

# Influencia del suelo sobre las variaciones del sotobosque, en patios de rolas abandonados, Estación Experimental Caparo, Venezuela.

Soil influence on the understory variations, in abandoned log landing, Caparo Experimental station, Venezuela

José Lozada\*; Leonardo Lugo\*; Domingo Sánchez\*; Alberto Villarreal\*; Pilar Soriano\*\* y Manuel Costa\*\*

Recibido: 13-11-2009 / Aceptado: 27-05-2010

## Resumen

En los llanos occidentales de Venezuela se presentan planicies aluviales donde la dinámica geomorfológica origina una alta variabilidad textural en los suelos. El objetivo de este trabajo fue conocer la influencia de estas variaciones edáficas sobre la composición florística del sotobosque. Se identificaron sitios de "banco" (arenosos) y de "bajío" (arcillosos) y, en cada uno de ellos, se evaluaron sub-parcelas de sotobosque de 100 m<sup>2</sup>. El levantamiento incluyó las formas de vida de espermatofitas. Los resultados muestran que algunas especies se pueden considerar "indicadoras" en ciertas condiciones edáficas. En banco son *Cyperus sp.*, *Gouania poligama*, *Hybanthus prunifolius*, *Xiphidium coeruleum* y *Zanthoxylum sp.* y en bajío son *Asclepias curassavica*, *Heliconia sp.*, *Inga oerstediana*, *Luehea seemanii*, *Piper sp.* y *Triplaris americana*. Los índices de diversidad (riqueza y H') señalan que no hay diferencias significativas entre banco y bajío, y tampoco entre todos los patios y la vegetación potencial. Ambas condiciones edáficas parecen ofrecer las mismas ventajas para el establecimiento de especies. Por otro lado, en la actual etapa sucesional, se estima que las condiciones microclimáticas en el sotobosque son similares a las existentes en la vegetación potencial.

**Palabras clave:** relación suelo-vegetación, llanos occidentales, sucesión vegetal, especies indicadoras, banco, bajío.

\*Grupo de Investigación Manejo Múltiple de Ecosistemas Forestales (GIMEFOR), Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Facultad de Cs. Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Vía Chorro de Milla, 5101 Mérida, Venezuela. E-mail: jlozada@ula.ve

\*\*Jardín Botánico de la Universidad de Valencia. Calle Quart 80, 46008 Valencia, España.

### **Abstract.**

Geomorphological dynamics of the western Venezuelan alluvial plains produce a high textural variability in the soils. The objective of this work was to understand the influence of these edaphic variations on the floristic composition of the understory. "Levee" (sand) and "depression" (clay) sites were identified and, in each one of them, the understory was evaluated on 100 m<sup>2</sup> sub-plots. The survey included the spermatophyta life forms. The results show that some species may be considered "indicative" under certain edaphic conditions. In levee are *Cyperus sp.*, *Gouania poligama*, *Hybanthus prunifolius*, *Xiphidium coeruleum* and *Zanthoxylum sp.*; in depression are *Asclepias curassavica*, *Heliconia sp.*, *Inga oerstediana*, *Luehea seemanii*, *Piper sp.* and *Triplaris americana*. The diversity indexes (richness and H') point out to neither significant differences between sand and clay soil, nor between all the log landings and the potential vegetation. Both edaphic conditions seem to offer the same advantages for the establishment of species. On the other hand, in the current successional stage, it is considered that the understory microclimatic conditions are similar to the existent ones in the potential vegetation.

**Key words:** soil-vegetation relationship, western plains, forest succession, indicative species, sand soil, clay soil.

### **Introducción**

Las comunidades secundarias son etapas intermedias en la recuperación de un ecosistema que se ha perturbado y que debería avanzar hacia su estado original (Odum, 1972; Finegan 1997). Los bosques secundarios muestran un aparente equilibrio, con especies de crecimiento rápido y madera blanda, pero son reemplazados a su vez por especies arbóreas de crecimiento más lento, mucho más longevas y con maderas más pesadas y duras (Rivas-Martínez, 2004). La etapa final de la sucesión se denomina "clímax" y, aunque es uno de los conceptos que más ha generado controversia en ecología, todavía sigue siendo usado por numerosos autores (Smith & Smith, 2001; Dajoz, 2002; Rivas-Martínez, 2004; Strasburger *et al.*, 2004; Molles, 2005; Odum y Warret, 2006). Sin embargo, se ha planteado que no hay ecosistemas prístinos ya que la influencia humana está presente en la mayor parte de la biósfera (Bush *et al.*, 1989; Bush & Colinvaux, 1994). Por lo tanto,

se señala que es preferible utilizar el término “potencial” para referirse a la comunidad más desarrollada que se puede observar en un sitio determinado (Terradas, 2001).

En el aprovechamiento forestal no se produce una corta a mata rasa sino un aprovechamiento selectivo (Duque, 1993). Sin embargo, es necesario construir “patios de rolas” donde se hacen pequeñas deforestaciones para almacenar temporalmente la madera antes de ser llevada a los aserraderos; dichos patios alcanzan tamaños hasta de 5 ha. En estas zonas abiertas la luz aumenta más de 60 veces con respecto al sotobosque, la temperatura máxima del suelo aumenta más de 6°C y la humedad relativa en época seca se reduce a casi la mitad (Denslow, 1980).

La fuerte iluminación de las áreas perturbadas es aprovechada por las especies PIONERAS que dominan los primeros estadios sucesionales. Al haber un poco de sombra se pueden regenerar especies NÓMADAS que, en todo caso, necesitarán claros para alcanzar su máximo desarrollo. Cuando se alcanza una cobertura y estratificación, similar a la condición primaria, la luz es deficiente en los niveles inferiores y allí se desarrollan las especies TOLERANTES (Vásquez-Yanes y Guevara, 1985).

Por otra parte, en las perturbaciones muy intensas, la diversidad es muy baja en los primeros estadios ya que la fuerte iluminación favorece la dominancia de especies pioneras. Al restablecerse las condiciones microclimáticas típicas del bosque primario la diversidad aumenta (Lamprecht, 1990; Terradas, 2001).

La Reserva Forestal Caparo pertenece a una planicie aluvial, donde se presenta una dinámica de deposición de sedimentos que genera las unidades geomorfológicas conocidas como banco, bajío, esteros, orillares, desparramaderos, cauces abandonados, lagunas y pantanos (Schargel, 2005). En esta región se evaluaron bosques secundarios de hasta 19 años, originados por conucos abandonados, y se encontró una dominancia de ***Cecropia peltata***, ***Ochroma pyramidale*** y ***Cochlospermum vitifolium***; sin embargo las dos últimas especies, reducen su abundancia a partir de los 9 años (Gräfe, 1981). En bosques

con aprovechamiento selectivo de la Reserva Forestal Ticoporo, se ha confirmado el carácter pionero de *C. peltata* y *O. pyramidale* y se demostró que, después de 13 años de recuperación, especies típicas del bosque primario, como *Pachira quinata*, están prácticamente ausentes del bosque residual (Plonczak, 1993). En Caparo, se obtuvieron resultados similares para *P. quinata* en 19 años (Kammesheidt, 1990 y 1998).

El objetivo de este trabajo fue conocer la influencia de las variaciones edáficas sobre la composición florística del sotobosque, en patios de rolas abandonados, en la Estación Experimental Caparo (Venezuela).

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

La Reserva Forestal Caparo se encuentra en los llanos occidentales de Venezuela, al sur-oeste del Edo. Barinas, y tiene una superficie aproximada de 170.000 ha. La Estación Experimental está situada al oeste de la Reserva, en las coordenadas 70°50'W y 07°25'N, y posee aproximadamente 7.000 ha (Jurgenson, 1994).

El área pertenece a una llanura aluvial ubicada a unos 50 km de la Cordillera de Los Andes. La altitud media es 140 msnm, con desniveles máximos de 2 m en 10 km y una ligera inclinación del terreno hacia el este (Vincent, 1970; Jurgenson, 1994).

La temperatura media anual es de 24.8°C y la precipitación total anual es 1.753 mm. Las lluvias son marcadamente estacionales y van desde marzo hasta diciembre; el mes más lluvioso es julio (Franco, 1982). De acuerdo al Sistema de Clasificación Bioclimática (Rivas-Martínez, 2004), esta zona corresponde al tipo Tropical Pluviestacional, Infratropical Superior, Subhúmedo Superior.

Los suelos constituyen un continuo entre dos unidades geomorfológicas extremas (Franco, 1982; Schargel, 2005). El "Banco" se halla en posiciones relativamente altas, los suelos son de textura arenosa, moderado a bien drenados, con fluctuaciones del nivel freático, pero sin inundaciones. El "Bajío" está en posiciones bajas, expuesto a inundaciones, con una textura arcillosa, permeabilidad lenta y fuerte

moteo por óxidos de hierro y manganeso, debido a las fluctuaciones del nivel freático. El alto contenido de arcilla da origen al cuarteamiento, causado por la contracción y expansión de la misma. Este proceso, junto a una erosión reticular y la actividad de las lombrices, genera la formación de microzuros. Debido al material reciente, los suelos de la planicie aluvial son ricos en nutrientes, al compararlos con otros ecosistemas neotropicales (Kammesheidt *et al.*, 2001).

Los sitios específicos del estudio pertenecen a las siguientes comunidades, denominadas de acuerdo al Sistema de Tipificación de Caparo (Vincent, 1970):

.- Selva Decidua de Banco (SDBn), los patios se abrieron durante un aprovechamiento comercial realizado en 1990. La comunidad posee 3 estratos, un dosel de 30 m de altura y cobertura entre 65 y 75%. Las especies más importantes en el bosque potencial son ***Pterocarpus acapulcensis***, ***Attalea butyracea***, ***Hybanthus prunifolius***, ***Spondias mombim***, ***Brosimum alicastrum***, ***Coccoloba padiformis***, ***Pachira quinata***, ***Lonchocarpus pictus***, ***Protium crenatum*** y ***Syagrus sancona*** (Guevara, 2001).

.- Selva sub Siempre Verde de Bajío (SsSVBj), los patios se abrieron en 1988 debido a un proyecto de investigación. Esta comunidad posee 3-4 estratos, un dosel de 25 m de altura y 70% de cobertura. Las especies más importantes en el bosque potencial son ***Attalea butyracea***, ***Pouteria reticulata***, ***Trichanthera gigantea***, ***Trichilia maynasiana***, ***Spondias mombim***, ***Terminalia oblonga***, ***Cordia thaisiana***, ***Licania apetala***, ***Ormosia macrocalyx*** y ***Clarisia biflora*** (Guevara, 2001).

### Diseño del experimento y de las parcelas

Para el momento de la evaluación, los patios de banco tenían 14 años de abandono y los de bajío 16 años. Se asumió que la edad de intervención era similar en ambos lugares, pues la diferencia entre ellos era apenas de 2 años.

En cada condición se tomaron 3 parcelas estructurales, cada una con un área de 3000 m<sup>2</sup> (50 m x 60 m) y aisladas entre sí. Se midieron todos los árboles con diámetro mayor o igual a 10 cm dap (diámetro a la altura del pecho, es decir 1.3 m de altura). En cada individuo se evaluaron

los siguientes aspectos: identificación de la especie, circunferencia a la altura del pecho (cap), altura total y de fuste.

En cada parcela estructural se evaluó una sub-parcela de sotobosque de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10m), escogida al azar. Pero si había cambios en el micro-relieve, perceptibles a simple vista, se levantaron parcelas adicionales para registrar estas variaciones. De esta manera resultaron siete sub-parcelas en banco (1bn15w, 1bn8e, 2bn14w, 2bn6e, 3bn3c, 3bn5w y 3bn8e) y cuatro en bajo (1bj11e, 1bj2w, 2bj7w y 3bj3e). La nomenclatura de estas sub-parcelas indica la parcela estructural (1, 2 o 3), la unidad geomorfológica (bn-banco o bj-bajo), la sub-parcela estructural (1 al 15) y sector (e-este, w-oeste o c-centro). Se evaluaron todos los individuos mayores a 20 cm de altura e inferiores a 10 cm dap, tomando la abundancia por especie. En este levantamiento se incluyeron todas las especies de espermatófitas.

Se realizó un muestreo de los suelos mediante un barreno en cada sub-parcela de sotobosque. En el campo se evaluó la profundidad de los horizontes, el color y la presencia de moteos. En el laboratorio se analizó la textura de acuerdo al método de Bouyoucos.

Adicionalmente se levantaron 3 parcelas estructurales y sus correspondientes sub-parcelas de sotobosque en las siguientes comunidades potenciales (parcelas testigo): Selva Decidua de Banco (SDBn); Selva sub Siempre Verde de sub Banco (SsSVsBn) y Selva sub Siempre Verde de Bajo (SsSVBj).

### **Análisis de los datos**

El trabajo ejecutado corresponde a un diseño experimental con 2 tratamientos y 3 replicaciones. Se realizó un análisis de varianza, con un nivel de significancia del 10%, para la Abundancia de cada especie y el Índice de Shannon-Wiener. Para estos cálculos se utilizó el programa SPSS © Versión 12.0.1.

Se calculó el Índice de Importancia (Ii) que incluye la Abundancia relativa y la Dominancia relativa de cada especie (Curtis & Cottam, 1962; Ramírez-García *et al.*, 1998; DeWalt *et al.*, 2003).

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Magurran, 1988) corresponde a:

$H' = - [ \sum p_i \times \ln(p_i) ]$  , donde:  $p_i = N^\circ$  individuos de una especie / total de individuos de la parcela.

Adicionalmente, se realizó un análisis de conglomerados (“cluster”) mediante el programa MVSP Versión 3.131 ©. Se seleccionó el método UPGMA (“unweighted pair group method average”). Este se consideró el más conveniente porque realiza las conexiones medias utilizando las distancias entre cada par de puntos, sin balances que pretendan corregir la desigualdad de puntos. Se adoptó el Coeficiente de Sorensen ( $C_s$ ) como medida de similitud, el cual tiene la siguiente ecuación (Pielou, 1984; Murguía y Villaseñor, 2003):

$$C_s = \frac{2a}{(2a + b + c)}$$

donde: a= número de especies presentes en ambas parcelas; b= número de especies exclusivas de la parcela b; c= número de especies exclusivas de la parcela c.

Finalmente, se utilizó el programa PC-ORD © para realizar un ordenamiento de las comunidades mediante métodos multivariantes. Después de ejecutar diversos procedimientos, se obtuvieron los mejores resultados con el Análisis Canónico de Correspondencia (ACC). Este método relaciona directamente la composición florística de las comunidades con las variaciones ambientales. Las especies y los censos se representan por puntos y las variables ambientales por vectores que apuntan en el sentido de su variación (Fariñas, 1996).

## Resultados

Existe un trabajo anterior donde se realiza una descripción detallada de la composición florística en los estratos superiores de estas parcelas intervenidas (Lozada *et al.*, 2006). En resumen se puede indicar que las especies ***Cecropia peltata***, ***Attalea butyracea***, ***Sapium aubletianum***, ***Pachira quinata*** y ***Spondias mombim*** tienen una distribución amplia en las diferentes condiciones edáficas. En el banco son muy importantes ***Cochlospermum vitifolium*** y ***Ochroma pyramidale***, mientras que en el bajo dominan ***Guazuma ulmifolia*** y ***Triplaris americana***.

El trabajo mencionado establece que “algunas especies características de una condición edáfica particular pueden presentarse en pequeñas cantidades en otra condición edáfica...”. Se plantea que este fenómeno puede ocurrir debido a la variabilidad en las características del suelo.

En la tabla 1 se presentan las principales características edáficas de las sub-parcelas de sotobosque evaluadas. La sub-parcela 2Bn6e representa un caso distintivo de banco, con textura arenosa en todo el perfil, alta permeabilidad y baja capacidad de reserva de agua. Las sub-parcelas 3Bn5w, 3Bn8e y 3Bn3c constituyen variaciones dentro del banco, que se evidencian por un incremento en el % de arcilla (en la superficie) y la presencia de moteos de oxidación que varían entre 30 y 40%.

La sub-parcela 3Bj3e es un típico bajío. Presenta un elevado porcentaje de arcilla (>40%) y se supone que soporta saturación e inundación prolongada en la época de lluvias. Las sub-parcelas 1Bj12w, 1Bj11e y 2Bj7w son variaciones dentro del bajío, ya que poseen contenidos un poco más elevados de limo y de arena en los horizontes superiores. Estos resultados corroboran la intensa variabilidad edáfica que puede ocurrir en la Estación Experimental Caparo y que es característica de las llanuras aluviales.

Lo más importante de esta variación es su influencia en la vegetación. La tabla 2 muestra que existen especies “euri-edáficas”, que no presentan diferencia significativa en su distribución, ya que tienen alta abundancia en cualquier condición edáfica y, en general, son características de toda el área de estudio: ***Acalypha diversifolia*, *Anemopaegma* sp., *Attalea butyracea*, *Costus* sp., *Magfadyena uncata*, *Olyra* sp., *Paullinia* sp. y *Psychotria carthaginensis*.**

Sin embargo, hay especies con alta abundancia y frecuencia en una condición particular, pueden mostrar diferencia estadísticamente significativa en su distribución y se les considera “indicadoras” en un tipo particular de suelo. En el banco son ***Cyperus* sp., *Gouania poligama*, *Hybanthus prunifolius*, *Xiphidium coeruleum* y *Zanthoxylum* sp.** En el bajío son ***Asclepias curassavica*, *Heliconia* sp., *Inga oerstediana*, *Luehea seemanii* y *Triplaris americana*.**

Debe resaltarse que el número total de individuos presenta una diferencia significativa. Esto confirma la apreciación de que el sotobosque de los bancos es muy ralo (latizal) y el de los bajos es muy denso. Probablemente, el déficit de humedad en la época de sequía es una limitante fundamental para el establecimiento de individuos en suelos arenosos.

La Figura 1 muestra las relaciones de similaridad tomando en cuenta las especies presentes en el estrato inferior. En primer lugar, puede notarse una buena agrupación de las sub-parcelas en correspondencia al tipo edáfico, con índices de similaridad internos superiores al 50%. Como era de esperarse, la sub-parcela de sub-Banco (SsSVsBn) ocupa una posición intermedia entre las sub-parcelas de Banco y las de Bajo.

Tabla 1. Resultados de los análisis de suelos (en cada sub-parcela de sotobosque).

Hor	Prof (cm)	EDBn	EDBbn	SsSVB	SsSVw	SsSVe	SsSVc	2Bn4w	2Bw4e	1Bw5w	1B51e	2B7w	3B8e
Hor 1	Prof (cm)	0,15	0,10	0,20	0,12	0,10	0,8	0,15	0,45	0,10	0,18	0,45	0,15
	A (%)	24	12	19	25	36	45	24	15	19	24	21	40
	L (%)	32	31	77	55	51	47	29	35	35	63	51	67
	s (%)	44	57	4	20	13	8	19	57	45	17	26	12
Hor 2	Prof (cm)	15,00	12,05	20,70	12,70	10,80	8,50	15,05	45,110	40,90	10,50	45,85	5,50
	A (%)	38	12	35	31	55	41	25	9	29	33	23	30
	L (%)	33	23	60	55	40	40	37	9	45	37	41	49
	s (%)	31	59	5	14	5	19	38	82	20	35	26	31
Hor 3	Prof (cm)	60,110	65,115	70,120	70,110	80,120	50,110	65,120	80,100	50,120	85,120	50,120	55,120
	A (%)	18	17	62	16	46	33	15	8	12	47	55	24
	L (%)	23	38	35	42	40	18	35	8	21	46	37	36
	s (%)	59	45	3	42	5	49	48	84	67	5	8	38
Moco	Prof (cm)	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848
	A (%)	30%	30%	40%	30%	30%	40%	30%	30%	30%	50%	50%	50%
	L (%)	30%	30%	40%	30%	30%	40%	30%	30%	30%	50%	50%	50%
	s (%)	30%	30%	40%	30%	30%	40%	30%	30%	30%	50%	50%	50%
Tmusa	Prof (cm)	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848	107848
	A (%)	30%	30%	40%	30%	30%	40%	30%	30%	30%	50%	50%	50%
	L (%)	30%	30%	40%	30%	30%	40%	30%	30%	30%	50%	50%	50%
	s (%)	30%	30%	40%	30%	30%	40%	30%	30%	30%	50%	50%	50%

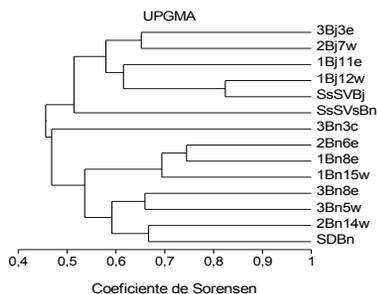
Hor (Horizontal): se refiere al estrato del suelo. Se interpretó en el campo de acuerdo a la textura y el color. A, L, s: porcentajes de arcilla, limo y arena, respectivamente.

**Tabla 2.** Abundancia, para las especies más importantes, en los levantamientos del sotobosque, en la Estación Experimental Caparo.

Especie	SDBn	SsSVsB	SsSVBj	1bn15w	1bn8e	2bn14w	2bn6e	3bn3c	3bn5w	3bn8e	Prom (bn)	1bj11e	1bj12w	2bj7w	3bj3e	Prom (bj)	P
<i>Acalyph</i>	93	41	22	106	81	38	6	11	147	81	67	21	107	193	77	100	0,41
<i>Anemop</i>	77	0	399	11	13	135	10	34	120	57	54	134	33	133	17	79	0,5
<i>Attalea</i>	23	31	14	0	5	16	10	1	20	24	11	11	33	15	12	18	0,29
<i>Costus</i>	22	106	64	11	31	24	45	0	17	0	18	24	0	7	15	12	0,48
<i>Magfad</i>	46	2	170	0	16	1	63	0	34	8	17	21	33	47	2	26	0,56
<i>Olyra</i>	67	12	4	0	10	178	10	0	10	6	31	0	1	64	0	16	0,69
<i>Paulinia</i>	28	3	18	2	5	3	1	5	48	13	11	5	18	41	13	19	0,44
<i>Psychot</i>	36	28	0	16	21	19	4	4	12	14	13	4	21	13	0	10	0,51
<i>Cyperus</i>	0	0	0	40	0	0	6	0	8	0	9	0	0	0	0	0	0,24
<i>Gouania</i>	0	0	0	0	1	4	10	6	8	5	5	0	1	0	0	0	*0,03
<i>Hybanth</i>	6	3	0	27	32	123	108	5	26	25	49	0	0	0	0	0	*0,07
<i>Xiphidiu</i>	0	77	0	20	25	0	140	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0,34
<i>Zanthox</i>	0	0	0	7	8	3	31	0	3	3	8	0	1	0	0	0	0,19
<i>Asclepia</i>	14	23	12	9	3	3	6	1	4	3	4	18	8	18	0	11	*0,08
<i>Heliconi</i>	23	189	46	28	6	6	0	220	15	47	46	195	43	79	430	187	*0,09
<i>Inga</i>	0	11	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	17	2	9	7	*0,04
<i>Luehea</i>	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	20	2	40	15	19	*0,01
<i>Triplaris</i>	11	10	73	1	8	16	12	1	4	0	6	12	46	68	6	33	*0,04
<b>Todas</b>	<b>793</b>	<b>934</b>	<b>1064</b>	<b>501</b>	<b>370</b>	<b>767</b>	<b>534</b>	<b>421</b>	<b>606</b>	<b>522</b>	<b>532</b>	<b>676</b>	<b>700</b>	<b>966</b>	<b>749</b>	<b>773</b>	<b>*0,02</b>

(Análisis de varianza entre Bn y Bj. \*P < 0.1).

La línea punteada destaca las especies indicadoras de banco y la línea continua las especies indicadoras de bajo.



**Figura 1.** Relaciones de similitud de acuerdo al análisis de conglomerados.

La tabla 3 muestra que la riqueza específica promedio en los patios es 44 y el Índice de Shannon ( $H'$ ) es 2,63. Al comparar los patios de bajo con los de banco, no hay diferencias estadísticamente significativas. Tampoco las hay al comparar todos los patios con la vegetación potencial (cuya riqueza es 47 y  $H'$  es 2,81).

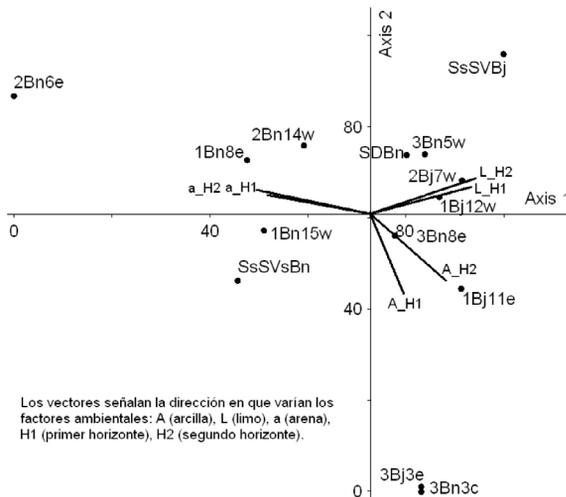
**Tabla 3. Valores encontrados para la diversidad.**

Condición	Sub-Parcela	Riqueza	$H'$
Patios en Bajo	1Bj11e	38	2,42
	1Bj12w	59	3,26
	2Bj7w	51	2,84
	3Bj3e	38	1,93
	Promedio	47	2,61
Patios en Banco	1Bn8e	44	3,05
	1Bn15w	42	2,96
	2Bn6e	42	2,54
	2Bn14w	42	2,55
	3Bn3c	23	1,82
	3Bn5w	47	2,75
	3Bn8e	44	2,83
	Promedio	41	2,64
*P (banco vs bajo)		0,312	0,919
Promedio de Patios		44	2,63
Vegetación Potencial	SsSVBj	39	2,38
	SsSvsBn	46	2,82
	SDBn	57	3,23
Promedio		47	2,81
*P (patios vs vegetación potencial)		0,443	0,543

$H'$ : Índice de Shannon. Análisis de varianza (\* $P < 0,1$ )

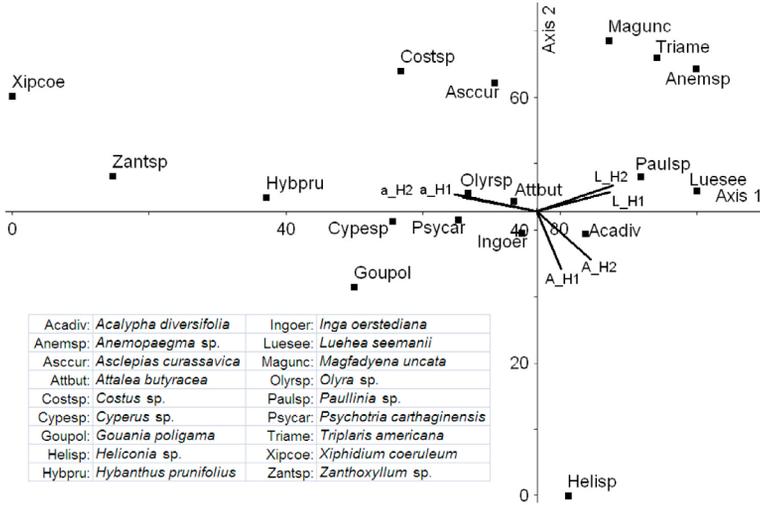
Adicionalmente, se realizó un análisis multivariante para evaluar la relación entre el suelo y la vegetación del sotobosque. Al considerar el total de 129 especies y los datos de textura de todos los horizontes, los Ejes 1 y 2 del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) explican menos del 40% de la varianza total. Se cree que este bajo coeficiente se da porque la cantidad de especies es muy alta, muchas de ellas son raras (con baja abundancia y frecuencia) y se genera una alta dispersión de los puntos. Además, al tratar de observar la distribución de las especies se obtiene una nube de puntos donde es difícil identificar los nombres de cada una. Por estas razones se realizó un análisis con las 18 especies más importantes (señaladas en la tabla 2 y son las que tienen mayor peso en la construcción de los ejes del ACC) y la información de textura de los dos primeros horizontes (donde se presenta la mayor actividad radicular). Se obtuvo un ACC donde los Ejes 1 y 2 explican un 59% de la varianza total (con el Coeficiente de Sorensen como medida de distancia).

La Figura 2 muestra una aceptable distribución de las subparcelas, donde los sitios arcillosos están en la parte inferior derecha y los sitios arenosos tienden a ubicarse en el sector izquierdo.



**Figura 2.** Ordenamiento de las parcelas de acuerdo al Análisis Canónico de Correspondencia.

La Figura 3 muestra el ordenamiento de las especies y su relación con las variables edáficas consideradas. Se ratifica que ***Cyperus sp.*, *Hybanthus prunifolius*, *Xiphidium coeruleum* y *Zanthoxylum sp.* tienen preferencias por los lugares con mayor porcentaje de arena. *Heliconia sp.* se presenta en sitios arcillosos. *Luehea seemanii* y *Paullinia sp.* se orientan a los sectores limosos.**



**Figura 3.** Ordenamiento de las especies de acuerdo al Análisis Canónico de Correspondencia.

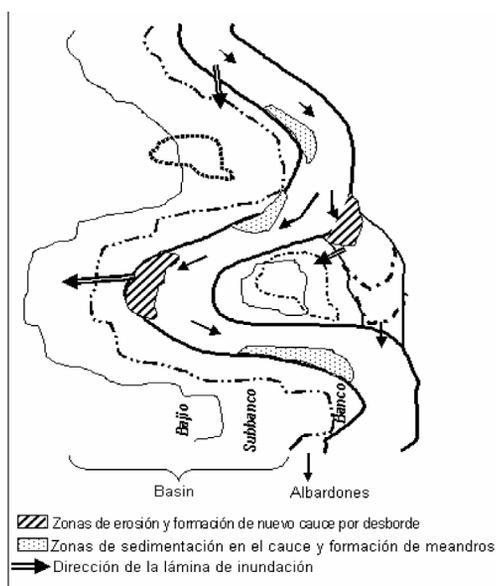
## Discusión

Se ha señalado que en los terrenos arcillosos y mal drenados se produce un fenómeno conocido como “sequía fisiológica” (Dupuy *et al.*, 1993; Giraldo-Cañas, 2001), donde el agua no es totalmente accesible debido a una fuerte tensión de adsorción. Se estima que estos lugares tienen una composición florística muy particular debido a que las plantas deben desarrollar adaptaciones fisiológicas que les permitan sobrevivir en tan difíciles condiciones, tales como cutícula gruesa, estomas en cavidades profundas y pneumatóforos (Strasburger *et al.*, 2004).

Los resultados de este trabajo verifican que en la Estación Experimental Caparo existe una acentuada variación en los suelos. Se

ha indicado que en distancias inferiores a 25 m se presentan cambios en el tipo de drenaje y se modifica la vegetación (Hernández, 1992). Igualmente, se obtuvieron cambios significativos en los porcentajes de arena y arcilla a distancias de 5 m y en el limo a 18 m (Villafray, 1994).

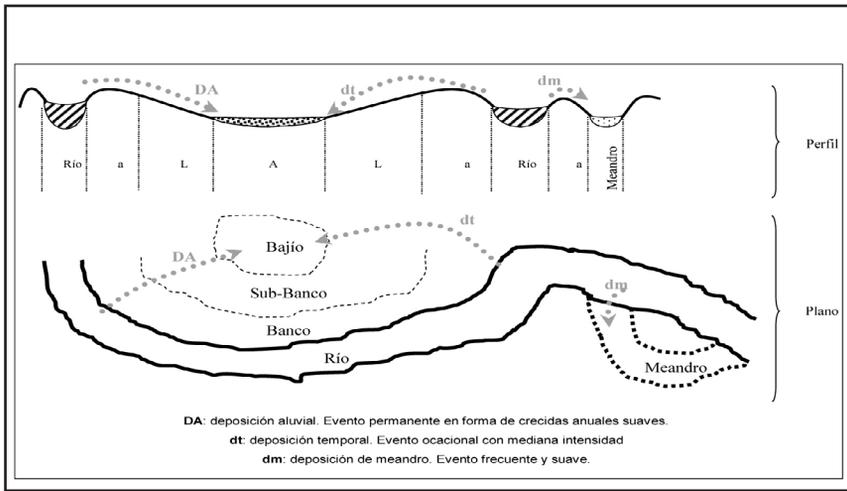
No existen explicaciones detalladas sobre las causas de esta variabilidad. La Figura 4 muestra el proceso general de pedogénesis denominado “Deposición Aluvial”. Se estima que las fases de erosión, transporte y sedimentación, son reguladas por la intensidad y velocidad de la lámina de inundación durante las crecidas del río Caparo. Esta dinámica selecciona los sedimentos, en base al diámetro de las partículas y los deposita de manera perpendicular-lateral a la dirección del cauce del río. Las partículas más grandes o del tamaño de las arenas ( $> 50 \mu$ ), se depositan en los sitios más próximos al cauce principal y forma los albardones de orilla, diques o “bancos”. Los materiales de menor diámetro ( $\leq 50 \mu$ ) continúan en suspensión, con la lámina de desborde, para decantar en las áreas de menor pendiente. Estos sedimentos finos forman el bacín de inundación (napas y cubetas de desborde y decantación), en los denominados “sub-bancos” y “bajíos”



**Figura 4.** Proceso general de deposición aluvial en los Llanos Occidentales.

Si se produce una desviación permanente del cauce, se llevan arenas a lugares arcillosos (Franco, 1982). Adicionalmente, se puede presentar una “deposición de meandro” (dm) donde las crecidas frecuentes colocan sedimentos finos sobre el viejo cauce (arenoso), como evidencian las sub-parcelas 3Bn5w, 3Bn8e y 3Bn3c (Tabla 1).

Sin embargo, se cree que pueden ocurrir otros fenómenos secundarios. En las orillas del cauce, con poca profundidad y baja velocidad del agua, se presentan “zonas de sedimentación” que van acumulando limos sobre las arenas. También hay “zonas de erosión” donde la corriente rompe los albardones y por allí se formarían nuevos cauces. Pero, en este proceso se llevan de manera paulatina, limos y arenas a las zonas de bajo, como se observa en las sub-parcelas 1Bj12w, 1Bj11e y 2Bj7w (Tabla 1). La elevación de las zonas de sedimentación da origen a los meandros (Figura 5).



**Figura 5.** Perfil idealizado que muestra los procesos secundarios de conformación del micro-relieve en los Llanos Occidentales.

La dinámica geomorfológica descrita, genera grandes variaciones en el microrelieve y es posible encontrar pequeños bajíos dentro de las áreas de banco, o viceversa. Esto origina, en pequeñas áreas, diferencias en el gradiente textural y por lo tanto en la reserva de humedad de los suelos, formando “islas de recursos edáficos”. El producto final es un

variado mosaico de tipos edáficos, propio de las selvas de Caparo.

Por otra parte, la mayoría de los estudios realizados en Caparo incluyen árboles y palmas mayores a 10 cm de diámetro. Hay muy pocas referencias a las otras formas de vida, a pesar de que algunas de ellas son de alto interés como indicadoras. En la tabla 4 se expone la distribución de algunas especies, contrastando los resultados de este trabajo y los señalados por otros autores.

Existen semejanzas con un estudio sobre los bosques de bajo en la Estación Experimental Caparo (Kochaniewicz y Plonczak, 2004), donde se encontró un total de 105 especies de todas las formas de vida y se determinó que entre las 25 más importantes estaban las siguientes: ***Anemopaegma sp.***, ***Heliconia sp.***, ***Acalypha diversifolia***, ***Piper sp.***, ***Magfadiena sp.***, ***Capparis sp.***, ***Hybanthus prunifolius***.

**Tabla 4.** Distribución de algunas de las especies más abundantes.

Especie	Nombre Vulgar	Otros autores	Este Trabajo
<i>Acalypha diversifolia</i>	Palito Negro	Bn, sBn y Bj (1) Bn y sBn (2)	Bn y Bj
<i>Anemopaegma sp.</i>	Bejuco Iguanito	-	Bn y Bj
<i>Asclepias curassavica</i>	Bejuco Sedo	-	Bn y Bj*
<i>Attalea butyracea</i>	Palma de Agua	Bn, sBn y Bj (2)	Bn y Bj
<i>Costus sp.</i>	Caña de la India	-	Bn y Bj
<i>Cyperus sp.</i>	Cortadera	-	Bn*
<i>Gouania poligama</i>	Bejuco Rema	-	Bn* y Bj
<i>Heliconia sp.</i>	Platanillo	-	Bn y Bj*
<i>Hybanthus prunifolius</i>	Campanito	Bn y sBn (2)	Bn*
<i>Inga oerstediana</i>	Guamo Blanco	Bj (2)	Bj*
<i>Luehea seemanii</i>	Guácimo Cimarrón	Bn, sBn y Bj (1) sBn y Bj (2)	Bn y Bj*
<i>Magfadyena uncata</i>	Bejuco Murcielaguito	-	Bn y Bj
<i>Olyra sp.</i>	Carrucillo	-	Bn y Bj
<i>Paullinia sp.</i>	Bejuco de Arco	-	Bn y Bj
<i>Psychotria carthaginensis</i>	Hierrito	Bn, sBn y Bj (1)	Bn y Bj
<i>Triplaris americana</i>	Palo de Maria	Bn, sBn y Bj (1) Bj (2)	Bn y Bj*
<i>Xiphidium coeruleum</i>	Cola de Gallo	-	Bn*
<i>Zanthoxylum sp.</i>	Mapurite Negro	Bn, sBn y Bj (1) Bn (2)	Bn*

\* indicadora en esa condición edáfica. Bn: banco; sBn: sub-banco; Bj: bajo.

1: Kammesheidt 2000; 2: Guevara 2001.

Otro aspecto que es importante resaltar es la alta similitud florística que existe entre las sub-parcelas de bosque potencial y las intervenidas, en una misma condición edáfica (Figura 1). Este hecho es, probablemente, una expresión de la semejanza que existe entre las

condiciones microclimáticas actuales de los patios y de las comunidades potenciales. Esta suposición se basa en que estas comunidades intervenidas poseen un dosel con una altura cercana a los 20 m y una cobertura mayor al 75%, que genera sombra hacia el estrato inferior. Merece destacarse que la sub-parcela 3Bn3c presenta la menor similitud con las otras de banco, debido a que su composición florística está influenciada por un alto contenido de arcilla (tabla 1) y el taxon más abundante es ***Heliconia sp.***

Así mismo, de los datos mostrados en el Tabla 3, se interpreta que en la presente etapa sucesional, ambas condiciones edáficas son análogas en cuanto a sus ventajas para el establecimiento de especies vegetales y el sotobosque de los patios ya ha alcanzado niveles de diversidad equivalentes a los de la vegetación potencial.

Nuevamente hay que hacer mención especial a ***Heliconia sp.*** pues donde este taxon es dominante resultan los más bajos indicadores de diversidad. Esto sucede en 1Bj11e, 3Bj3e, 3Bn3c y se puede certificar con los datos de la Tabla 2. Probablemente existe una gran cantidad de especies, que están bien adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas, pero ven limitado su desarrollo debido al gran follaje de ***Heliconia sp.***

Los ordenamientos realizados corroboran las teorías que destacan la íntima relación que existe entre la posición fisiográfica, la textura de los suelos, la distribución de las comunidades y de las especies vegetales (Vincent, 1970; Franco, 1982). Sin embargo, se presentan excepciones que se podrían explicar por la alta variabilidad en la distribución de las especies, en las características de los suelos y por las diferencias conceptuales que tienen los métodos utilizados para el análisis de los datos. El análisis de varianza sólo refleja las diferencias con significado estadístico en un grupo de datos. Los ejes de ordenamiento del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) son simultáneamente ejes de variación florística y ambiental. Ambos métodos coinciden en señalar a ***Hybanthus prunifolius*** como indicadora de banco y ***Heliconia sp.*** como indicadora de bajo.

Pero, el ACC parece ser muy sensible a la presencia/ausencia de las especies en algunas sub-parcelas, aún en bajas cantidades. La Figura 3 muestra a *Gouania poligama* (típica de los bancos) un poco desplazada al sector inferior (con abundancia de arcilla) tal vez porque dicha especie está presente en una sup-parcela de bajío (Tabla 2). La misma figura tampoco refleja claramente la afinidad con la arcilla de *Asclepias curassavica*, *Inga oerstediana*, *Luehea seemanii* y *Triplaris americana*, pero el análisis de varianza es determinante y señala que su abundancia en bajío es significativamente mayor a la que poseen en banco. Se considera que estas aparentes incongruencias demuestran que aún existen aspectos que exigen estudios más detallados para aclarar mejor las relaciones entre el suelo y la vegetación en la Estación Experimental Caparo.

### Agradecimientos

Al personal de la Estación Experimental Caparo por su apoyo en los levantamientos de campo y al CDCHT-ULA por el financiamiento otorgado a este trabajo (Proyecto FO-538-04-01-B).

### Referencias Bibliográficas

- BUSH, M., PIPERNO, D. & COLINVAUX, P. 1989. A 6.000 year history of amazonian maize cultivation. *Nature*, 340:303-305.
- BUSH, M. & COLINVAUX, P. 1994. Tropical forest disturbance: paleoecological records from Darien, Panama. *Ecology*, 75: 1761-1768.
- CURTIS, J. & COTTAM, G. 1962. *Plant Ecology Workbook*. Burgess Publishing Co. Minneapolis, USA.
- DAJOZ, R. 2002. *Tratado de Ecología*. Mundi Prensa, Madrid.
- DENSLOW, J. 1980. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica*, 12 (Suppl): 47-55.
- DEWALT, S., MALIAKAL, S. & DENSLOW, J. 2003. Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequence: implications for wildlife. *Forest. Ecol. Manag.* 182: 139-151.
- DUPUY, J., SANTAMARIA, M. y CAVELIER, J. 1993. Estructura del bosque enano nublado de la Serranía de Macuira, Colombia, en

- laderas de barlovento y sotavento. *Biotropica*, 25: 340-344.
- DUQUE, J. 1993. Análisis sobre la sostenibilidad del recurso forestal en la Unidad III de la Reserva Forestal de Ticoporo – Barinas, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana*, 11: 27-48.
- FARIÑAS, M. 1996. Análisis de la vegetación y de sus relaciones con el ambiente mediante métodos de ordenamiento. Trabajo de ascenso para la categoría de Profesor Titular. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- FINEGAN, B. 1997. Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de la madera, p. 106-120. In E. Elías (ed.). *Memorias del Taller Internacional sobre el Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina*. Pucallpa, Perú.
- FRANCO, W. 1982. Estudio y levantamiento de sitios con fines de manejo forestal en la Unidad Uno de la Reserva Forestal Caparo, Estado Barinas. Trabajo de ascenso. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- GIRALDO-CAÑAS, D. 2001. Relaciones fitogeográficas de las sierras y afloramientos rocosos de la Guayana Colombiana: un estudio preliminar. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74: 353-364.
- GRÄFE, W. 1981. Estructura y dinámica de bosques secundarios jóvenes en los Llanos Occidentales de Venezuela. Tesis Doctoral. Georg-August-Universität zu Göttingen. Alemania.
- GUEVARA, J. 2001. Recursos fitogenéticos y relaciones florísticas de la flórmula arbórea de las comunidades forestales en la Estación Experimental Caparo, Estado Barinas. Tesis MSc. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.
- HERNÁNDEZ, C. 1992. Incidencia de lianas en parcelas con diferentes límites diamétricos de explotación en un sector de la Unidad I de la Reserva Forestal Caparo. Tesis MSc. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- JURGENSON, O. 1994. Mapa de vegetación y uso actual del Área Experimental de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. Cuaderno Comodato ULA-MARNR, N° 22. ULA – FCFA. Mérida, Venezuela.
- KAMMESHEIDT, L. 1990. Estructura y diversidad en bosques explotados de los llanos venezolanos occidentales considerando algunas

- características autoecológicas de las especies más importantes. Tesis Doctoral. Georg-August-Universität Göttingen. Alemania.
- KAMMESHEIDT, L. 1998. Stand structure and spatial pattern of commercial species in logged and unlogged Venezuelan forest. *Forest. Ecol. Manag.* 109: 163-174.
- KAMMESHEIDT, L. 2000. Some autoecological characteristics of early to late successional tree species in Venezuela. *Acta Oecol.* 21: 37-48, 2000.
- KAMMESHEIDT, L., TORRES, A., FRANCO, W. & PLONCZAK, M. 2001. History of logging and silvicultural treatments in the western Venezuelan plain forests and the prospect for sustainable forest management. *Forest. Ecol. Manag.* 148: 1-20.
- KOCHANIEWIC, G. y PLONCZAK, M. 2004. Variaciones de la composición florística en subtipos de bosque de la "Selva de Bajío" en la Reserva Forestal Caparo, Llanos Occidentales de Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 48: 55-67.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Editorial GTZ, Alemania.
- LOZADA, J., GUEVARA, J., SORIANO P. y COSTA M. 2006. Estructura y composición florística de comunidades secundarias en patios de rolas abandonados, Estación Experimental Caparo, Barinas, Venezuela, *Interciencia* 31: 828-835.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom and Helm, Londres.
- MOLLES, M. 2005. *Ecología – Conceptos y aplicaciones*. Mc Graw Hill, Madrid.
- MURGUÍA, M. & VILLASEÑOR, J. 2003. Estimating the effect of the similarity coefficient and the cluster algorithm on biogeographic classifications. *Ann. Bot. Fenn.* 40: 415-421.
- ODUM, E. 1972. *Ecología*. Interamericana, México.
- ODUM, E. & WARRET, G. 2006. *Fundamentos de Ecología*. Thomson. México.
- PIELOU, E. 1984. *The interpretation of ecological data*. Wiley Interscience, Nueva York.
- PLONCZAK, M. 1993. Estructura y dinámica de desarrollo de bosques naturales manejados bajo la modalidad de concesiones en los Llanos Occidentales de Venezuela. Edit. Instituto Forestal Latinoamericano.

Mérida, Venezuela.

- RAMÍREZ-GARCÍA, P., LÓPEZ-BLANCO, J. & OCAÑA, D. 1998. Mangrove vegetation assessment in the Santiago River Mouth, Mexico, by means of supervised classification using LandsatTM imagery. *Forest. Ecol. Manag.* 105: 217-229.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 2004. Clasificación Bioclimática de la Tierra. Centro de Investigaciones Fitosociológicas, España. (Consultado 30 agosto 2009, [www.ucm.es/info/cif/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_7.htm](http://www.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics_7.htm)).
- SCHARGEL, R. 2005. Geomorfología y suelos de los Llanos Venezolanos, p. 57-113. In J. Hétier y R. López (eds.). *Tierras Llaneras de Venezuela*. IRD, CIDIAT, UNELLEZ. Mérida, Venezuela.
- SMITH, R. & SMITH, T. 2001. *Ecología*. Pearson, Madrid, 2001.
- STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENK, H. & SCHIMPER, A. 2004. *Tratado de Botánica*. Actualizado por Sitte, P., E. Weiler, J. Kadereit, A. Bresinski & C. Körner. Omega. Barcelona, España.
- TERRADAS, J. 2001. *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Omega. Barcelona, España.
- VÁSQUEZ-YANES, C. & S. GUEVARA. 1985. Caracterización de los grupos ecológicos de árboles de la selva húmeda, p. 67-78. In A. Gómez-Pompa y S. Del Amo (eds.). *Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México*. Vol II. Alhambra Mexicana. México.
- VILLAFRAZ, D. 1994. Variabilidad espacial de suelos en la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Caparo. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- VINCENT, L. 1970. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo. Tesis MSc. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.