabilidad y el drenaje de cada uno se tomaron de la información publicada por la Dirección de Suelos y Fertilizantes (1979) con ligeras modificaciones introducidas por el autor.

En las columnas 5 y 6 la falta de referencia a un horizonte determinado del perfil significa que el moteado o los nódulos indicados se encuentran en el horizonte B; la presencia de esos fenómenos en los horizontes E y B o solamente en el E se indican expresamente en la columna correspondiente. El color del moteado se identifica solamente por un quebrado (por ejemplo 5/8) si su matiz es 10 YR, como rojo, rojizo o amarillento si el matiz es más rojo que 10 YR, como Y seguido de un quebrado si el matiz es más amarillo que 10 YR, como verdoso u oliváceo si su matiz es G o BG y como pardo si la información del perfil así lo expresa. Asimismo, la presencia de moteado sin identificación del color pero sí de su cantidad o frecuencia, se indica con símbolos adecuados.

Tabla 1. Unidades cartográficas y taxonómicas, características del perfil y grupo hidrológico de suelos

1	2	3	4	5	6	7	8	9
UNIDAD		TEXTURA (2)			CONCRE- CIONES Fe-Mn		DRENAJE	
MAPA	SUELO (1)	HOR. A	HOR. B o C	MOTEADOS (3)		PERMEABILIDAD (4)	NATURAL (5)	GH
Ag	ArO	Ar	FAr	r,a	—	R	E	A
BJ	ArO	Ar	Ar	—	—	R	E	A
Ct	IO	ArFg	G/FaAr	R	si	R	B	A
An	BShp	F/FaAr	FaAr/AcArg	—	—	M	B	B
Ba	BS/DL	FAr	AcArp	—	—	L	MB	B
Ca	LiDU	FArg	Roca	—	—	M	AE	B
CCh	BShp	FAr/F	FaAr/AcArg	—	—	M	B	B
CCh	BST	F	FaAr/Ac	R	—	L	MB	B
CF	LiDM	FAr	Roca	—	—	M	AE	B
CñN	BST	FaAr	AcAr	—	—	MoL	MB	B
Cpt	BET	FaAr/F	AcAr/Ac	—	—	MoL	MB	B
Ch	AgSOT	FaAr	AcAr	R	—	M	MB	B
Ch	BST/L	FAr/F	FaAr/AcAr	Fr	—	M	MB	B
LT	LvOAb/T	FAr	AcAr	—	—	MoL	B/MB	B
PP	BSL(T)	FAr/F	FaAr/Ac	Ab	—	MoL	MB	B
Rv	AcOT	ArF/Ar	AcAr	—	—	L	B	B
RZ	BS/ET/Hp	FaAr	Ac/FaC	—	—	L	MB	B
SA	IU	FaAr	Ac	—	—	M	B	B
SCI	BShp	FAr/FaAr	FaAr	—	—	M	MB	B
SdT	LiSM	FrAr	arenisca	—	—	R	AE	B
SG-G	BS(E)Hp	F/FaAr	FArg	—	—	M	B	B
SMh	BS/DHp	FAr (g)	ArFg	—	—	M	B	B
SP	BShp	FAr/F	FaAr	5/6	—	M	B	B
TC	AcOT	ArF/Ar	AcAr	—	—	L	B	B
TI	LvO(M)T(Ab)	FAr/FaAr	AcAr	R	—	M	AP	B
TP	BShp	FaAr	—	—	—	M	MB/B	B
Yi	IO	Gv	R	—	—	R	B	B
AB	BST	F	FaAr	5/8	—	MoL	MB/AP?	C
Af	BSL	FL	AcL/Ac	—	si	L	MB/AP	C
Af	AgSMAb	FL	AcL/Ac	—	si	L	MB/AP	C
AH	BShp	FaAr	AcL	—	si	MoL	MB	C
AH	BSL	FaAr	Ac	5/8 y R Po	si	MoL	MB/AP?	C
Al	AgDOAb	FAr	FaAr	5/8,R	si	MoL-L	MB/AP	C
AS	AcUT	FaAr-FaAr	AcAr	r	—	M-L	MB/AP	C
AS	LvOAb	FAr/F	Ac	5/8,R	—	M-L	MB/AP	C
Bl	AgSOAb	F	Ac	—	si	L	MB/AP	C
BO	AgSM/OT(Ab)	F	Ac	5/8,R	si	L	MB/AP	C
Bq	BEHp/T	FaAr/Ac	Ac	—	si	MoL	MB	C
By	BET	F/FaAr/FaAr	Ac/AcAr	—	—	MoL	MB	C
By	VRT	FaAr	AcAr	—	si	MoL	MB/AP	C
Cb	FHeM/O	ArF/FaAr	FAr/F	—	—	M	P	C
CC	BSL/T	FaAr	AcAr	r,a	—	L	MB/AP	C
CCa	BET	FaAr	AcL	—	—	MoL	MB	C
CCa	BSL	FaAr	Ac	—	—	MoL	MB/AP?	C
CCo	LvOT/Al	FAr	AcAr	E,R;B:6/8,R	si	MoL	AP	C

Continúa en pág. siguiente

Continuación de Tabla 1.

1 UNIDAD	2	3	4	5	6	7	8	9
MAPA	SUELO (1)	TEXTURA (2)			CONCRE- CIONES		DRENAJE	
		HOR. A	HOR. B o C	MOTEADOS (3)	Fe-Mn	PERMEABILIDAD (4)	NATURAL (5)	GH
Zp	LvMAI	FAr	AcAr	5/6,4I	si	L	AP	C
Ag	PDO	FAr	FAc	5/6,5/8	si	L	AP	D
Al	PDOM	FAr/ArF	FAcAr/AcAr	E y B:4/4,5/6	si	L	AP	D
Ay	VHp	Ac	Ac	Oc	—	L	MB/AP	D
Bc	VRT	Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Bc	VRL	FAc	Ac	—	—	L	MB/AP	D
BF	GLM	Ac/AcL	Ac	5/8,v	si	ML	AP?	D
Bl	BST/L	FAcAr	Ac	—	si	L	MB/AP	D
BO	PSM/O	F	Ac	5/8 y R	si	L	AP	D
By	VHp	Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
By	BET	FAcL	AcL/Ac	—	—	L	MB/AP	D
CC	VRL	FAc/Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Cpt	VRL	FAcAr/FAc	AcAr/Ac	—	—	L	MB/AP	D
Cr	PEM	FAcL/FL	Ac	E y B:r	si	L	AP	D
Cr	BET	FAcL	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Cr	VHp	AcL/Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Cu	VHp	AcL/Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Cu	LiEM	FAcL/FAc	basalto	—	—	M	AE	D
Cu	BET	FAcL	Ac	—	—	L	MB/AP	D
CH-PT	LiE/SM	F/FAc	basalto	—	—	M	AE	
EC	SdM/O	FL	FAc	—	si	L	AP	D
EC	SnSIM/O	FL	FAc	—	si	ML	AP	D
EC	Sn	FL	FAc	6/8	si	ML	AP	D
I-TA	BET	FAcL	Ac	—	—	L	MB/AP	D
I-TA	VHp	AcL/Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
IM	VRL	FAc	Ac	—	—	L	MB/AP	D
IMu	GHpM/Hs	FAcL/AcL	AcL/Ac	o,v	si	ML	P	D
IU	FIsO/M	ArF/FL	idem A	—	—	R	MB	D
Ky	PS/EM	FL	Ac/AcL	—	si	L	AP	D
La	PSM	FL	Ac	4/4	si	L	AP	D
LC	VRL	FAc	Ac	—	—	L	MB/AP	D
LCh	PSO/M	FL	Ac/FAcL	7/8-7/2	E y B:si	L	AP	D
Le	VRL/T	Ac	Ac	—	—	L-ML	MB/AP	D
Le	BET/L	FAcL/AcL	Ac	3/3,4/3,v	—	L	MB/AP	D
LMe	GHpM/O(Hs)	Ar/FAc	Ar/FAc	pa	si	R-L	P	D
Ma	BET	FAcL	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Ma	VHp	AcL/Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Ma	LiEM	FAcL/FAc	R	—	—	M	AE	D
PB	BE/ST	FAcL	Ac/AcL	r	—	L	MB/AP	D
PC	VHp	AcL	Ac	—	si	L	MB/AP	D
Pll	VHp	Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
PP	VRL	FAc/Ac	Ac	—	—	L	MB/AP	D
QCh	LiEM	FAcL/FAc	basalto	—	—	M	AE	D
RB	PDO	FL/F	FAc/Ac	5/6	si	L	AP	D
Ri	BET	FAc/FAcL	Ac	—	—	L	MB/AP	D

Continúa en pág. siguiente

continuación de Tabla 1.

1 UNIDAD	2	3	4 TEXTURA (2)	5	6 CONCRE- CIONES Fe-Mn	7	8 DRENAJE	9
MAPA	SUELO (1)	HOR. A	HOR. B o C	MOTEADOS (3)		PERMEABILIDAD (4)	NATURAL (5)	GH
CM	AcOAI	FAr	AcAr	E:r;B:5/8	—	M	AP	C
CM	AgDMAb	FAr	FAc	E:3/4;B:5/8,r	—	MoL	MB/AP	C
CP	BST	FAr/FAcAr	FArAc/AcAr	—	si	MoL	MB	C
CP	AgSMT	F/FAcAr	Ac/AcAr	—	si	L	MB/AP	C
CSA	LiE/SM	FAc	—	—	—	M	B	C
Ct	AgD(S)O/MT	FAr	FAcAr/AcArg	—	—	M	MB	C
Ep	BET	FAc/F	Ac	—	si	L	MB/AP	C
EP-LB	BE/ST	F/FAc	Ac	—	—	MoL	MB	C
EPa	BET	FAc	Ac	r	—	L	MB	C
FB	BET	FAcL/FAc	Ac	—	—	MoL-L	MB	C
FM	BET	AcL	Ac	—	—	L	MB/AP	C
IM	BET	FAc	Ac	—	—	L	MB	C
IM	BEL	F	Ac	—	—	L	MB	C
JPV	BSL	F	FAc/Ac	—	—	MoL-L	MB/AP	C
JPV	AgSMAB	F	Ac	3/2	si	L	MB/AP	C
Ky	BS/ET/L	FL	AcL/Ac	r	—	MoL	MB/AP	C
LC	BET	FAc	Ac	—	—	L	MB	C
Li	BE/ST	FAcL/FL	AcL/Ac	—	—	L	MB	C
LM	BEL/T	FAc	Ac	4/4	si	L	MB	C
Mc	BSL	F	Ac	—	si	L	MB/AP	C
MO	BDL/T	FAcAr	Ac	r	—	L	MB/AP	C
MO	LvMT	FAr	Ac/AcAr	5/8,4/3 y r	—	L	AP	C
PdH	BST	F/FAcAr	Ac/FAc	4/1,6/4	—	L	MB	C
Pil	BET	F	FAc/Ac	—	si	L-MoL	MB	C
RU	AgSMAB	F/FL	Ac	—	si	L	MB/AP	C
RZ	BDL/T	FAr/F	FAc/Ac	r,a	si	L	MB/AP?	C
SC	AgSOT	FL	Ac	4/4	si	L	MB/AP	C
SdT	BS/DL(T)	FAr/F	AcAr	R	—	M	MB/AP?	C
SJc	BET/L	FL/FAcL	Ac/AcL	—	—	MoL	MB	C
SJo	AgD/SOAb/T	FAr	AcAr	Ab	si	M?	MB/AP	C
SM	BET(Hp)	FAc	Ac	—	—	MoL	MB	C
SP	BST	F	FAc/Ac	r-a	—	L	MB	C
Ta	AcOAb	ArF	FAcAr	R	—	MoL	AP	C
Ta	LO(M)Ab/T	FAr/ArF	FAcAr	4/4,5/6,R	—	MoL	AP	C
TB	AgDO/MT/Ab	FAr	AcAr	R	—	MoL?	MB/AP	C
TC	LvO(M)T/Al	FAr/ArF	FAcAr	4/4,5/6,R	—	MoL	AP	C
Tl-Rd	BET/L	FAc	AcL/Ac	—	—	MoL	MB	C
Tol	BE/ST(L)	FL/FAcL	Ac/AcL	—	—	MoL	MB	C
TP	BST	F/FAc	FAc	—	—	MoL	MB	C
Tr	BET	FAc/FAcAr	Ac/AcAr	—	—	MoL	MB	C
VA	BE/ST/L	F	Ac	—	—	MoL	MB	C
VF	BET	FAcL/FAc	Ac	—	—	M	MB	C
VS	FHM/O	ArF/FAc	FAr/F	—	—	M	P	C
Yg	BET	FAc/FAcL	Ac	—	—	MoL	MB	C
Yi	BDL	FAr/Fg	Ac g	—	si	L	MB/AP	C
Za	BS(E)T	FAcL	AcL/Ac	4/4	si	MoL	MB	C

Continúa en pág. siguiente

continuación de Tabla 1.

1 UNIDAD	2	3	4	5	6	7	8	9
MAPA	SUELO (1)	HOR. A	HOR. B o C	MOTEADOS (3)	CONCRE- CIONES Fe-Mn	PERMEABILIDAD (4)	DRENAJE NATURAL (5)	GH
Ri	VRT/L	AcL	Ac	—	—	L	MB/AP	D
RR	SdO	FL	FAc	—	si	L	AP	D
RR	SnSIO	FL	FAcL	Y 5/6	si	ML	AP	D
RR	Sn	FL	FAc	6/8	si	ML	AP	D
RT	PDO/U	FAr	FAcAr	Y 6/2,5/1;5/3,v	si	L-MoL	AP	D
RT	GLMT	F	Ac	5/8,r	si	ML	P	D
RU	VHp	AcL/Ac	Ac	5/1	si	MoL?	MB/AP	D
SAg	LtSM	FAr	ectinitas	—	—	R	E	D
SJc	VRL(T)	FAcL	AcL	—	—	L	MB	D
SL	GLMT(Ab)	FL	FAc/FAcL	—	si	L	P	D
SR	PEM	FL/AcL	FAcL	—	si	L	AP	D
St	AgDO/MT/Ab	FAr	AcAr/FAcAr	3/6	—	MoL	MB/AP	D
Ti-Rd	VRL(T)	FAcL	AcL	—	—	L	MB/AP	D
Tr	VRL	FAc/FAcAr	Ac	—	—	L	MB/AP	D
Ve	AgS/DO/MAB	F/FL	Ac/FAc	—	si	L	MB/AP	D
Ve	PDO	F/FL	Ac	5/8	si	L	AP	D
VS	GHpM	FAcL/AcL	AcL/Ac	o,v	si	ML	P	D
VS	VH	Ac	Ac	Oc	—	L	MB/AP	D
Za	AgEMAb	FL	Ac/AcL	—	—	MoL	MB/AP?	D

(1): Ar: Arenosol; Ac: Acrisol; Ag: Argisol; B: Brunosol; F: Fluvisol; G: Gleysol; I: Inceptisol; Lt: Litosol; Lv: Luvisol; P: Planosol; Sn: Solonetz; Sd: Solod; St: Solodizado;

V: Vertisol; E: Eutric; S: Subéutric; D: Dístrico; H: Hístico; Is: Isotextural; Hc: Heterotextural; Hp: Háplico; Lúvico; M: Melánico; O: Ocrico; U: Umbrico; T: Típico;

Ab: Abrúptico; Al: Albico.

(2): F: Franco; L: Limo(so); Ar: Arenoso; Ac: Arcillo(so); G o g: gravilloso.

(3): R: rojo; r: rojizo; A: amarillo; a: amarillento; v: verdoso; o: oliva; pa: pardo; Ab: abundante; Po: poco; Fr: frecuente; Oc: ocasional.

(4): R: rápida; M: Moderada; MoL: moderadamente lenta; L: lenta; ML muy lenta.

(5): E: excesivo; AE: algo excesivo; B: bueno; MB: moderadamente bueno; AP: algo pobre; P: pobre.

La Tabla 2 muestra el contenido de arcilla de los horizontes A y B superior como parámetro básico de la textura del perfil, lo cual se ha relacionado a la permeabilidad de los suelos. No se consideraron los contenidos de arena y de limo, lo que no significa que estas fracciones granulométricas no guarden relación con la permeabilidad, pero no hay estudios que permitan estimar su influencia.

Tal como se observa en la Tabla 1, solamente tres perfiles se clasifican en el GH A, tratándose de dos Arenosoles y un Inceptisol areno gravilloso. Son los únicos suelos de drenaje bueno a excesivo, texturas uniformemente gruesas y carentes de horizontes limitantes para el movimiento del agua o de saturación por la napa freática, que son las características principales del Grupo A.

En el grupo B se clasifican 24 perfiles, de los cuales 21 son algo excesiva, bien o moderadamente bien drenados, y solamente uno es algo pobremente drenado. Este último suelo es un Luvisol desarrollado sobre areniscas, de textura

franco arenosa en el horizonte A y arcillo arenosa en el B, el que presenta moteados rojos. Como ocurre en suelos con este tipo de perfil y según se mencionó antes, existen algunas dudas sobre la correcta interpretación de su drenaje natural, siendo muy frecuente en ellos la presencia de moteados más prominentes que en suelos notoriamente más húmedos.

Solamente 6 de los 24 perfiles asignados al Grupo B presentan moteados rojizos o amarillentos (en los horizontes B o C), todos desarrollados sobre areniscas o rocas graníticas, en las que la meteorización de la roca parental suele originar tales moteados sin que existan evidencias de un drenaje interno restringido que genere rasgos redoximórficos. Ninguno de los suelos incluidos en este Grupo posee concreciones de hierro y manganeso. Las texturas de los horizontes A son franco arenosas en la gran mayoría de los perfiles y franco arcillosas a arcillo arenosas (raramente arcillosas) en los horizontes inferiores (B o C).

Tabla 2. Contenido de arcilla en los horizontes A y B de los suelos de diferentes grupos hidrológicos

1 UNIDAD DE LA CARTA DE SUELOS	2 SUELO (1)	3 HOR. A	4 ARCILLA (%) HOR. B	5 GH
Ag	ArO	2,2		A
BJ	ArO	3,4		A
An	BShp	21,2	36,0	B
Ba	BS/DL	16,4	36,8	B
Ca	LiDU	5,7		B
CCh	BST	34,9	54,1	B
CF	LiDM	15,2		B
CñN	BST	20,6	40,1	B
Cpt	BET	28,7	38,6	B
Ch	BST/L	18,2	28,5	B
Ch	AgSOT	20,5	34,8	B
LT	LvOAb/T	13,8	44,8	B
PP	BSL(T)	18,2	50,3	B
Rv	AcOT	8,6	49,5	B
RZ	BS(E)T(Hp)	28,3	46,5	B
SA	IU	39,5	54,6	B
SCI	BShp	18,5	21,1	B
SdT	LiSM	17,9		B
SG-G	BS(E)Hp	13,9		B
SP	BShp	23,2	38,0	B
TI	LvO(M)T(Ab)	18,6	42,6	B
TP	BShp	28,6	33,6	B
Yi	IO	18,0	21,4	B
AB	BST/L	24,7	31,8	C
Af	BSL	23,4	45,5	C
Af	AgSMAb	21,4	50,0	C
AH	BSL	31,3	55,6	C
AH	BShp	37,8	44,9	C
AI	AgDOAb	12,1	29,7	C
AS	AcUT	21,5	36,2	C
AS	LvOAb	18,1	53,1	C
BI	BST/L	24,0	45,6	C
BI	AgSOAb	21,6	46,5	C
BO	AgSM/OT(Ab)	17,5	50,0	C
Bq	BEH/T	37,9	60,1	C
By	VRT	26,0	33,3	C
By	BET	28,1	52,5	C
Cb	FHeM/O	43,9		C
CC	BSL/T	21,0	45,4	C
CCo	LvOT/AI	14,5	47,0	C
CM	AcOAI	14,5	40,8	C
CM	AgDMAb	13,8	34,7	C
CP	BST	18,3	37,1	C
CP	AgSMT	23,7	56,4	C
CSA	LiE/SM	35,4		C
Ct	AgD(S)O/MT	12,5	36,7	C
Ep	BET	26,3	52,0	C
EP-LB	BE/ST	31,9	48,6	C
EPa	BET	34,1	50,5	C
FB	BET	31,0	47,1	C
FM	BET	40,3	68,0	C
IM	BEL	22,8	46,1	C
JPV	AgSMAb	16,3	48,5	C
JPV	BSL	25,0	52,0	C
Ky	BS/ET/L	25,0	47,4	C
LC	BET	34,5	57,2	C
Li	BE/ST	35,9	50,5	C
LM	BEL/T	27,1	43,8	C
Mc	BSL	18,4	51,1	C

Continúa en pág. siguiente

continuación de Tabla 2.

1 UNIDAD DE LA CARTA DE SUELOS	2 SUELO I	3 HOR. A	4 ARCILLA (%) HOR. B	5 GH
MO	BDL/T	20,2	53,1	C
MO	LvMT	15,0	49,2	C
PdH	BST	23,2	34,5	C
Pll	BET	25,3	41,3	C
RU	AgSMAb	21,6	45,5	C
RZ	BDL/T	20,0	39,3	C
SC	AgSOT	19,5	48,8	C
SdT	BS/DL(T)	16,8	42,6	C
SJo	AgD/SOAb/T	14,0	40,5	C
SM	BET(H)	35,2	47,1	C
Ta	AcOAb	8,0	27,0	C
Ta	LvO(M)Ab/T	10,8	27,4	C
TB	AgDO/MT/Ab	8,4	53,8	C
TI-Rd	BET/L	33,0	52,2	C
Tol	BE/ST(L)	26,7	50,4	C
TP	BST	26,1	35,6	C
Tr	BET	29,8	45,5	C
VA	BE/ST/L	27,7	48,2	C
VF	BET	34,5	59,0	C
Yg	BET	34,3	50,5	C
Yi	BDL	17,3	48,1	C
Za	BS(E)T	29,5	42,0	C
Za	AgEMAb	4,5	53,0	C
Zp	LvMAI	13,8	42,8	C
Ag	PDO	9,4	35,0	D
Al	PDOM	11,8	35,4	D
Bc	VRT	42,1	56,0	D
BF	GLM	44,5	56,2	D
CC	VRL	39,8	50,6	D
Cpt	VRL	38,7	48,1	D
Cr	PEM	28,6	59,7	D
CH-PT	LiE/SM	28,9		D
EC	SnSIM/O	3,4	37,2	D
I-TA	VHp	56,5	68,9	D
I-TA	BET	40,6	65,2	D
IMu	GHM/Hs	28,0	46,5	D
Ky	PS/EM	24,1	49,3	D
La	PSM	19,7	46,0	D
LC	VRL	29,7	40,0	D
LCh	PSO/M	25,8	48,3	D
Le	BET/L	35,0	59,6	D
Le	VRL/T	54,3	73,3	D
LMe	GHpM/O(Hs)	7,5	20,7	D
PB	BE/ST	37,4	59,5	D
PC	VHp	41,4	52,1	D
Pll	VHp	43,3	48,7	D
QCh	LiEM	44,3		D
RB	PDO	8,7	38,7	D
Ri	VRT/L	42,5	50,3	D
Ri	BET	35,9	51,7	D
RR	Sn	11,5	36,0	D
RR	SnSIO	10,3	38,8	D
RT	GLMT	20,5	40,1	D
RT	PDO/U	10,4	29,2	D
RU	VHp	46,2	59,4	D
SAG	LiSM	15,5		D
SL	GLMT(Ab)	18,2	37,1	D
SR	PEM	33,5	55,3	D
TI-Rd	VRL(T)	36,3	53,3	D
Tr	VRL	30,1	43,5	D
Vc	PDO	12,2	36,0	D
Ve	AgS/DO/MAb	17,5	48,5	D

(1): ver significado de abreviaturas en nota al pie de la Tabla 1

Del punto de vista taxonómico, los suelos clasificados en el Grupo B son mayoritariamente Brunosoles Subéutricos, ocurriendo en número menor Litosoles, Inceptisoles, Acrisoles y Luvisoles. Solamente 3 perfiles son Brunosoles Eutricos, cuya textura es en promedio más fina que en los Subéutricos, tanto en el horizonte A como en el B.

En el Grupo C se incluyen 65 perfiles, de los cuales solamente uno es bien drenado, 27 son moderadamente bien drenados y 28 son moderadamente bien a algo pobremente drenados. Solamente 7 suelos son de drenaje algo pobre y uno es pobremente drenado. Dentro de este Grupo se observa que 28 perfiles presentan moteados de colores pardos, pardo amarillentos o rojos y 24 poseen concreciones de hierro y manganeso (algunos suelos poseen ambos rasgos morfológicos). Solamente 24 perfiles carecen de moteados o concreciones. La textura del horizonte A es muy variable, desde franco arenosa a franco arcillo limosa pero la del subsuelo es más homogéneamente fina, variando entre franco arcillosa a arcillo arenosa o arcillosa. En el Grupo C existe sin duda una mayor heterogeneidad morfológica que en los Grupos A y B, lo que en parte se debe a las incertidumbres asociadas a su definición.

Del punto de vista taxonómico, el Grupo C incluye mayoritariamente Brunosoles Eutricos (17), Brunosoles Subéutricos (15) y Argisoles (14). Secundariamente ocurren Acrisoles y Luvisoles (7), Brunosoles Dístricos (3), Fluvisoles (3) y Vertisoles y Litosoles (1 de cada Gran Grupo).

Finalmente, en el Grupo D se incluyeron 63 perfiles, de los cuales 5 son excesiva o algo excesivamente drenados, 2 son moderadamente bien drenados, 33 son moderadamente bien a algo pobremente drenados, 18 son de drenaje algo pobre y 5 son de drenaje pobre. Dentro del Grupo se observa que 23 suelos presentan moteados pardos, rojizos, amarillentos u oliváceos y 26 poseen concreciones de hierro y manganeso; algunos suelos poseen ambos rasgos morfológicos a la vez. Las texturas en el horizonte superficial son tan o más variables que en el Grupo C, ya que ocurren incluso suelos arcillo limosos o arcillosos; en el horizonte subsuperficial la textura es uniformemente fina (arcillo limosa o arcillosa, menos frecuentemente arcillo arenosa) o simplemente aparece la roca consolidada.

Taxonómicamente el Grupo D es heterogéneo puesto que incluye suelos muy diferentes en su morfología y propiedades físicas y químicas, pero cuyo comportamiento hidrológico es en cambio más homogéneo conforme a los criterios en que se basa la clasificación en GH. Así, este Grupo incluye 22 Vertisoles, 6 Suelos Halomórficos, 11 Planosoles, 8 Brunosoles Eutricos, 6 Gleysoles, 5 Litosoles y 1 Argisol. Todos los Suelos Halomórficos, Planosoles y Gleysoles están incluidos en este Grupo y solamente 1 Vertisol y 1 Litosol quedaron excluidos del mismo. El concepto del Grupo D, tal como se le define aquí, es idéntico al empleado por el Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU. puesto que los suelos incluidos en él poseen texturas finas o muy finas en todo el perfil y con predominio de

arcillas expansivas (Vertisoles y Brunosoles Eutricos), o un argipán compacto y muy lentamente permeable, a veces nátrico, (Planosoles y Suelos Halomórficos), o tienen una napa freática alta al menos durante buena parte del año (Gleysoles) o son superficiales y están apoyados sobre rocas ígneas no fisuradas en grado apreciable (Litosoles).

DISCUSION

Aunque no hay información cuantitativa sobre velocidad de infiltración y permeabilidad de los suelos del Uruguay en cantidad suficiente como para utilizarla como criterio de clasificación hidrológica de los mismos, cuando ella existe los valores de esos parámetros guardan una aceptable relación con la clasificación hidrológica realizada, más allá de la dispersión elevada de los datos y de que el bajo número de valores no permite extraer conclusiones estadísticas.

Así, los datos de Ponce de León y Capurro (1980) y Terzaghi y Sganga (1982) para 10 suelos de Canelones (mayormente Vertisoles y Brunosoles, bajo diferentes manejos), con 25 a 40% de arcilla en el horizonte superficial y 35 a 50% en el subsuperficial, arrojan los valores de conductividad hidráulica en el horizonte B que se muestran en la Tabla 3. Estos suelos fueron clasificados en GH C y D conforme a los criterios utilizados en este trabajo.

Con relación a la velocidad de infiltración, solamente Terzaghi y Sganga aportan datos para 6 perfiles de dichos GH; las cifras varían entre 10,0 y 68,8 mm.hora⁻¹ para el Grupo C y entre 1,2 y 6,3 mm.hora⁻¹ para el Grupo D. A la relatividad de las cifras debe agregarse que los manejos bajo los que se encontraban los suelos en el momento de la determinación no son los mismos en los suelos de uno y otro grupo. Pese a ello y a la superposición notoria en los rangos de valores de conductividad hidráulica entre ambos grupos, resulta evidente que hay diferencias importantes en la amplitud de dichos rangos así como en los valores medios y que ellos indican menor transmisividad de agua en el Grupo D. En el caso de la velocidad de infiltración, los rangos de valores para ambos grupos están bien individualizados, sin superposición entre uno y otro, pero el número de datos de este parámetro es aún menor que para la conductividad hidráulica.

Hoekstra (1969) trabajó con Planosoles, Solonetz, Solods y Gleysoles (alguno de textura liviana) de la planicie sedimentaria alrededor de la Laguna Merín. Los valores de infiltración que encontró para tales suelos variaban entre 1,46 y 9,52 mm.hora⁻¹, en tanto que la conductividad hidráulica del horizonte B (o C) lo hacía entre 0,01 y 5,79 mm.hora⁻¹. Curiosamente, el valor mínimo de infiltración correspondió a un suelo franco arenoso (el de textura más liviana dentro de los investigados), lo que se atribuyó al elevado contenido de limo y arena muy fina. Dicho suelo presentó en cambio la máxima conductividad hidráulica (5,79); si se deja de lado este suelo, el valor máximo de conductividad es de apenas

Tabla 3. Conductividad hidráulica de algunos suelos del Departamento de Canelones (mm.hora⁻¹).

	Grupo Hidrológico	
	C	D
Media	2,70	0,45
Rango	0,0 - 12,9	0,0 - 1,30

1,57 mm.hora⁻¹. Con dicha salvedad, los rangos de valores de Hoekstra no difieren mayormente de los hallados para Canelones. Todos los suelos con que trabajó Hoekstra se clasifican en este estudio en el GH D, incluido el de conductividad hidráulica más elevada porque se trata de un Gleysol inundable, ubicado en cotas muy bajas y con napa freática alta durante gran parte del año.

Como la permeabilidad y el drenaje natural de un suelo dependen en gran medida de la secuencia de horizontes del perfil y de la granulometría de cada uno de ellos, se procuró verificar la existencia de alguna relación entre la composición mecánica de los suelos considerados (Tabla 2) y el GH al que fueron asignados. El énfasis se puso en el horizonte B, o en el C cuando el perfil no poseía horizonte B, colectivamente denominados «subsuelo» u «horizonte subsuperficial» por razones de simplicidad. Ello se debió a que siendo muy frecuente en los suelos del país la presencia de un horizonte B textural bien desarrollado, su existencia debe controlar el movimiento del agua en el perfil luego que éste ha sido enteramente mojado; esta es la situación considerada al clasificar los suelos en GH.

Solamente existe información para 2 de los 3 suelos clasificados en el Grupo A. Son Arenosoles con menos de 5 % de arcilla, siendo el contenido de limo igualmente bajo en uno de ellos y levemente superior en el otro. En ambos casos se trata de arenas profundas y sueltas, con infiltración muy rápida y alta transmisividad para el agua, concepto central de este Grupo.

Para los Grupos B, C y D, representados por un elevado número de perfiles, se incluyen en la Tabla 4 las estadísticas descriptivas básicas de su contenido de arcilla en el horizonte superficial y en el subsuperficial. Los contenidos de arcilla en ambos horizontes para cada uno de los tres GH se ilustran en las Fig. 1 a 6.

En el Grupo B se cuenta con información para 17 perfiles, en los que el contenido medio de arcilla en el subsuelo es de 39,5 %, con un rango muy amplio que varía entre 21,1 y 54,6 %, pero en que la desviación típica alcanza a 10, lo que arroja un coeficiente de variación de aproximadamente 25 %.

En el Grupo C (58 perfiles) la situación es algo diferente ya que el contenido medio de arcilla en el subsuelo es de 46 %, también con un rango muy amplio de 27 a 68 %. La desviación estándar es solamente 8 por lo cual el coeficiente de variación resulta ligeramente inferior a 18 %. Las cifras muestran que el subsuelo de los perfiles de este grupo es más pesado que el de los del Grupo B.

Tabla 4. Contenido de arcilla de los horizontes A y B de los suelos de diferentes grupos hidrológicos (%)

	Grupo Hidrológico					
	B		C		D	
Horizonte	A	B	A	B	A	B
Media	20,4	39,5	23,8	46,1	28,5	47,8
Desviación típica	8,0	10,0	8,8	8,2	14,3	11,4
Coef. de variación	39,4	25,4	36,8	17,9	50,1	23,9
Mínimo	5,7	21,1	4,5	27,0	3,4	20,7
Máximo	39,5	54,6	43,9	68,0	56,5	73,3

En el caso del Grupo D, los parámetros estadísticos considerados son casi coincidentes con los del Grupo C: media de 48 % y rango igualmente amplio, con mínimo y máximo de 21 y 74 % respectivamente. La desviación estándar alcanza un valor algo mayor (11,4), lo que arroja un coeficiente de variación de casi 25 %.

Mediante la prueba de comparación de medias, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5, se verifica que el Grupo B difiere significativamente (al 5 %) en el contenido de arcilla del subsuelo con relación tanto al Grupo C como al D, pero que entre estos dos no hay diferencias significativas al mismo nivel de confianza.

Tabla 5. Comparación estadística de los contenidos medios de arcilla del horizonte B de suelos de diferentes grupos hidrológicos

	Grupos B y C	Grupos C y D	Grupos B y D
t	2,478	0,724	2,637
t crítico	2,069	2,004	2,028

La Fig. 1 muestra que el 65 % de los subsuelos del Grupo B poseen entre 30 y 50 % de arcilla. En el Grupo C en cambio (Fig. 2), más del 75 % de los subsuelos poseen entre 40 y 60 % de arcilla, lo que verifica su textura más fina en promedio. Por su parte los subsuelos del Grupo D (Fig. 3) muestran una menor concentración de los tenores de arcilla: solamente 64 % de ellos poseen 40 a 60 % de arcilla y casi 30 % poseen entre 20 y 40 %.

Otra forma de expresar las diferencias texturales - quizá más clara - es observando que en el Grupo B los subsuelos con más de 40 % de arcilla son el 47 % del total de suelos del grupo. Subsuelos de ese nivel de arcilla en cambio alcanzan a 79 % en el Grupo C y a 72 % en el Grupo D.

La textura del horizonte superficial del suelo también fue analizada a nivel de GH, aunque con menor énfasis

Porque si bien la granulometría de la superficie influye decisivamente sobre la velocidad de infiltración, ésta también es afectada en alto grado por la estructura de ese horizonte. Como ella a su vez se modifica fácilmente por el

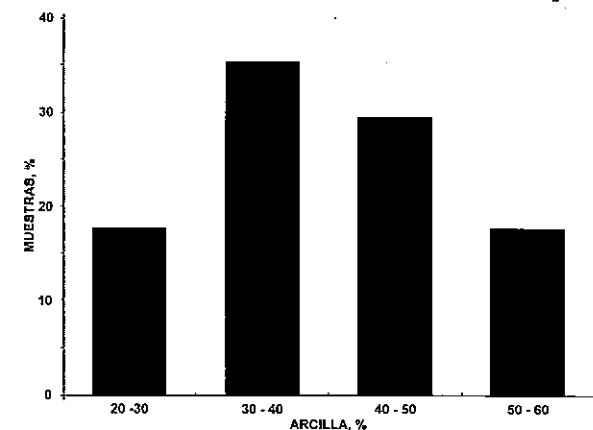


Figura 1. Contenido de arcilla del subsuelo de suelos del Grupo Hidrológico B

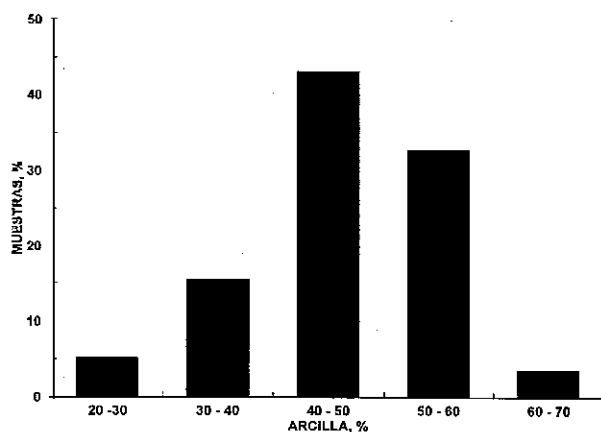


Figura 2. Contenido de arcilla del subsuelo de suelos del Grupo Hidrológico C

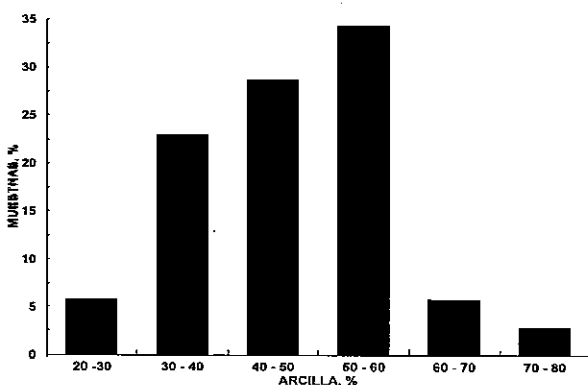


Figura 3. Contenido de arcilla del subsuelo de suelos del Grupo Hidrológico D

laboreo del suelo, la granulometría del horizonte superficial por sí sola no debería guardar una relación tan directa con el movimiento del agua como ocurre con la del subsuelo.

Con las salvedades precedentes, se puede afirmar que el contenido medio de arcilla es casi idéntico en el horizonte superficial de los suelos de los Grupos B y C (20,4 y 23,8 %) y algo mayor en los del Grupo D (28,5 %). La variabilidad es sin embargo bastante elevada en todos los casos, como lo indican los coeficientes de variación de 39, 37 y 50 % para los Grupos B, C y D respectivamente. Estos valores son muy superiores a los vistos para el subsuelo donde oscilaban entre 18 y 25 %. Es evidente que las texturas del subsuelo son más uniformes (y finas) que en el horizonte superficial de la gran mayoría de los suelos, lo que reafirma la importancia decisiva de aquel en el control ejercido sobre la transmisividad de agua en el perfil.

Mediante la prueba de comparación de medias se verifica que el Grupo B difiere significativamente (al 5%) en el contenido de arcilla de la superficie con relación al D, pero que no hay diferencias significativas al mismo nivel de confianza entre los Grupos B y C ni entre los Grupos C y D (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación estadística de los contenidos medios de arcilla del horizonte A de suelos de diferentes grupos hidrológicos

	Grupos B y C	Grupos C y D	Grupos B y D
t	1,617	1,840	2,793
t crítico	2,024	2,004	2,002

No obstante la variabilidad textural del horizonte superficial en los diferentes GH, existe un predominio de texturas más livianas en el Grupo B, donde 90 % de los suelos poseen menos de 30 % de arcilla en dicho horizonte (Fig. 4). En el Grupo C solamente 75 % de los suelos no superan ese tenor de arcilla (Fig. 5) y en el Grupo D, donde se incluyen - entre otros - a los Vertisoles, sólo 53 % de los suelos posee menos de 30 % de arcilla (Fig. 6).

El movimiento del agua en el suelo - tanto el ingreso como el pasaje a través del perfil - está controlado no solamente por la granulometría de los horizontes sino también por su estructura y por la naturaleza de los minerales arcillosos, esencialmente en lo relativo a su expansibilidad.

La estructura de la capa superficial está sujeta a variaciones debidas al manejo del suelo, por lo que se hace virtualmente imposible considerarla al nivel de este trabajo. Debería sin embargo considerársela como elemento esencial al estudiar áreas reducidas, a nivel de chacra o pequeñas cuencas, porque en tal caso el manejo anterior y actual del suelo puede haber modificado sustancialmente la estructura natural del suelo.

En los horizontes subsuperficiales la estructura es más estable a lo largo del tiempo y más independiente del manejo del suelo. En este estudio no se hace un énfasis signifi-

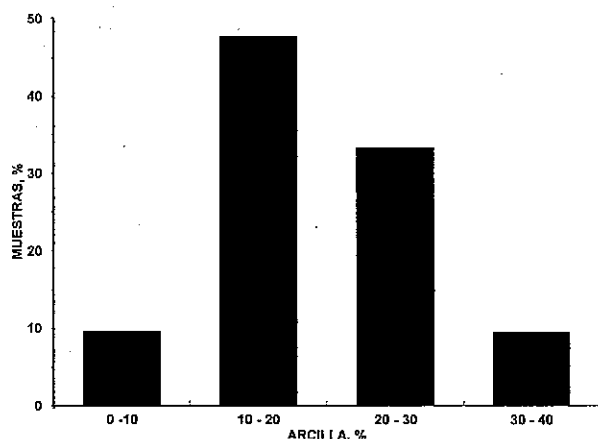


Figura 4. Contenido de arcilla del horizonte A de suelos del Grupo Hidrológico B

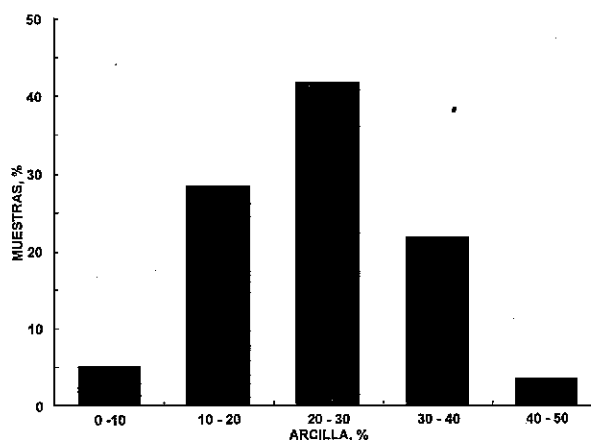


Figura 5. Contenido de arcilla del horizonte A de suelos del Grupo Hidrológico C

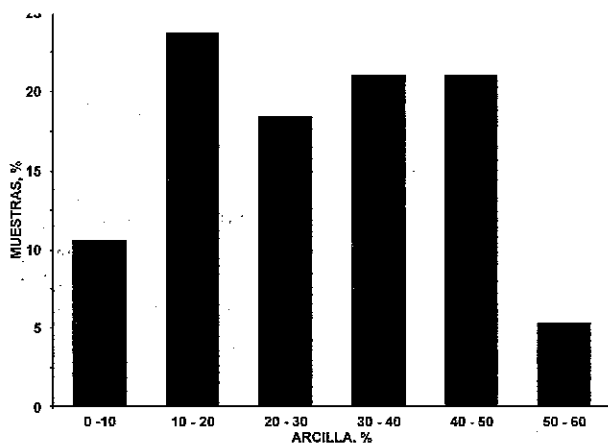


Figura 6. Contenido de arcilla del horizonte A de suelos del Grupo Hidrológico D

tivo sobre la estructura del subsuelo porque no existe investigación que la relacione cuantitativamente con la conductividad hidráulica, aunque se conoce su efecto en casos extremos tales como el de los suelos solonchizos. Por otra parte, la información disponible indica que en casi todos los suelos con horizonte argilúvico - dominantes en el país - la estructura es relativamente uniforme con claro predominio de la de bloques gruesos o menos frecuentemente prismas. Ello se observa en todos los GH, aunque sin duda la estructura prismática es más frecuente en subsuelos de perfiles incluidos en el Grupo D (Planosoles y Suelos Halomórficos).

Aunque no hay información suficiente que lo avale, es muy probable que la estructura primaria en bloques pequeños de los horizontes B ricos en óxidos de hierro de algunos Brunosoles y Luvisoles de la zona serrana con sustrato cristalino favorezca una conductividad hidráulica relativamente elevada para los contenidos de arcilla de tales horizontes que no son bajos. Dicha estructura es macroscópicamente muy porosa y se asocia a una elevada friabilidad en estado húmedo; el potencial de expansión de tales suelos es relativamente bajo debido a la dominancia de arcillas de espaciado basal estable (micas y caolinitas) según investigación reciente (Durán e Ippoliti, no publicada).

La mineralogía de la fracción arcilla no ha sido suficientemente investigada en los suelos del país, pero existe conocimiento suficiente de las principales diferencias entre Ordenes y Grandes Grupos de Suelos como para sacar algunas conclusiones importantes.

En la mayoría de los suelos, conforme a las investigaciones realizadas por diversos autores y recopiladas por Durán (1991), predominan las arcillas de tipo 2:1, lo que es característico de la zona climática en que está ubicado el Uruguay. Se observan sin embargo variaciones en las proporciones en que ocurren micas y esmectitas que son casi los únicos minerales identificados, junto a interestratificados del tipo illita-montmorillonita o illita-vermiculita. Los minerales de estructura 1:1 aparecen en forma subordinada en muchos Suelos Melánicos y Saturados Lixiviados (y algunos Litosoles), pero son en cambio dominantes en Suelos Desaturados Lixiviados.

Durán (datos no publicados) estimó la capacidad de intercambio catiónico de la fracción arcilla de un gran número de perfiles representativos de los principales suelos del país por regresión múltiple siguiendo la metodología descrita por Vítora y Zamalvide (1972). Por esa vía obtuvo una estimación indirecta y aproximada de los minerales arcillosos dominantes en los suelos investigados. Considerando solamente el horizonte subsuperficial, aquel autor encontró que la capacidad de intercambio de la fracción arcilla alcanza valores elevados, mayores de 50 me.100 g⁻¹ de arcilla, en casi todos los suelos profundos o moderadamente profundos, lo que indica dominancia más o menos clara de arcillas 2:1. Los valores calculados para Resultados de investigaciones más recientes sobre la naturaleza de los minerales arcillosos de Luvisoles y Acrisoles confirman lo expresado (Durán, Ippoliti y Califra, no pu-

blicado). Estos autores encontraron que la fracción arcilla de 4 perfiles de esos Grandes Grupos presentaban metahalloysita, mica e interestratificados mica-esmectita¹ como arcillas dominantes.

La presencia de roca consolidada a escasa profundidad, como es el caso de los Litosoles, influye sobre la penetración y movimiento del agua en el suelo de igual manera a un horizonte edáfico impermeable. Ello puede dar lugar a altos potenciales de escurrimiento como lo mencionan Burgos y Corsi (1978) al señalar que los principales ríos del país se originan en áreas con fuertes excesos hídricos, caracterizadas por el predominio de suelos muy superficiales sobre rocas ígneas.

La obtención de información nacional sobre precipitación y escurrimiento a nivel de pequeñas cuencas y la ampliación de la ya existente sobre infiltración y permeabilidad de los suelos son objetivos prioritarios del esfuerzo de mejoramiento de la clasificación hidrológica de los suelos del país. No obstante, la presentada en este trabajo constituye una base muy aceptable para aplicar el método de la curva número del SCS en estudios hidrológicos. Una evidencia de ello es el buen resultado alcanzado por Vallarino, Teixeira y Eguía (1993) en la modelación hidráulica e hidrológica de los Arroyos India Muerta y Sarandí de los Amarales, donde se trabajó con dicho método.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. C. Steven Holzhey del National Soil Survey Center, U.S. Department of Agriculture por sus sugerencias en cuanto al enfoque del trabajo y por el aporte de información sobre la clasificación hidrológica de suelos de EE.UU., representativos de los diferentes grupos, que sirvieron como referencia y control para la clasificación de los suelos del Uruguay.

A la Bach. Virginia Caravia, estudiante de la Facultad de Agronomía, quien prestó su colaboración desinteresada para introducir y procesar en computadora la información morfológica de los suelos objeto de este estudio.

BIBLIOGRAFIA

BURGOS, J. J. y W. CORSI. 1978. Estimación del balance de agua en la República Oriental del Uruguay. In: Reunión de la Comisión Asesora del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas, IV. Montevideo.

DIRECCION DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1979. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay - Tomo III: Clasificación de Suelos MAP/DSF, Montevideo.

DURAN, A. 1991. Los Suelos del Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo.

GARCIA PRECHAC, F. 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos - 3ª aproximación. Serie Técnica N° 26 INIA, Montevideo.

HOEKSTRA, A. 1969. Some physical characteristics of the sedimentary soils around the Merim Lagoon. CLM/PNUD/FAO, Treinta y Tres.

KAPLAN, A. y J. PONCE DE LEON. 1981. Caracterización de un Vertisol de la unidad La Carolina. I: Propiedades físicas. Tesis Ing. Agr., Univ. de la República. Fac. Agron., Montevideo.

LAYA, H. A. y N. M. AMIOTTI. 1980. Clasificación hidrológica de los suelos y problemas de erosión en las cuencas al norte del valle medio - superior del Río Negro. In: IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Actas. pp. 1137-1150.

MOCKUS, V. 1972. Hydrologic soil groups (Chapter 7) In: National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. NEH Notice 4-102. USDA.

PAZOS, J. 1981. Identificación de los minerales arcillosos de los suelos utilizados en un ensayo de dinámica de potasio. Tesis Ing. Agr., Univ. de la República. Fac. Agron., Montevideo.

PONCE DE LEON, R. y M. CAPURRO. 1980. Caracterización física de suelos representativos del área granjera sur. Tesis Ing. Agr., Univ. de la República. Fac. Agron., Montevideo.

PUEÑTES, R. 1983. Una metodología para evaluar la capacidad de uso de las tierras. Primeros resultados. MAP/IICA/INC. Montevideo.

SOIL SURVEY STAFF. 1951. Soil Survey Manual. Handbook N° 18. United States Department of Agriculture. U.S. Printing Office, Washington, D.C.

TERZAGHI, A. y J. C. SGANGA. 1982. Características físicas de los principales suelos agrícolas de Canelones - Montevideo. Su interpretación agronómica. I: Susceptibilidad a la erosión. Bol. Téc. N° 8. MAP/DS, Montevideo.

USDA. 1959. Certain properties of selected southeastern United States soils and mineralogical procedures for their study. Southern Regional Bulletin 61 for Cooperative Regional Research - Project S-14. Virginia Agr. Exp. Sta., Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA.

VALLARINO, H., L. TEIXEIRA y H. EGUÍA. 1993. Regulación hídrica en los Bañados de Rocha, sus canales y adyacencias. OPP/MTOP/FONADEP.

VICTORA, C. y J. P. ZAMALVIDE. 1972. Contribución de la materia orgánica a la capacidad de intercambio catiónico en distintos suelos del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Univ. de la República. Fac. Agron., Montevideo.

SWCS. 1993. RUSLE - User's Guide. Revised Universal Soil Loss Equation, Version 1.03. Soil and Water Conservation Society.

¹ Estos interestratificados se identificaron solamente en algunos horizontes profundos de los suelos investigados.