

# CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE TRES PERFILES DE SUELO DE LA SELVA NUBLADA DE RANCHO GRANDE EN EL PARQUE NACIONAL "HENRI PITTIER"

*Structural Characteristics of three pedons from cloudy forest of Rancho Grande in the National Park "Henri Pittier"*

Prada, Raiza-\* y Stalin Torres\*\*

\* Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4579, Maracay 2101 A.

\*\* Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4579, Maracay 2101 A.

---

## Resumen

Los suelos de selva nublada de Rancho Grande, forman parte del Parque Nacional "Henri Pittier". Esta zona es importante como ecosistema de gran diversidad biológica de frágil equilibrio, reserva de agua, y fuente para el desarrollo de investigaciones científicas, recreación y turismo. La colección de monolitos de tres suelos de la selva nublada de la estación biológica de Rancho Grande se exhiben en el museo del CIRS-UCV-FAGRO y en la estación biológica Rancho Grande. Según el Soil Taxonomy (USDA, 1994), los suelos se clasifican como: Typic Humitropepts, francosa fina, mixta, isotérmica (ARA-1: selva nublada superior, 1.700 m.s.n.m.); Typic Hapludults, francosa gruesa, mixta, isohipertérmica, (ARA-2: selva nublada, 1.350 m.s.n.m.); y Typic Haplohumults, arcillosa fina, caolínica, isohipertérmica, (ARA-3: selva nublada de transición, 1.150 m.s.n.m.), y según el sistema F.A.O (FAO, 1994) como: Dystric Cambisols ARA-1, y Haplic Alisols ARA-2 y ARA-3. Se resaltan las características físicas que revelan la fragilidad de estos suelos y su susceptibilidad a cambios bajo condiciones naturales por el efecto de relieve, geología y condiciones climáticas o por acción del hombre, siendo necesario un estricto control de las intervenciones de la selva nublada dentro del área montañosa.

**Palabras claves:** Monolito de suelo, estación biológica Rancho Grande, clasificación de suelos, propiedades físicas, precipitación.

## Summary

The soils of the cloudy forest of Rancho Grande, are located at the National Park "Henri Pittier". This area is an important ecosystem with a wide biological diversity of fragile balance. It works as a water reserve and it is a place for the development of scientific research, recreation and tourism. This work is based on the collection of monoliths formed by three soils from this cloudy forest, exhibited at the CIRS-UCV-FAGRO Museum and at the Rancho Grande Biological Station. According to the Soil Taxonomy (USDA, 1994) these soils classify as: Typic Humitropepts, fine-loamy, mixed, isothermic (ARA-1: high cloudy forest 1.700 m.s.n.m.); Typic Hapludults, coarse-loamy, mixed, isohyperthermic, (ARA-2: cloudy forest, 1.350 m.s.n.m.); and Typic Haplohumults, fine clayey, kaolinitic, isohyperthermic, (ARA-3: cloudy forest of transition, 1.150 m.s.n.m.). Following the F.A.O. Soil Classification System (F.A.O, 1994), these soils were classified as: Dystric Cambisols ARA-1, and Haplic Alisols ARA-2 and ARA-3. The soil physical properties show the fragility of these soils and their susceptibility to changes under natural conditions due to steep slopes, geology and weather; as well as their fragility under anthropic intervention. As a result, it is necessary a strong control of the interventions of this ecosystem inside the mountain area.

**Key words:** Soil monoliths, Rancho Grande biological station, soil classifications, physical properties.

---

## INTRODUCCIÓN

El término de selva nublada no se restringe a la cobertura vegetal, el mismo engloba también al medio edáfico. En este ecosistema, las relaciones entre vegetación y suelos son particularmente estrechas y recíprocas: el suelo como soporte de la vegetación, la vegetación como protectora del suelo, el suelo como filtro regulador de las aguas interceptadas por la vegetación, la vegetación como elemento activo del reciclaje de nutrientes en el suelo, etc. (Elizalde y Vilorio, 1995).

La cobertura boscosa por su parte contribuye por vía natural a la regulación del régimen de los ríos y al control de las inundaciones en las tierras bajas de los Llanos y de la depresión del Lago de Valencia (Zinck, 1986). El desarrollo de una vegetación boscosa (selva nublada), que cubre completamente la superficie del terreno, evita la acción erosiva directa

de las lluvias, por lo que una mayor proporción de agua penetra en el suelo, conduciendo al desarrollo y conservación de suelos y mantos espesos (Elizalde *et. al.*, 1987).

Considerando que el clima de la zona corresponde al Bosque húmedo tropical, con provincia de humedad húmeda (bh-Th) según las zonas de vida de Holdridge, y que presenta en su precipitación promedio un excedente anual de 1.128 mm entre los meses de Abril a Diciembre (Prada y Torres, 1997), esto sugiere que el ciclo hidrológico, en el piso de montaña de selva es el más abastecido de agua por las lluvias y sirve como filtro de agua y regulación de crecidas, control de inundaciones y de caudal de los ríos de las zonas bajas de la cuenca.

En la selva nublada se establece una íntima e importante relación entre la cobertura vegetal y los suelos. Los suelos en este ambiente, debido a la fácil penetración de agua gracias a

la vegetación, evolucionan hacia una pedogénesis acelerada y por consiguiente su empobrecimiento estructural, de nutrientes y de materia orgánica (Elizalde y Viloria, 1995).

Por tanto en condiciones naturales, los procesos erosivos por causas naturales o por la acción del hombre, conducen a la remoción de detritos o rocas, mediante movimientos en masa u otras formas de movimiento, que llegan a desplazar por flujos de barro o también por torrentes de agua de gran velocidad. Procesos erosivos que ocurren por efecto de la interacción de factores como el relieve, las condiciones geológicas y condiciones meteorológicas en este paisaje (Elizalde *et al.*, 1987).

La evaluación de las características estructurales de estos suelos fue parte importante del estudio de los tres tipos de selva nublada de Rancho Grande (Parque Nacional Henri Pittier), ubicados a lo largo de un gradiente altitudinal, respaldada por datos e información obtenidos a través de una caracterización detallada de los suelos, con el propósito de divulgar y exhortar la necesidad de su protección y conservación.

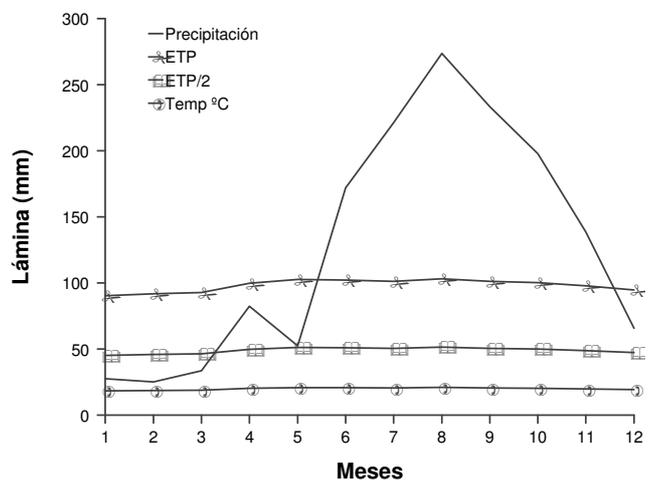
## MATERIALES Y MÉTODOS

En el trabajo se preparó una colección de monolitos de los suelos de acuerdo a los tres tipos de selva nublada descritos por Zinck (1986), en Rancho Grande, Ocumare de la Costa, estado Aragua. Estos perfiles se exhiben actualmente en el museo del CIRS-UCV-FAGRO y en las instalaciones de la Estación Biológica de Rancho Grande. Los perfiles de suelo fueron extraídos de cada zona de acuerdo a la división de paisajes de la selva nublada del Parque Nacional "Henri Pittier" expuesta por Huber (1986), ubicándose el primer monolito de suelo en la Selva Nublada Superior a 1.700 m.s.n.m. e identificado como ARA-1, un segundo monolito ARA-2, en la Selva Nublada propiamente dicha a 1.350 m.s.n.m., y por último en la Selva Nublada de Transición a 1.150 m.s.n.m. el monolito ARA-3, que fueron obtenidos a partir de columnas de suelo por el método del monolito, ajustado a las condiciones de suelos de montaña por Martínez y Torres (1996).

Las características granulométricas se determinaron en muestras disturbadas de suelo, en el Laboratorio General del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la U.C.V., en Maracay siguiendo la metodología aplicada en este Laboratorio (Cori *et al.*, 1993). Aunque no se presenta en este trabajo, a las muestras colectadas se les realizó una caracterización biológica de los horizontes orgánicos de cada perfil de suelo, en el Laboratorio Regional de Suelos y Aguas, Servicio Autónomo de Conservación de Suelos y Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Región 16, Portuguesa; una caracterización mineralógica de la fracción arcilla (Malagón, 1979), en el Laboratorio de Agrología del Instituto de Edafología, y análisis de arcillas por microscopía electrónica de barrido (Prada y Torres, 1997), en el Centro de Microscopía Electrónica del Instituto de Botánica, ambas entidades de la Facultad de Agronomía de la U.C.V., en Maracay.

La caracterización física de los suelos se realizó con muestras de suelo no disturbadas llevadas al laboratorio de física de suelos del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la U.C.V., en Maracay, siguiendo las metodologías descritas por Pla (1983). La descripción detallada de estos suelos incluye sus cualidades físicas, distribución del tamaño de partículas y sus índices estructurales (densidad aparente, porosidad, conductividad hidráulica, módulo de ruptura y límites de Atterberg).

En relación a las características del ambiente, para la elaboración del climadiagrama de la zona (Figura 1), se utilizaron los datos de precipitación efectiva (45%) del período (1967-1994) registrados por el MARNR (1996), y la estimación de la evapotranspiración de referencia en base los índices calóricos establecidos por Thornwaite con fórmulas empíricas que consideran como parámetros ambientales a la temperatura del aire (temperatura media) determinada en la zona por Huber (1986) con el método de Boussingault.



**Figura 1.** Climadiagrama de la Estación biológica de Rancho Grande. Precipitación efectiva (45 %).

**Fuente:** Estación Biológica de Rancho Grande. 1994. Base de datos de precipitación diaria de la Estación Biológica Rancho Grande (Archivo 0426 SAL). Período 1967-1994). Serial: 426.0. Zona 02. MARNR - DGSIA.

A partir de estas variables se estimaron valores de evapotranspiración de referencia (Eto) en base a fórmulas empíricas de Thornthwaite, descritas por Moreno (1994), quien considera como parámetros ambientales a la temperatura media como un buen índice para el cambio de fase del agua en la evaporación.

De esta manera se estimaron dos índices calóricos:

*Índice calórico mensual (i):*

$$i = (T / 5) 1,514$$

donde: T= Temperatura media mensual.

$$\text{Indice calórico anual (I): } I = \sum_{I=1}^{12} \left[ \frac{T}{5} \right]^{1,514}$$

y la ETo mensual en cm de

lámina:

$$ET_0 = 1,6 [ ( 10 \cdot T)^a ] / I ]$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0.018 \times I + 0.492$$

La precipitación efectiva, corresponde a estimaciones

del porcentaje de intercepción de la lluvia en un 35%, considerando varios niveles de intercepción por la vegetación (estratificación del bosque), de los cuales un 5% fluye por los troncos hasta el bosque, por lo que al final, sería un 30% de intercepción (Guevara y Cartaya, 1991); y al cálculo de la tasa de escorrentía (coeficiente de escorrentía), fundamentado en el tipo de cobertura vegetal (bosque con densa vegetación), la permeabilidad del suelo (permeable) y la topografía (pendiente pronunciada >50%, conformada por montañas y colinas inclinadas). Estos factores determinan un coeficiente de escorrentía de 0,25, o sea, una tasa de escorrentía de un 25% (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Estimación de la evapotraspiración de referencia (ET0) en mm, en base a los índices calóricos establecidos por Thornthwaite.

Mes	Precipitación efectiva	Escorrentía	ET0	ET0/2	Indice calórico	
					Temp °C	i
Enero	12,42	6,90	30,26	15,13	18,40	7,1894
Febrero	11,29	6,27	30,75	15,37	18,70	7,3676
Marzo	15,13	8,41	31,07	15,54	18,90	7,4873
Abril	37,09	20,61	33,36	16,68	20,30	8,3427
Mayo	23,63	13,13	34,34	17,17	20,90	8,7189
Junio	77,41	43,01	34,18	17,09	20,80	8,6558
Julio	99,50	55,28	33,85	16,93	20,60	8,5301
Agosto	123,09	68,38	34,51	17,25	21,00	8,7821
Septiembre	104,92	58,29	33,85	16,93	20,60	8,5301
Octubre	89,02	49,46	33,53	16,76	20,40	8,4050
Noviembre	62,34	34,64	32,71	16,35	19,90	8,0951
Diciembre	29,55	16,42	31,73	15,86	19,30	7,7285
<b>TOTAL</b>	<b>685,40</b>	<b>380,78</b>	<b>394,14</b>	<b>197,07</b>	<b>20,60</b>	<b>97,8327</b>

Indice calórico

#### Fórmula de Thornthwaite

A	B	C	a = A+B+C
$6,75 \cdot 10^{-7} \cdot (\hat{a}i)^3$	$7,71 \cdot 10^{-5} \cdot (\hat{a}i)^2$	$0,018 \times (\hat{a}i)$	$a$
0,6321	0,73794	1,761	2,1471

Fuente: (Prada y Torres, 1997).

Se realizó la clasificación taxonómica tomando en cuenta los criterios del Soil Taxonomy (U.S.D.A.,1994), para los perfiles ARA-1: Typic Humitropepts, francosa fina, mixta, isotérmica; ARA-2: Typic Hapludults, francosa gruesa, mixta, isohipertérmica; y ARA-3: Typic Haplohumults, arcillosa fina, caolinítica, isohipertérmica los cuales clasifican en el sistema

del mapa de suelos del mundo (F.A.O-UNESCO, 1994) como: Dystric Cambisols ARA-1 y Haplic Alisols ARA-2 y ARA-3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características estructurales de estos perfiles de suelo muestran en cierto grado las diferencias entre estos ambientes de selva nublada, considerándolos parte de un ecosistema producto de las interacciones entre los medios o condiciones atmosféricas, biológicas, hidrológicas y edáficas de su entorno.

Las propiedades físicas del suelo están representadas principalmente por la textura y estructura del suelo. Estas propiedades ayudan no sólo a determinar la capacidad en la suplencia de nutrimentos del suelo sino también la suplencia del agua y aire necesarios para el desarrollo de las actividades radiculares de las plantas (Brady, 1990). Sin embargo, los índices que permiten reflejar estas propiedades también responden acerca de los diferentes materiales y evolución de cada suelo en base a la tendencia de cada fracción en la profundidad del perfil en el caso de la distribución del tamaño de partículas. Igualmente informan sobre la resistencia a la desintegración de los agregados que forman la estructura del suelo, y la resistencia mecánica a la penetración radical (módulo de ruptura).

Asimismo, el índice de conductividad hidráulica muestra la facilidad con que los poros permiten el movimiento de agua en el perfil por efecto de la gravedad, análisis que facilita la interpretación del drenaje interno o la eliminación del exceso de agua en el perfil.

### Caracterización física del perfil ARA-1

El área del perfil ARA-1 corresponde al sitio El Refugio de Pico Guacamaya en la selva nublada superior a 1.700 m.s.n.m. Es un área de cumbre de topografía ligeramente inclinada con 3-5% de pendiente; pero a poca distancia de una vertiente escarpada con 40-50% de inclinación. Las propiedades físicas del suelo muestran una clase textural predominantemente franco arenosa (Fa), (Cuadro 2), que define a una equilibrada distribución de las partículas y por su condición arenosa tienden a ser sus suelos permeables al agua y aire, penetrables por las raíces. Sin embargo, su retención de humedad es media a baja, así como su capacidad de retener nutrimentos.

**Cuadro 2.** Distribución de tamaño de partículas del perfil ARA-1.

Identificación de Horizontes	A r e n a (mm)					Limo	Arcilla	Clase Textural	
	Muy Gruesa	Gruesa	Media	Fina	Muy Fina				
	2 - 1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
A (0-14 cm)	1,71	1,79	11,74	32,74	7,32	55,31	22,59	22,10	FAa
Bw <sub>1</sub> (14-48 cm)	1,11	3,35	17,39	33,44	5,16	60,45	19,15	20,40	FAa
Bw <sub>2</sub> (48-80/100 cm)	1,53	4,76	14,08	35,72	8,19	64,28	21,72	14,00	Fa
C <sub>1</sub> (80/100-120 cm)	2,55	6,38	17,51	40,67	9,84	76,95	14,15	8,90	Fa
2C <sub>2</sub> (120-172 cm)	4,04	18,32	36,64	24,52	5,39	88,90	4,90	6,20	a
3C <sub>3</sub> (172-200 cm)	2,55	8,90	24,77	34,07	5,68	75,96	14,64	9,40	Fa

Como parte de los índices estructurales (Cuadro 3) la densidad aparente del primer horizonte del perfil ARA-1, identifica a un suelo de buena porosidad en razón de su alto contenido de materia orgánica (4,18%), por acumulación de biomasa del bosque nublado en este horizonte superficial. Por el contrario los horizontes subsiguientes presentan altos valores de densidad aparente que sugieren que el agente cementante principal de estos suelos arenosos es la materia orgánica. El horizonte superficial del perfil ARA-1 muestra baja permeabilidad, condición anormal debida probablemente al sellado de poros que producen las partículas de arena fina y limo, ya que se esperaba que el horizonte superficial mostrara condiciones más permeables por su textura. Los horizontes sucesivos presentan mejor conductividad hidráulica. Los valores de resistencia a la ruptura de los cilindros de suelo seco en el perfil ARA-1, son insignificantes demostrando que su grado de estructuración es muy bajo ya que los materiales predominantes son esqueleto libre como los cristales de mica y cuarzo observados por microscopía electrónica de barrido (Prada y Torres, 1997), que según la definición de Rondón y Elizalde (1994), son materiales que

han pasado del material parental al suelo y aún no han sufrido transformación, existen en forma libre y tienen baja reactividad.

**Cuadro 3.** Densidad aparente (Da), conductividad hidráulica (K), módulo de ruptura (MR) y porcentaje de materia orgánica del perfil ARA-1.

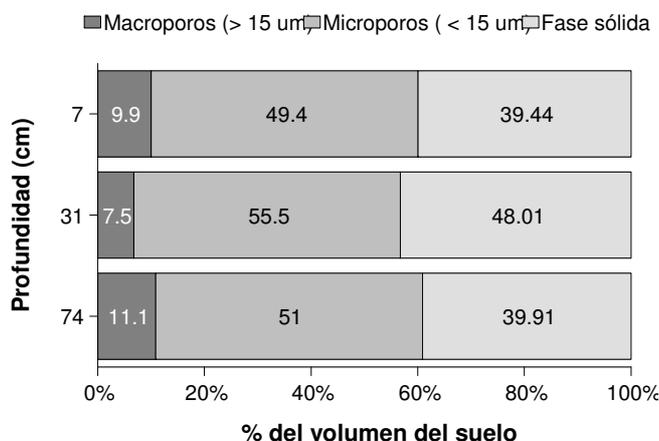
Horizonte	Da cilindro (g.cm <sup>-3</sup> )	K sat (cm.h <sup>-1</sup> )	MR (kg.cm <sup>-2</sup> )	MO (%)
A (0-14 cm)	1,55	0,211	0,15	4,18
Bw <sub>1</sub> (14-48 cm)	1,79	0,760	0,32	1,47
Bw <sub>2</sub> (48-100)	1,87	0,298	0,29	0,56

En relación a la porosidad, la proporción de macroporos en el perfil ARA-1, es baja (menos de 10%), aún siendo és-

te un suelo arenoso, ya que la mayoría de los fragmentos tamaño arena corresponden a arena media y fina. Esto nos hace inferir que el movimiento de agua y aire a través del perfil está determinado por su textura arenosa y no por un buen desarrollo estructural. La microporosidad, sin embargo, ocupa más del 80% de los poros totales del suelo, indicando que la retención de agua en el perfil no establece limitaciones y consigue saturarse rápidamente, pudiendo ser un inconveniente de presentarse fuertes precipitaciones en algún momento del año, lo cual puede provocar movimientos en masa fácilmente, si se considera la explicación de Zinck (1986), en que altos contenidos de arena fina, aceleran el paso al estado líquido del suelo (Figura 2).

Los horizontes en este perfil ARA-1, resultaron ser no plásticos en razón de sus bajos contenidos de arcilla, el tipo de estas arcillas y por su contenido de materia orgánica. El horizonte A clasificó como no plástico, a razón de las diferencias entre el límite inferior de plasticidad (31,2%) y un valor del límite superior por debajo del primero (22,7%), lo que sugiere que este material fluye rápidamente, pero el horizonte inferior Bw<sub>1</sub> presenta contenidos de humedad aún mas bajos en su límite inferior (28,6%) y su límite superior (23,5%) dando a este material mayor susceptibilidad a la solifluxión. Además, si se considera que el horizonte superficial está cubierto por un

manto vegetal espeso compuesto de hojarasca y raíces, hay un mayor contenido de materia orgánica que le evita fluir significativamente, y permite al agua infiltrar hasta los horizontes subyacentes (Cuadro 4).



**Figura 2.** Función de profundidad de la distribución del volumen total de poros del perfil ARA-1.

**Cuadro 4.** Índices de plasticidad en los primeros 100 cm de profundidad del perfil ARA -1.

Horizonte	LIP	LSP	DLP	Observaciones
A (0 -14 cm)	31.2%	22.7%	-8.5%	No plástico
Bw <sub>1</sub> (14 - 48 cm)	28.6%	23.5%	-5.1%	No plástico
Bw <sub>2</sub> (48 -100 cm)	25.8%	22.5%	-3.3%	No plástico

LIP: Límite inferior de plasticidad; LSP: Límite superior de plasticidad; DLP: Diferencia de límites de plasticidad.

#### Caracterización física del perfil ARA-2

El perfil ARA-2 se ubica en el área de La Cumbre de Rancho Grande a 1.350 m.s.n.m. dentro de la Selva Nublada propiamente dicha. Está formado por una vertiente de 30-50% de inclinación, donde la forma del terreno es bastante escarpada y el perfil está a un tramo de la vertiente de una quebrada. Presenta una textura predominantemente franco arenosa (Fa), (Cuadro 5), lo cual condiciona su buena permeabilidad al agua y al aire, además de la facilidad de penetración por las raíces.

El perfil de suelo ARA-2, presenta valores medios de densidad aparente desde el horizonte superficial (1,58 g.cm<sup>-3</sup>), siendo la materia orgánica quien fomenta la estructuración obteniendo una alta porosidad en proporción de microporos y macroporos en menos del 10%. El efecto del sellado de poros por las proporciones de arena fina y limo, se presenta en el perfil ARA-2 hasta la profundidad del horizonte 3Bt<sub>2</sub> (60 cm), y luego se observa un ascenso brusco en la conductividad del perfil. La tendencia de los valores de conductividad hidráulica y mó-

dulo de ruptura son similares; al disminuir la estabilidad del suelo se forman capas impermeables debido la obstrucción por la disgregación de partículas disminuyendo su permeabilidad.

En el perfil ARA-2, de vertiente inclinada, aún cuando predomina la textura franco arenosa, presenta el mayor contenido de humedad de los tres perfiles, en razón de que sus horizontes intermedios son mas arcillosos por efecto de la iluvación de arcilla, lo que sugiere una menor permeabilidad y almacenamiento excesivo de agua, esta es la razón por la que el suelo luego de recibir una alta precipitación, puede saturarse con facilidad y pasar de una fase sólida a plástica y moverse arrastrando a los horizontes superficiales (Solifluxión).

La estabilidad en el perfil ARA-2, sigue un comportamiento irregular por estar integrado por discontinuidades litológicas. Además, la presencia del horizonte argílico determina una mayor resistencia a la ruptura por efecto de un mejor desarrollo de la agregación del suelo.

**Cuadro 5.** Distribución de tamaño de partículas del perfil ARA – 2.

Identificación de horizontes	A r e n a (mm)					Limo	Arcilla	Clase Textural	
	Muy Gruesa	Gruesa	Media	Fina	Muy Fina				
	2 - 1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05				
A <sub>1</sub> (0-17 cm.)	0,45	1,26	3,89	27,83	12,45	45,88	48,82	5,30	Fa
2A <sub>2</sub> (17-40 cm.)	1,42	1,78	5,69	35,19	14,06	58,14	30,96	10,90	Fa
2Bt <sub>1</sub> (40-60 cm.)	2,09	3,03	7,41	32,85	14,21	59,59	27,21	13,20	Fa
3Bt <sub>2</sub> (60-82 cm.)	8,34	9,68	10,72	23,76	11,41	63,91	23,49	12,60	Fa
3Bt <sub>3</sub> (82-118 cm.)	10,91	13,86	14,30	23,27	10,58	72,92	10,78	16,30	Fa
4Bw <sub>1</sub> (118-147 cm.)	1,89	11,07	24,04	34,17	12,49	83,67	12,33	4,00	aF
5Bw <sub>2</sub> (147-161 cm.)	4,32	7,03	9,61	17,06	11,88	49,89	44,71	5,40	Fa
6C (161-200 cm.)	0,75	5,49	18,55	44,82	15,91	85,53	12,47	2,00	a

Las diferencias entre los grados de consistencia del perfil ARA-2 muestran que el contenido de arcilla es determinante en el grado de plasticidad o consistencia de los suelos, por lo que al ir profundizando en el perfil su contenido de arcilla va en aumento y de igual manera su plasticidad (Cuadro 6 y 7). Los horizontes A<sub>1</sub> y 2A<sub>2</sub> muestran baja plasticidad, pero la diferencia entre ambos límites, o sea el índice de plasticidad es distinto. En el horizonte A<sub>1</sub> existe un área muy pequeña entre sus límites inferior (32,4%) y superior (33,6%) de plasticidad. En cambio, el horizonte 2A<sub>2</sub> presenta una diferencia de un 4,2 % de (humedad por lo que pueden pasar rápidamente de un estado plástico a líquido). Esta característica lo hace bastante susceptible a la degradación al intervenirlo. Los horizontes de acumulación de arcilla Bt, muestran índices de plasticidad cada vez más altos, de acuerdo al aumento en sus contenidos de arcilla: para el horizonte 2Bt<sub>1</sub> un 6% en su índice refleja un moderado grado de plasticidad, al igual que el horizonte 3Bt<sub>2</sub> con un índice de 7,6% y el horizonte 3Bt<sub>3</sub> que muestra un índice de plasticidad de 12,7%, reflejando una alta plasticidad.

**Cuadro 6.** Densidad aparente, conductividad hidráulica (Ksat) módulo de ruptura (MR) y porcentaje de materia orgánica en el perfil ARA-2.

Horizonte	Da (cilindro) (g.cm <sup>-3</sup> )	K sat (cm . h <sup>-1</sup> )	MR (kg . cm <sup>-2</sup> )	MO (%)
A (0-17 cm)	1,58	0,015	0,19	3,95
2A <sub>2</sub> (17-40 cm)	1,60	0,144	0,14	2,03
2Bt <sub>1</sub> (40-60 cm)	1,71	0,039	0,31	0,96
2Bt <sub>2</sub> (60-82 cm)	1,80	0,202	0,43	0,79
3Bt <sub>2</sub> (82-118 cm)	1,78	1,000	0,29	0,66

*Caracterización física perfil ARA-3*

El perfil ARA-3, está ubicado en el área de la toma de

agua de la Estación Biológica a 1.150 m.s.n.m. en la Selva nublada de transición. El sitio es un corte escarpado con pendientes de 40-45%, vertiente de la quebrada de Rancho Grande. La textura del suelo es franco arcillosa (FA), (Cuadro 8). Su condición más arcillosa, determina una mejor retención de agua y nutrientes, esta condición de alto contenido de humedad es reflejada por los tres estratos de vegetación en el bosque nublado.

**Cuadro 7.** Índices de plasticidad en los primeros 100 cm de profundidad del perfil ARA 2.

Horizonte	LIP	LSP	DLP	Observaciones
A <sub>1</sub> (0-17cm)	32.4%	33.6%	1.2%	Baja plasticidad
2A <sub>2</sub> (17-40cm)	26.9%	31.1%	4.2%	Baja plasticidad
2Bt <sub>1</sub> (40-60cm)	28.3%	34.3%	6.0%	Moderada plasticidad
3Bt <sub>1</sub> (60-	23.0%	30.7%	7.6%	Moderada plasticidad
3Bt <sub>2</sub> (82-	12.6%	25.3%	12.7%	Alta plasticidad

El índice densidad aparente, muestra una condición ideal en el perfil ARA-3, en relación a las proporciones de poros que son ocupados por agua y aire, influenciado en primer lugar por el contenido de materia orgánica y arcilla. Mantiene de esta forma una densidad aparente de 1,16 g.cm<sup>-3</sup> en promedio hasta más allá de 100 cm, mostrando ser el perfil más profundo, de estructura más estable (Cuadro 9). Al igual que en los perfiles anteriores, sigue la tendencia a ir aumentando su densidad aparente con la profundidad, por incrementos de arena en sus horizontes más profundos al acercarnos a la roca saprolítica, donde no existe estructura de suelo. El perfil ARA-3, muestra una tendencia frecuente a una buena penetración de agua desde su horizonte superficial en razón de su elevado espacio poroso total (66,75%), y debido a que la cobertura vegetal no perturbada mantiene elevados índices de infiltración. Así mismo posee elevada capacidad de almacenamiento de agua. Luego la infil-

tración disminuye por efecto de la reducción de macroporos, lo que confirma la presencia de una discontinuidad litológica en el perfil. Los índices de ruptura en el horizonte superficial del perfil ARA-3, son los más altos en comparación con el resto de los perfiles, ya que su condición estructural es muy estable.

Existe una inclinación en la curva de ruptura que nos indica la presencia de dos materiales distintos en los primeros 100 cm del perfil, evidencia demostrada en la clasificación taxonómica de este suelo.

**Cuadro 8.** Distribución de tamaño de partículas del perfil ARA – 3.

Identificación de Horizontes	Arena (mm)						Limo	Arcilla	Clase Textural
	Muy gruesa	Gruesa	Media	Fina	Muy Fina	Total			
	2 - 1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	2-0,05	0,05- 0,002	<0,002	
A <sub>1</sub> (0-6 cm)	6,48	3,25	5,06	11,16	4,70	30,63	40,07	29,30	FA
2A <sub>2</sub> (6-24 cm)	1,45	3,54	5,90	12,44	6,31	29,63	33,57	36,80	FA
2Bt <sub>1</sub> (24-42 cm)	1,22	2,73	5,33	11,36	5,79	26,43	32,47	41,10	A
2Bt <sub>2</sub> (42-78 cm)	1,64	3,07	5,16	11,52	6,60	27,99	32,91	39,10	FA
2BC (78-138 cm)	2,25	3,85	7,03	14,69	8,72	36,54	33,16	30,30	FA
3C (138-200 cm)	3,68	11,40	18,26	28,84	17,84	80,02	17,28	2,70	aF

**Cuadro 9.** Densidad aparente y porcentaje de materia orgánica en el perfil ARA-3.

Horizonte	Da (cilindro) (g.cm <sup>-3</sup> )	K sat (cm . h <sup>-1</sup> )	MR (kg . cm <sup>-2</sup> )	MO (%)
2A <sub>2</sub> (6-24 cm)	1,16	27,28	0,27	2,84
2Bt <sub>1</sub> (24-42 cm)	1,18	7,36	0,18	2,08
2Bt <sub>2</sub> (42-78 cm)	1,14	21,73	0,23	1,27
2BC (78-138 cm)	1,37	1,64	0,16	0,89

La macroporosidad del perfil ARA-3, muestra que estos suelos son los que presentan mejor agregación, implicando una buena estabilidad. La conductividad del perfil evita la acumulación excesiva de agua, impidiendo se produzcan movimientos en masa de suelo en estado plástico, aún cuando su condición de contenido relativamente alto de arcilla (FA), le asegura una mayor estabilidad, siempre y cuando no se produzcan alteraciones al ecosistema. Los microporos por otra parte, ocupan un buen volumen de los poros totales del suelo, asegurando la retención de agua necesaria para el sostén de los tres estratos de vegetación que se desarrollan sobre este suelo.

**Cuadro 10.** Índices de plasticidad en los primeros 100 cm de profundidad en el perfil ARA 3.

Horizonte	LIP	LSP	DLP	Observaciones
A <sub>1</sub> (0-6cm)	50.7%	43.6%	-7.1%	No plástico
2A <sub>2</sub> (6-24cm)	39.9%	46.1%	6.3%	Moderadamente plástico
2Bt <sub>1</sub> (24-42cm)	42.3%	47.5%	5.2%	Moderadamente plástico
2Bt <sub>2</sub> (42-78cm)	43.1%	46.0%	2.9%	Baja plasticidad
2BC (78-138cm)	40.6%	43.1%	2.5%	Baja plasticidad

En el perfil ARA-3, se observan diferencias en relación al grado de consistencia de cada horizonte, siguiendo una ten-

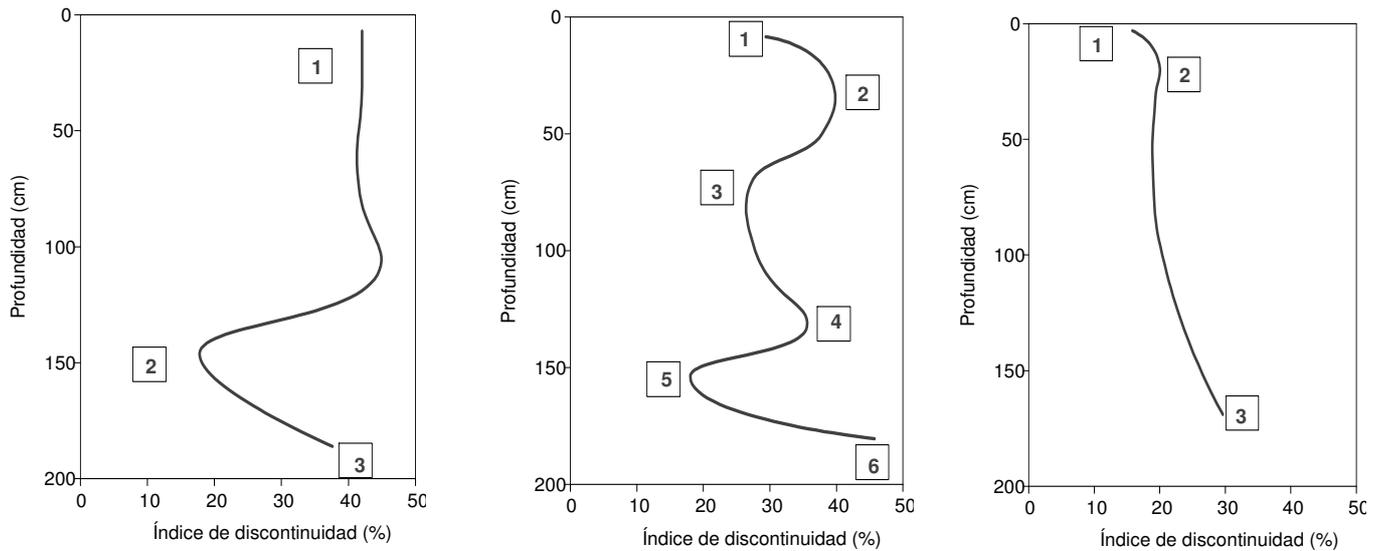
dencia similar a lo señalado por Zinck (1986), donde los horizontes superficiales se componen de materiales no plásticos, en razón de un alto contenido de materia orgánica, bajos contenidos de arcilla y el tipo de arcilla (Cuadro 10). El horizonte A<sub>1</sub> es no plástico, esto se justifica por su contenido de materia orgánica principalmente, que para el horizonte A<sub>1</sub> es de 7,96% y en el horizonte 2A<sub>2</sub> presenta un contenido de 2,84% de materia orgánica y un 36,8% de arcilla que lo califican con una moderada plasticidad. El horizonte 2Bt<sub>1</sub> se caracteriza por ser moderadamente plástico, debido a su contenido de arcilla (41,10%). Los horizontes subyacentes 2Bt<sub>2</sub> y 2BC se consideran con baja plasticidad, ya que la concentración de arcilla disminuye, así como los valores de materia orgánica.

Los perfiles reflejan un grado variable de estabilidad estructural, donde el perfil ARA-1 muestra la mayor densidad aparente y condición de suelo arenoso muy susceptible a la erosión, que aún se mantiene gracias al efecto amortiguador de la hojarasca y a la concentración de raíces en el horizonte superficial. El perfil ARA-2, presenta un cambio brusco en sus valores de densidad aparente, por la presencia de distintos materiales que han sido depositados uno sobre otro por movimientos en masa ocurridos en distintos tiempos (discontinuidades litológicas), evidenciado por el índice [arena fina/arena + limo]. Y por último, el perfil ARA-3 parece ser de mayor estabilidad estructural, mostrando así mayor grado de evolución, al considerar el modelo de estructuración de suelo propuesto por Rondón y Elizalde (1994), tal y como se aprecia en el cuadro 11 y la figura 5.

a) El Refugio (ARA - 1).

b) La Cumbre (ARA - 2).

c) La Toma (ARA - 3).



**Figura 5.** Distribución del índice de discontinuidad litológica (arena fina/ arena + limo). Perfiles ARA-1, ARA-2 y ARA-3.

**Cuadro 11.** Índices de discontinuidad de los perfiles ARA-1, ARA-2 y ARA-3.

Perfil	Horizontes	Índice (af/a+L)x100 (%)
<b>ARA-1</b>	A (0-14cm)	42.03
	Bw <sub>1</sub> (14-48 cm)	42.01
	Bw <sub>2</sub> (48-100cm)	41.53
	C <sub>1</sub> (80/100-120 cm)	44.64
	2C <sub>2</sub> (120-172 cm)	17.78
	3C <sub>3</sub> (172-200 cm)	37.60
<b>ARA-2</b>	A <sub>1</sub> (0-17cm)	29.39
	2A <sub>2</sub> (17-40cm)	39.49
	2Bt <sub>1</sub> (40-60cm)	37.85
	3Bt <sub>2</sub> (60-82cm)	27.19
	3Bt <sub>3</sub> (82-118cm)	27.80
	4Bw <sub>1</sub> (118-147 cm)	35.59
	5Bw <sub>1</sub> (147-161 cm)	18.03
6C (161-200 cm)	45.73	
<b>ARA-3</b>	A <sub>1</sub> (0-6 cm)	15.79
	2A <sub>2</sub> (6-24cm)	19.68
	2Bt <sub>1</sub> (24-42cm)	19.29
	2Bt <sub>2</sub> (42-78cm)	18.92
	2BC (78-138cm)	21.08
	3C (138-200 cm)	29.64

## CONCLUSIONES

Las variables físicas determinadas corroboran las observaciones de Zink (1986) y otros autores (Elizalde, Rosales y Bascones, 1987; Elizalde y Viloria, 1995) en relación al alto potencial y gran fragilidad de las condiciones estructurales de los suelos de la selva nublada. Por tanto, es de resaltar que es necesario el estricto control de las intervenciones de la selva nublada dentro del área montañosa, ya que por la acción humana se producen deforestaciones o quemas, que provocan cierto detrimento en los efectos de amortiguación y retención del agua de la cobertura vegetal, y entonces el agua fluiría y producirá procesos de erosión que pueden disminuir el espesor del suelo al ir eliminando su manto edafizado, produciéndose pérdidas paulatinas de la capacidad de retención de agua que mantiene la abundante vegetación que conforma la selva nublada y disminuyendo su capacidad de soporte.

El perfil ARA-2 refleja una gran variedad en sus materiales parentales, con la presencia de hasta seis discontinuidades litológicas, lo que evidencia la gran actividad morfodinámica a la que están sometidos estos ambientes y su fragilidad. Esto reafirma la inconveniencia de intervención de este tipo de ambiente.

Los suelos de las zonas localizadas en condiciones de vertiente (ARA-2 y ARA-3), presentan horizontes argílicos, que muestran mayor plasticidad y desarrollo que los suelos en posición de cumbre (ARA-1), horizontes que clasifican como cámbicos, no plásticos y de poco desarrollo.

El hecho que la cobertura vegetal no perturbada mantenga unos elevados índices de infiltración, no significa que las zonas forestales naturales reduzcan eficazmente la escorrentía mas allá de ciertos límites, ya que al rebasar estos altos índices

por efecto de intensas lluvias, causará tal escorrentía superficial que contribuirá a inundaciones corriente abajo.

Tal como fue considerado por Elizalde *et. al.* (1987), en relación a lo sucedido en la cuenca del río El Limón el 6 de setiembre de 1987, la pendiente, las condiciones edáficas y meteorológicas, son factores que en conjunto pueden provocar el desencadenamiento de procesos erosivos.

La zona de selva nublada es también susceptible de colapsar ante fuertes lluvias, fuertes pendientes y sobre todo por la inestabilidad física de sus suelos, de tal manera que la vegetación con varios doseles amortigua el efecto de la lluvia y asegura mayor retención de la misma impidiendo el deterioro del ecosistema, a través de procesos erosivos en masa, que se generalizan una vez que estos ecosistemas altamente frágiles son intervenidos.

### LITERATURA CITADA

- Brady, N.** 1990. The nature and properties of soils. Tenth Edition. Cornell University and United States Agency for International Development. New York. USA. 623 p.
- Cori, C. de.; T. Herrera; M. Acosta y A. Prada.** 1993. Métodos de análisis de suelo y plantas utilizados en el Laboratorio General del Instituto de Edafología. Cuadernos Agronomía , 6 (1), 89 p.
- Elizalde, G. y J. Viloria.** 1995. Descripción del perfil de Rancho Grande. XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. (Guía de gira de campo). Maracay. 66 p.
- Elizalde, G., A. Rosales y L. Bascones.** 1987. Aprender a convivir con la montaña. Catástrofe en la cuenca del río El Limón. Carta Ecológica. Revista bimensual. Departamento de Relaciones Públicas de Lagoven, S.A., Filial de Petroleos de Venezuela. N° 39: 1-4. 11 p.
- FAO-UNESCO.** 1994. Soil Map of the World. Revised Legend, with corrections. World Resources Report 60, FAO, Rome. Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1994. 140 p.
- Guevara, C. y J. Cartaya.** 1991. Hidrología. Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada. Gueca Ediciones. Valencia. Universidad de Carabobo. 358 p.
- Huber, O.** 1986. La selva nublada de Rancho Grande parque nacional "Henri Pittier". El ambiente físico, ecología vegetal y anatomía vegetal. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. Caracas. 288 p.
- Malagón, D.** 1979. Fundamentos de mineralogía de suelos. Sus orígenes y aplicaciones. Centro de Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Tomo I. Serie suelos y clima. Material de investigación. Mérida - Venezuela. 484 p.
- MARNR.** 1996. Base de datos de precipitación diaria de la estación biológica de Rancho Grande (Archivo 0426. SAL). Período (1967-1994). Serial: 426.0. Zona 02. M.A.R.N.R.-D.G.S.I.A.
- Martínez, M. y S. Torres.** 1996. Colección de Monolitos de Suelos Representativos de la Estación Experimental "Bajo Seco". Trabajo de grado. Departamento de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 103 p.
- Moreno, A.** 1994. Climatología Agrícola. Parte II. Guía teórica. Facultad de Agronomía. Departamento de Ingeniería Agrícola. U.C.V. Maracay. 106 p.
- Pla, I.** 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Alcance. Revista de la Facultad de Agronomía. Maracay. Venezuela. 32: 94 p.
- Prada, R. y S. Torres.** 1997. Colección de monolitos de tres suelos representativos de la selva nublada de la estación biológica de Rancho Grande "Dr. Alberto Fernández Yépez" en el Parque Nacional "Henri Pittier". Trabajo de grado. Departamento de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 121 p.
- Rondón, C. y G. Elizalde.** 1994. Procesos pedogenéticos en un modelo de sistema suelo, formado por nueve subsistemas. Venesuelos. Vol 2 (1): 32-36.
- SOIL SURVEY STAFF U.S.D.A.** 1994. Keys to soil taxonomy. U.S.D.A., N.R.C.S. Washington . 543 pp.
- Zinck, A.** 1986. Los suelos. Características y fragilidad de los suelos en ambiente de selva nublada: El ejemplo de Rancho Grande parque nacional "Henri Pittier". La selva nublada de Rancho Grande parque nacional "Henri Pittier". El ambiente físico, ecología vegetal y anatomía vegetal. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. Caracas. pp 31-108.