

DINAMICA GEOMORFOLOGICA DE LOS LLANOS DE APURE (VENEZUELA)

L. Clemente; J. Pascual y P. Siljeström

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla.



RESUMEN

Dentro de la zona de estudio se definen una serie de unidades geomorfológicas (Banco, Bajío y Estero) que están íntimamente relacionadas con los suelos que en ellas se desarrollan. Las características edáficas, el análisis granulométrico de las fracciones gruesas (arenas) y finas (limos) de los horizontes más representativos, y la mineralogía de la fracción arcilla, permiten conocer la dinámica geomorfológica del área.

ABSTRACT

In the studied area, three main geomorphological units have been defined (Banco, Bajío and Estero), very closely related to the soils developed in them. The edaphic features, particle-size distribution of coarse and fine fractions (sand and silt) from the most representative horizons and the clay-fraction mineralogy, allow us to know the geomorphological dynamics of the area.

INTRODUCCION

El estado de Apure, ubicado al sur de Venezuela y con una extensión de aproximadamente 76000 Km², está delimitado por el sur con el río Meta, al norte por los ríos Apure y Uribante, el río Orinoco al este y el piedemonte andino por el oeste.

Dentro del estado de Apure se encuentra el Hato de El Frío donde se sitúa la Estación Biológica del mismo nombre. De forma aproximada se ubica entre las poblaciones de Mantecal y El Samán, con una latitud norte de 7° 49' y una longitud oeste de 68° 54'.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Reserva Biológica se ubica en el límite de lo que Comerma y Luque (1971) definen como llanura aluvial actual y subactual. Dicha Reserva abarca una superficie de unas 78.000 hectáreas con límites naturales al norte y sur, definidos por los ríos Apure y Guaritico, por un lado y por otro, por el caño Caucagua, respectivamente, y límites artificiales al este y oeste, si bien el presente trabajo se limita al sur por la carretera San Fernando Mantecal, ya que se recoge de forma representativa las diferentes unidades geomorfológicas que componen el Llano.

CLIMA

Aunque no existen demasiados datos climáticos del área de estudio, puede afirmarse que a lo largo del año se establecen dos períodos claramente definidos en razón a la pluviosidad. Un período seco que comprende los meses de Diciembre a Abril y otro húmedo desde Mayo a Noviembre, en el que se da, prácticamente, toda la pluviosidad anual, con una precipitación de 1500-1600 mm y unos máximos de 400 mm en los meses de Julio y Agosto.

La temperatura es bastante uniforme, con una media anual de 27°C. Dicha temperatura media sufre poca variación a lo largo del año, correspondiendo la media más alta al mes de Abril con 29°C. Igualmente, la amplitud media diaria es bastante uniforme, no sobrepasando los 10°C.

GEOMORFOLOGIA

Comerma y Luque (1971) distinguen cuatro grandes paisajes en el estado de Apure: Llanura eólica, Altiplanicie, Llanura aluvial y Piedemonte andino.

La llanura aluvial es la unidad más extensa y está formada por materiales de origen fluvial. Por su gran superficie (aproximadamente el 50 % del estado) puede dividirse en dos subunidades: llanura aluvial actual y subactual. Ambas subunidades presentan formas deposicionales características de una sedimentación diferencial que permite distinguir diferentes unidades geográficas.

morfológicas, entre las que destacan Banco, Bajío y Estero en orden de mayor a menor granulometría y altura. El conjunto se presenta como paisaje de sabana abierta con vegetación rala a excepción de los bosques de galería establecidos a lo largo de los principales cauces de agrupaciones arbóreas denominadas matas.

Dentro de la llanura aluvial actual, Comerma y Luque (1971) distinguen dos zonas diferenciadas por la estabilidad de la red de drenaje. Una primera con ríos y difluentes anastomosados que debido a su estabilidad presentan una morfología claramente diferenciada y estrechamente ligada a la vegetación, y otro con predominio de caños meándricos, de máxima inundación y con gran dinámica geomorfológica, en la que predominan los bajíos y esteros.

La llanura aluvial subactual es una superficie plana surcada por ríos en cuyas márgenes aparecen sedimentos más modernos donde se desarrollan suelos menos evolucionados. La mayoría de los caños que surcan esta zona muestran una erosión normal a su curso que reflejan los cambios de nivel del agua estacional.

La zona de estudio se encuentra situada, como se ha apuntado anteriormente, en el límite de ambas llanuras actual y subactual, por lo que aparece una geomorfología con características de ambas.

Dentro del área de trabajo pueden distinguirse las siguientes unidades geomorfológicas:

- Banco: Corresponde a las zonas más altas, no inundables en la época lluviosa y con un desnivel respecto a las partes más bajas (esteros) de 0,70 a 2 metros. Colmenares y col. (1972) distinguen dentro de esta unidad dos zonas mediante fotointerpretación: un banco alto (con desnivel superior a 1 metro) identificable por su vegetación boscosa relativamente densa, presencia de conucos (huertas) y ubicación de viviendas y caminos, y un banco bajo (con desnivel de 0,70 a 1 metro) de más difícil identificación, con vegetación boscosa rala, bordeando cauces de escasa consideración. Es zona de transición hacia el bajío.

El banco está formado por sedimentos aluviales de textura gruesa en los que se desarrollan suelos jóvenes (ustipsammts) o incluso, en menor proporción, suelos con mayor evolución (haplustalfts o tropaqualfts, dependiendo del régimen de humedad).

- Bajío: Constituye superficies con pendiente imperceptible hacia los esteros y con un pequeño desnivel, respecto a éstos, menor de 60 cm. En la época de lluvias se inunda, alcanzando un pequeño nivel de agua de aproximadamente 5 cm que no consigue cubrir toda la superficie por presentar un microrelieve de unos 15 cm llamado de "lombrizal".

Esta unidad geomorfológica es la más extensa en el área de estudio y está constituida por sedimentos finos limoarcillosos y arcillosos, a partir de los cuales se desarrollan suelos en los que existe un proceso de hidromorfía generalizado más o menos acusado, acompañado en las zonas más bajas de un proceso de vertisolización. En general, presentan horizontes argílicos (haplustalfts).

Debido a la inundación anual, esta superficie no presenta vegetación boscosa, estando cubierta por vegetación graminiforme, predominantemente.

- Estero: Comprende las zonas más deprimidas del Llano, por lo que el tiempo de inundación es máximo, continuando durante parte del período seco. Por ello presenta las texturas más finas, aunque no demasiado diferentes a las del bajío.

Colmenares y col. (1972) distinguen dos tipos de esteros, dependiendo del tiempo que están secos: entre dos y cuatro meses y menos de dos meses; estos últimos podrían distinguirse por la falta de vegetación.

Los suelos desarrollados en esta unidad geomorfológica son de textura arcillosa, muy pobremente drenados, con hidromorfía y caracteres vérticos suficientemente acusados como para clasificarlos en el orden vertisuelos de la sistemática americana (pellusterts). Se distingue en fotografía

aérea por ausencia o muy escasa vegetación y tonalidad gris oscura. La vegetación que puede existir es de tipo hidrófilo.

- Borde aluvial: Esta unidad comprendería una franja que corre paralela al caño Guaritico y río Apure. Presenta una vegetación boscosa parecida a la del banco alto pero en forma alineada.

Los sedimentos son de textura franco-limosa a franco-arcillosa y sobre ellos se desarrollan suelos que presentan alternancias en el contenido en materia orgánica que corresponden a distintos depósitos fluviales, lo cual permite clasificarlos como ustifluvents. Aunque en menor proporción, existen otros que alcanzan desarrollo (haplustalfs).

Finalmente, se distinguen zonas de agua permanentes que corresponden a numerosos caños con abundantes meandros y lagunas, que presentan una importante dinámica geomorfológica. Esto dá lugar a frecuentes discontinuidades lito-lógicas observables en la generalidad del área de estudio.

VEGETACION

La vegetación responde a un amplio margen de factores ecológicos que condicionan su diversidad y distribución. Estos factores son en general: edáficos (textura y estructura del suelo, fertilidad, etc.); climáticos (temperatura y precipitación) y humanos (tala, quema, pastoreo, etc.).

Estudios específicos sobre la influencia de los factores antes citados, se han realizado en el Parque Nacional de Doñana de Sevilla, España, por García Novo (1977) y Mudarra y cols. (1978).

Ramía (1974) indica que los bancos, bajíos y esteros poseen una vegatación específica, la cual está determinada por la topografía, el drenaje, la profundidad de inundación y el suelo. Pero las líneas límites de un estudio edafológico no necesariamente tienen que coincidir con la de estas unidades y así, por ejemplo, el límite banco-bajío no es siempre la separación entre dos unidades de suelo.

Colmenares y cols., citan como especies principales en la banco alto al jobo (Spondios luta L.), samán (Samanea saman Benth), canuto (Genipa ssp.), indio desnudo (Brusera simanaba) y guásimo (Guazuma ulmifolia Lam).

En el banco medio predomina la escoba (Sida acuta Burm), cuando hay pastoreo excesivo. El banco bajo es el ambiente óptimo de cola de mula (Sporobulus indicus R.Br.) y cuando el banco se encuentra muy cercano a un estero domina también la víbora (Imperata contracta Hitche).

Ramia también apunta que las gramíneas son la flora natural predominante en los bajíos, aunque también existen plantas de otras familias, resaltando entre éstas las plantas pertenecientes a la familia de la Ciperaceas bajo condiciones de sobrepastoreo. El Panicum laxum Swartz y Leersia hexandra Swartz definen florísticamente a esta unidad ya que se encuentran generalizadas en todos los bajíos, siendo el primero preponderante en masa vegetal.

Por ser los esteros los lugares más inundables de la sabana, su aspecto y vegetación cambian radicalmente a lo largo del año. Esta unidad en verano está cubierta por una vegetación gramínea baja y durante las lluvias estas gramíneas desarrollan largos estolones que van creciendo a medida que las aguas suben su nivel. Toda una diversidad de plantas acuáticas que aparecen durante las lluvias forman, junto con las gramíneas, una densa e intrínca población vegetal durante esta época en esta unidad. Pero en general, el Hymenachne amplexicaulis (Nees) es la gramínea típica de este tipo de sabana, ya que se encuentra en todas y cada una de las partes del estero, exceptuando a aquellas depresiones profundas pero que también se secan y, por tanto, forman parte de esta unidad.

METODOS

Descripción de los perfiles

Después de la identificación de las diferentes unidades geomorfológicas a través de la interpretación de las fotografías aéreas a escala 1/35.000, se

hizo un reconocimiento de campo que permitió la elección de 5 perfiles de suelos. Dichos perfiles han sido descritos según las normas de FAO (1977), usando el sistema del Soil Survey Manual (1962).

Análisis mecánico

Se realiza en muestras de suelo tamizadas y eliminada la materia orgánica según el método de De Leenheer y col. (1955), determinándose las siguientes fracciones: arena (2 a 0,05 mm), limo (0,05 a 0,002 mm) y arcilla (menor de 0,002 mm).

Análisis granulométrico de la fracción gruesa

Para el estudio sedimentológico de las arenas, se utiliza la técnica granulométrica que tiene por objeto medir los granos que constituyen una determinada fracción.

Se procede a una criba a través de una columna de tamices AFNOR, comprendida entre 2 y 0,063 mm, cuya luz disminuye en progresión geométrica hacia la base, con una razón de $\sqrt[10]{10}$.

Las fracciones separadas en cada tamiz se expresan en porcentajes sobre el peso total de la muestra y se representan a escala semilogarítmica o bien a escala α (cologaritmo de la luz de malla). La interpretación de los datos se hace a través de los siguientes parámetros:

Mediana o tamaño de grano que separa el 50% en peso de la muestra; Cuartiles 1º y 3º que separan el 25% y el 75% en peso, respectivamente (Q_1 y Q_3); Índice de Heterometría ($Hq = \frac{Q_1 - Q_3}{2}$); Índice de Clasificación ($So = \frac{Q_1}{Q_3}$); Índice de Asimetría ($Asq = \frac{Q_1 + Q_3 - 2M}{2}$); Índice de Oblicuidad ($Sk = \frac{Q_1 \cdot Q_3}{M^2}$); Qd de Krumbein y Hé de Cailleux.

Análisis granulométrico de la fracción fina

Para la realización de este análisis se utilizó un aparato Coulter Counter modelo D. Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Diámetro del orificio del tubo receptor	140 micras
Volúmen del manómetro	0,50 ml
Factor de coincidencia (P)	6,86
Factor de calibración (K)	9,2
Dispersante - Electrolito	ClNa, NaOH y hexanometafosfato Na

Análisis mineralógico de la fracción arcilla

La identificación mineralógica de la fracción arcilla se hace por difracción de rayos X sobre diagramas de polvo y agregados orientados saturados en Mg. Se utiliza radiación CuK y filtro de Ni.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

Descripción de las muestras

Se han estudiado 5 perfiles de suelos que representan las distintas unidades geomorfológicas diferenciables en el área de estudio.

El perfil 1 corresponde a la unidad denominada Banco, de granulometría gruesa, que representa las zonas más altas dentro de una topografía escasamente marcada. El suelo se clasifica como Typic Ustipsamment (Clemente y Rojas, 1980).

El perfil 5 define la zona intermedia entre Bancos y Bajíos que se inundan en la época de máxima humedad. El suelo más representativo de esta unidad, denominada Banco Bajo, se clasifica como Aeric Tropaqualf (Clemente y Rojas, 1980). Los perfiles 6 y 8, que caracterizan la unidad Bajío, presentan una granulometría más fina como corresponde a zonas de inundación de aguas tranquilas. Los suelos se clasifican respectivamente como Vertic Haplustalf y Entic Pellustert (Clemente y Rojas, 1980), perteneciendo este último a las zonas más bajas de la Unidad. Finalmente, el perfil 7 se sitúa en la Unidad Estero que corresponde a las zonas más deprimidas y, por tanto, de máxima inundación. El suelo es un Udic Pellustert (Clemente y Rojas, 1980).

La descripción morfológica de los perfiles se recoge en la tabla 1.

TABLA 1.- Descripción de perfiles*

Perfil	Horiz.	Prof. (cm)	Color (s) (h)	Moteado	Textura	Estruct.	Consistencia (s), (h), (m)	Límite
1	A ₁	0-5	10 YR 3,5/1 10 YR 2,5/1		ls	f1gr	ds, mvfr, wso & wpo	c
	A ₁₂	5-22	10 YR 4,5/2 10 YR 3/2	f2f 7,5 YR 5/8	ls	f1gr	ds, mvfr, wso & wpo	c
	C	22-125	10 YR 6/3 10 YR 4/4		s	f0sg	dl, mvfr, wso & wpo	g
	Cg	125 +	10 YR 6/4 10 YR 5/6	f2f 7,5 YR 4/4	s	f0sg	dl, mvfr, wso & wpo	
5	A ₁₁	0-25	10 YR 5,5/1,5 10 YR 3,5/2		ls	f1sbk	ds, mvfr, wso & wpo	c
	A ₁₂	25-37	10 YR 6/3 10 YR 4/3		ls	f1sbk	ds, mvfr, wso & wpo	c
	B ₁₁ ^g	37-50	10 YR 7/4 10 YR 5/3	c2d 7,5 YR 6/8	l	f1sbk	dsh, mfr, wso & wpo	c
	B ₁₂ ^g	50-70	10 YR 8/2 10 YR 6/3	m2d 5 YR 4/4, 2,5 YR 4/8	l	m 3abk	dh, mfi, wss & wps	c
	B ₂ ^{tg}	70-110	10 YR 6/1 10 YR 4/1	m2d 5 YR 4/4	c	m 3abk	deh, mfi, ws & wp	a
	II C	110-145	7,5 YR 8/4 7,5 YR 6,5/4		ls	f1gr	dl, mvfr, wso & wpo	c

TABLA 1.- Descripción de perfiles* (Cont.)

Perfil	Horiz.	Prof. (cm)	Color (s) (h)	Moteado	Textura	Estruct.	Consistencia (s), (h), (m)	Límite		
5	IIIC ₁ g	145-200		Abigarrado		cl	f3abk	deh, mfi, wss & wps	g	
	IIIC ₂ g	200 +		Abigarrado		c	f3pr	deh, mvfi, ws & wp		
6	A ₁₁	0-5	10 YR 5,5/1,5 10 YR 3,5/1			sic	f3abk	deh, mvfi, wss & wps	c	
	A ₁₂	5-25	10 YR 6,5/1 10 YR 4,5/1	c2f 7,5 YR 5/8		c	f3abk	deh, mvfi, wss & wps	c	
	B ₂ tg	25-60	10 YR 6/1 10 YR 3,5/1	c2d 10 YR 5/8		c	m 3pr	deh, mvfi, ws & wp	g	
	B ₂ tgC	60-95	10 YR 6/1	10 YR 3/1, m2d 10 YR 5/8		c	m 3pr	deh, mvfi, ws & wp	c	
	Cg	95-140		Abigarrado			c	m 3abk	deh, mvfi, ws & wp	a
	IIC	140-165		7,5 YR 7/2 7,5 YR 6/3			ls	f0sg	ds, mvfr, wso & wpo	a
	III Cg	165-205		Abigarrado			cl	m 3abk	deh, mvfi, wss & wps	
7	A ₁	0-15	10 YR 4/1 10 YR 2/1			c	m 3pr	dvh, mvfi, ws & wp	c	

TABLA 1.- Descripción de perfiles* (Cont.)

Perfil	Horiz.	Prof. (cm)	Color (s) (h)	Moteado	Textura	Estruct.	Consistencia (s), (h), (m)	Límite
7	AC	15-60	10 YR 5/1 10 YR 3/1	c2f 7,5 YR 5/6, 5 YR 4/4	c	m 3 pr	deh, mvfi, ws & wp	c
	Cg	60-135	Abigarrado		c	m 3 pr	deh, mvfi, ws & wp	a
	II C ₁	135-155	10 YR 5/1,5 10 YR 3/1,5		l	vf1sbk	dsh, mvfi, wss & wps	g
	II C ₂	155-175	10 YR 7/2 10 YR 6/2		sl	vf2cr	ds, mvfi, wso & wpo	a
	III Cg	175-205	Abigarrado		cl	m 1 pr	dvh, mfr, wss & wps	
8	A ₁	0-20	10 YR 5/1 10 YR 3,5/1		c	vc2sbk	dvh, mfi, wss & wps	g
	ACg	20-40	Abigarrado		c	c 3 pr	dvh, mfi, wss & wps	c
	C ₁ g	40-60	Abigarrado		c	c 3 pr	dvh, mfi, wss & wps	g
	C ₂ g	60-125	Abigarrado		sic	c3sbk	dh, mfr, wss & wps	g
	C ₃ g	125-180	Abigarrado		sicl	c3sbk	dh, mfr, wss & wps	c
	II Cg	180-205	Abigarrado		l	c3sbk	dh, mfr, wss & wps	

* Simbología del Soil Survey Manual, Agricult. Handbook n° 18.

Análisis mecánico

La tabla 2 recoge los resultados del análisis mecánico que ha permitido de finir el tipo textural de los diferentes perfiles estudiados, así como la variación de la composición granulométrica de los horizontes.

La unidad Banco, representada por el perfil 1, muestra una gran uniformidad textural con gran predominio de la fracción arena (más del 80 % en todos los horizontes). Sólo cabe resaltar un contenido algo más elevado de limo en los horizontes superficiales (14-12,5 %) frente a los más profundos (8-4,5 %) que posiblemente se deba a un aporte eólico muy generalizado en todo el área.

Texturalmente, el perfil 5 puede dividirse en 2 partes. Una primera hasta 110 cm, donde se aprecia un aumento constante de arcilla, hasta alcanzar el valor de 57,6 % en el horizonte B_2 tg, que se corresponde con una disminución clara de la fracción más gruesa (desde 54,5 a 14,4 %). Este mayor contenido en elementos finos está relacionado con la situación geomorfológica de Banco Bajo, sujeta a períodos de inundación. Entre 110 y 145 cm hay un descenso muy brusco de la fracción arcilla (pasa de 57,6 % a 5,6 %), que podría interpretarse como una discontinuidad litológica, sobre todo teniendo en cuenta el nuevo aumento de las fracciones finas en los horizontes más profundos.

El perfil 6, correspondiente a la unidad geomorfológica Bajío, presenta una textura francamente arcillosa hasta los 140 cm de profundidad. En efecto, más del 90 % de la composición mecánica del suelo corresponde a las fracciones finas, principalmente a la de arcilla, que alcanza un valor máximo de 79,5 % en el horizonte textural B_2 tg. Entre 140 y 165 cm aparece un aumento muy brusco de la fracción arena (de 3,4 % a 52,8 %), en detrimento de la fracción arcilla (de 61,6 % a 3,3 %), lo cual indicaría, como en el perfil anteriormente comentado, la presencia de una discontinuidad litológica.

Estas discontinuidades texturales son una constante que repite en todo el área. Así, vuelven a aparecer en el perfil 7, representativo de la unidad geomorfológica Estero. En efecto, este perfil puede dividirse asimismo en

TABLA 2.- Análisis mecánico

Perfil	Horiz.	Prof. (cm)	$< 50 \mu$	$2-50 \mu$	$> 2 \mu$	Tipo Textural
			Arena	Limo	Arcilla	
1	A ₁₁	0-5	82,4	14,0	3,6	ARENO FRANCOSO
	A ₁₂	5-22	84,0	12,5	3,5	ARENO FRANCOSO
	C	22-125	88,2	8,0	3,8	ARENOSO
	Cg	125 +	92,3	4,5	3,2	ARENOSO
5	A ₁₁	0-25	54,5	36,0	9,5	FRANCO ARENOSO
	A ₁₂	25-37	48,4	40,0	11,6	FRANCO
	B _{11g}	37-50	42,2	42,2	15,6	FRANCO
	B _{12g}	50-70	36,7	42,2	21,1	FRANCO
	B _{2tg}	70-110	14,4	28,0	57,6	ARCILLOSO
	IIC	110-145	44,8	49,6	5,6	FRANCO ARCILLOSO
	IIIC _{1g}	145-200	26,3	38,1	35,6	FRANCO ARCILLOSO
	IIIC _{2g}	200 +	14,4	36,0	49,6	ARCILLOSO
6	A ₁₁	0-5	6,3	42,1	51,6	ARCILLO LIMOSO
	A ₁₂	5-25	2,5	32,2	65,3	ARCILLOSO
	B _{1tg}	25-60	1,5	19,0	79,5	ARCILLOSO
	B _{2tgC}	60-95	1,5	33,2	65,3	ARCILLOSO
	Cg	95-140	3,4	35,0	61,6	ARCILLOSO
	IIC	140-165	52,8	43,9	3,3	FRANCO ARENOSO
	IIICg	165-205	39,6	30,5	29,8	FRANCO ARCILLOSO
	7	A ₁	0-15	13,2	17,3	69,5
AC		15-60	8,4	15,0	76,6	ARCILLOSO
Cg		60-135	7,3	19,7	73,0	ARCILLOSO
IIC		135-155	46,4	34,0	19,6	FRANCO
IIC ₁		155-175	54,5	34,0	11,5	FRANCO ARENOSO
III ₁ Cg		175-205	40,1	26,3	33,6	FRANCO ARCILLOSO
8	A ₁	0-20	21,0	34,0	45,0	ARCILLOSO
	ACg	20-40	25,9	30,4	43,7	ARCILLOSO
	C _{1g}	40-60	24,2	33,6	42,2	ARCILLOSO
	C _{2g}	60-125	17,4	41,4	41,2	ARCILLO LIMOSO
	C _{3g}	125-180	10,9	52,0	37,1	FRANCO ARC. LIMOSO
	II ₁ Cg	180-205	32,4	44,0	23,6	FRANCO

dos partes claramente diferenciadas. Una primera muy arcillosa (69,5-76,6%) hasta 135 cm, y una segunda, desde 135 a 205 cm, donde el predominio corresponde a la arena (40,1-54,5 %).

El perfil 8 muestra una gran uniformidad textural. Hasta los 180 cm de profundidad puede apreciarse que el contenido en partículas mayores de 2 u sólo varía entre 55 % y 62 %, mientras que las menores de 2 μ lo hacen entre 38 % y 45 %, si bien en profundidad aumenta el tamaño limo respecto al de arena, desplazando el tipo textural hacia los espaciados francos. A 180 cm aparece una disminución de arcilla y un aumento de arena, que supone un salto textural, aunque no tan brusco como en perfiles anteriores.

En resumen, puede observarse que la textura de los distintos perfiles estudiados está íntimamente relacionada con la situación geomorfológica en la que se encuentran, correspondiendo a la unidad topográficamente más alta (Banco), las texturas más gruesas. Hay que resaltar la presencia de horizontes arenosos enterrados en los perfiles representativos de las unidades actualmente más deprimidas (Bajíos y Esteros). Estas discontinuidades litológicas podrían corresponder a Bancos enterrados por la colmatación de antiguos cañones divagantes, de acuerdo con la gran dinámica geomorfológica que se observa en todo el área.

Análisis granulométrico

Se han realizado análisis granulométricos de fracciones gruesas y/o finas de los horizontes más representativos de los diferentes perfiles. Dichos horizontes han sido escogidos en función de la morfología de los perfiles y sobre todo de los cambios texturales observados en ellos.

Del perfil 1 se han tomado los horizontes A₁₂ (de 5 a 22 cm) y Cg (+ 125 cm) con objeto de estudiarlo en toda su profundidad. Sólo se ha realizado la granulometría de arenas por ser el contenido en fracción más fina muy pequeño y, por tanto, poco representativa de la textural del perfil.

En el perfil 5 se ha determinado la granulometría fina y gruesa del horizon

te A₁₂ (25-37 cm) por tener una textura más equilibrada y sólo granulometría fina del horizonte B₂tg (70-110 cm) debido a su escaso contenido en arenas.

El perfil 6 presenta una textura muy arcillosa hasta los 140 cm apareciendo a esta profundidad una discontinuidad litológica muy marcada. De la primera parte del perfil se ha realizado la granulometría fina del horizonte A₁₂ (5-25 cm) y fina y gruesa de la discontinuidad (horizonte IIC de 140 a 165cm).

Finalmente, el perfil 7 muestra una distribución textural semejante al anterior, por lo que se ha muestreado de forma similar, realizándose la granulometría fina del horizonte AC (15-60 cm) y fina y gruesa del horizonte IIC₂ (155-175 cm) que representa una discontinuidad litológica.

Análisis granulométrico de la fracción gruesa

En la tabla 3 se recogen los valores de las distintas fracciones obtenidas después de una tamización de las muestras representativas de cada uno de los perfiles estudiados.

Haciendo una comparación de las diferentes columnas de dicha tabla, puede observarse que no existen grandes variaciones en la distribución de los tamaños de grano. Puede resaltarse la práctica total ausencia de granos mayores de 0,5 mm, salvo en la muestra 5 donde se alcanza un 4% en peso, además de presentar una mayor distribución. Esta circunstancia indica una más alta heterogeneidad en la composición granulométrica de esta muestra, debido probablemente a cierta irregularidad en las corrientes responsables de su deposición. Esta diferente heterogeneidad se pone asimismo de manifiesto en los valores de Hq.

Los valores del cuartil 1º (tabla 4) son muy semejantes en las cuatro primeras muestras, variando entre 7,7 y 9,9 en escala. El valor correspondiente a la muestra 5 es más bajo (5,6), indicando que el 25 % en peso de esta muestra se alcanza en un tamaño de malla más grueso que en las otras, lo que está de acuerdo con lo anteriormente expuesto.

TABLA 3.- Distribución granulométrica de la fracción gruesa.

Ø luz (mm)	PERFIL 1		PERFIL 1		PERFIL 5		PERFIL 6		PERFIL 7		
	Horiz. A ₁₂	Prof. 5-22 cm	Horiz. Cg	Prof. 125-	Horiz. A ₁₂	Prof. 25-37 cm	Horiz. IIC	Prof. 140-165 cm	Horiz. IIC ₂	Prof. 155-175 cm	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
-3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2
0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4
3	0,5	0,2	0,2	0	0	2,2	2,2	0	0	4,0	4,4
4	0,4	2,0	2,2	0,1	0,1	4,1	6,3	0	0	7,5	11,9
5	0,3	2,1	4,3	0,3	0,4	3,1	9,4	0,7	0,7	7,6	19,5
6	0,25	1,7	6,0	0,4	0,8	2,7	12,1	1,4	2,1	8,6	28,1
7	0,2	5,2	11,2	0,9	1,7	2,6	14,7	2,6	4,7	6,7	34,8
8	0,16	22,7	33,9	13,5	15,2	6,6	21,3	7,8	12,5	9,8	44,6
9	0,125	25,1	59,0	43,6	58,8	14,3	35,6	10,4	22,9	7,2	51,8
10	0,100	14,6	73,6	19,3	78,1	14,3	49,9	8,3	31,2	5,2	57,0
11	0,080	17,5	91,1	17,1	95,2	28,6	78,5	23,6	54,8	18,5	75,5
12	0,063	8,9	100	4,8	100	21,5	100	45,2	100	24,5	100

TABLA 4 .- Determinación de los parámetros granulométricos.

Muestra	Q_1	α mm	Q_2	α mm	Q_3	α mm	S_k	H_q	Asq	Qd	Hé	So
PERFIL 1 Horizonte A ₁₂	7,7 0,176		8,5 0,137		10,2 0,098		0,91	1,25	0,9	1,60	0,25	1,34
PERFIL 1 Horizonte Cg	8,2 0,158		8,7 0,132		10 0,097		0,90	0,9	0,8	1,55	0,2	1,28
PERFIL 5 Horizonte A ₁₂	8,2 0,151		10,2 0,100		11 0,082		1,24	1,4	-1,2	1,6	0,5	1,36
PERFIL 6 Horizonte IIC	9,9 0,119		11 0,084		11,5 0,072		1,21	0,8	-0,6	1,65	0,4	1,28
PERFIL 7 Horizonte IIC ₂	5,6 0,268		8,7 0,134		11 0,080		1,19	2,7	-0,8	1,75	0,3	1,83

Por el contrario, los valores del cuartil 3º (luz a la que se recoge el 75% de la muestra) son muy similares en todas las muestras, oscilando entre 10 y 11,5. Esta escasa variación implica una gran homogeneidad de la fracción arenosa fina, debido a un mismo origen sedimentario e igual intensidad.

Los datos de la mediana (Md) varían entre 8,5 en la muestra 1 y 11 en la muestra 4 que corresponden, respectivamente, a una luz de malla de 0.137 mm y 0.054 mm. Se observa, por tanto, que las oscilaciones más extremas entre los tamaños medios de grano son pequeñas, lo que indica, aún cuando existan diferencias, que el conjunto corresponde a un régimen general de sedimentación de aguas tranquilas.

Este régimen de sedimentación fluvial viene confirmado por los valores de Hé de Cailleux y de Qd^* de Krumbein, sin descartar una ligera influencia eólica deducible de los primeros. El coeficiente de clasificación (S_o) confirma este origen fluvial, ya que según Lemcke y col. (1953) los valores de dicho coeficiente comprendidos entre 1,3 y 1,9 corresponden a una deposición por ríos no regulados.

El índice de asimetría (Asq), positivo en las dos primeras muestras y negativo en las otras tres, indica que mientras en las muestras 1 y 2 es la fracción gruesa la mejor clasificada, en las 3, 4 y 5 lo es la fracción fina. En este mismo sentido puede interpretarse los valores del índice de oblicuidad (Sk), que es inferior a la unidad en las muestras 1 y 2 y superior a la unidad en las 3, 4 y 5.

Esta diferencia en la clasificación de las fracciones arenosas finas y gruesas se corresponden con distintas situaciones geomorfológicas actuales. Las 2 primeras muestras pertenecen al perfil de Banco Alto, mientras que las otras tres son discontinuidades litológicas arenosas enterradas en situaciones de mayor depresión.

En resumen, la interpretación de los diferentes parámetros derivados del análisis granulométrico parecen indicar un mismo origen de los sedimentos are-

nosos del área de estudio y prácticamente un mismo régimen fluvial de deposición incluso en cuanto a su intensidad. Las pequeñas diferencias que existen entre los horizontes arenosos enterrados y los bancos actuales pueden atribuirse al proceso de enterramiento por materiales finos (limos y arcillas) sufridos por aquellos, que justificaría el aumento observable de las fracciones arenosas más finas.

Análisis granulométrico de la fracción de 2 a 63 micras

Debido a que la mayor parte del área de estudio está constituida por sedimentos finos con tamaño de partícula menor de 50 micras (limo y arcilla), es interesante realizar un estudio de distribución granulométrica de dicha fracción, sobre todo en aquellas muestras que presentan un escaso contenido en arenas. El estudio se refiere a la fracción entre 2 y 63 micras por considerar a la menor de 2 micras sin gran interés granulométrico desde el punto de vista de sedimentación.

Se han seleccionado una serie de muestras pertenecientes a los diferentes perfiles estudiados salvo el perfil 1 que presenta una textura gruesa con más del 80 % de arena y en el que las curvas de frecuencia y distribución de dichas arenas deben ser más decisivas.

En la tabla 5 se recogen los valores de la distribución de frecuencia de porcentajes para cada tamaño de partícula seleccionado, así como su distribución acumulativa.

Puede observarse que en todas las muestras estudiadas se dá un máximo frecuencial en el tamaño de $10,4 \mu$. Concretamente, más del 30 %, y en algunas muestras cerca del 50 % de las partículas, tienen un tamaño comprendido entre $10,4$ y $14,35 \mu$. Teniendo en cuenta que las muestras están tomadas a diferentes profundidades, dentro de los 2 metros considerados como suelo, quiere decir que existe una gran uniformidad tanto en los aportes como en las condiciones de sedimentación.

Dentro de esta gran uniformidad pueden resaltar pequeñas diferencias, sobre

TABLA 5.- Distribución granulométrica de la fracción fina y cálculo de los cuartiles.

Muestra	1		2		3		4		5		6		7		8	
Luz (micras)	PERFIL 5		PERFIL 5		PERFIL 6		PERFIL 6		PERFIL 7		PERFIL 7		PERFIL 8		PERFIL 8	
	Horiz. A ₁₂		Horiz. B _{2tg}		Horiz. A ₁₂		Horiz. IIC		Horiz. AC		Horiz. IIC ₂		Horiz. ACg		Horiz. C _{3g}	
	Prof. 25-37 cm		Prof. 70-110 cm		Prof. 5-25 cm		Prof. 140-165 cm		Prof. 15-60 cm		Prof. 155-175 cm		Prof. 20-40 cm		Prof. 125-180 cm	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
60,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53,55	0	0	0,5	0,5	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
47,65	2,2	2,2	2,1	2,6	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
42,50	2,7	4,9	0,2	2,8	0	0	0,1	0,3	0,8	0,8	14,3	14,3	0	0	0,3	0,8
35,50	10,4	15,3	3,1	5,9	1,4	1,4	17,2	17,5	0,9	1,7	4,5	18,8	0,5	0,5	1,4	2,2
28,20	10,8	26,1	5,9	11,8	4,6	6,0	7,2	24,7	6,3	8,0	8,7	27,5	1,0	1,5	5,3	7,5
24,00	1,1	27,2	1,7	13,5	0,7	6,7	1,7	26,4	1,6	9,6	1,1	28,6	4,0	5,5	0,9	8,4
21,50	3,8	31,0	21,3	34,8	3,1	9,8	9,2	35,6	5,1	14,7	3,2	31,8	2,2	7,7	4,6	13,0
18,00	9,1	40,1	10,8	45,6	5,1	14,9	7,5	43,1	7,5	22,2	6,4	38,2	10,6	18,3	8,3	21,3
14,35	9,3	49,4	7,4	53,0	6,5	21,4	16,5	59,6	8,6	30,8	7,0	45,2	11,9	30,2	6,9	28,2
10,40	38,8	88,2	31,7	84,7	38,8	60,2	33,0	92,6	33,6	64,4	33,3	78,5	43,6	73,8	42,3	70,5
7,25	5,8	94,0	5,7	90,4	9,1	69,3	4,1	96,7	7,3	71,7	6,4	84,9	8,1	81,9	9,2	79,7
5,75	3,7	97,9	4,3	94,7	10,3	79,6	2,4	99,1	8,5	80,2	6,1	91,0	6,8	88,7	8,2	87,9
4,65	1,8	99,5	3,2	97,9	11,1	90,9	0,8	99,9	9,6	89,8	5,4	96,4	6,0	94,7	7,8	95,7
3,80	0,5	100	2,1	100	9,3	100	0,1	100	10,2	100	3,6	100	5,3	100	4,3	100
Q ₁ (μ)	28,9		22,6		13,9		27,4		16,8		30,3		15,9		16,0	
Q ₂ (μ)	14,3		15,8		11,4		16,4		12,1		14,0		12,5		12,3	
Q ₃ (μ)	11,7		11,6		6,4		12,5		6,7		11,0		9,9		8,9	

todo a partir de los datos de porcentajes acumulados. En efecto, en la tabla 5 se observa que hasta el tamaño donde se registra el máximo frecuencial, las muestras 1, 2, 4 y 6 superan el 45 % acumulado, mientras que las 3, 5, 7 y 8 apenas alcanzan el 30 %. Estas últimas corresponden a situaciones más deprimidas (bajíos y esteros) y, por tanto, con una sedimentación más fina. Frente a ellas, las muestras 1 y 2 pertenecen a zonas ligeramente más altas y lógicamente con unos porcentajes inferiores de las partículas menores. Hay que poner de manifiesto que la distribución acumulativa de los horizontes arenosos enterrados (muestras 4 y 6) se corresponden con estas muestras, lo que podría indicar unas condiciones de sedimentación similares a las que actualmente sufre el banco inundado.

Los valores de los cuartiles (Q_1 , Q_2 y Q_3) separan una vez más las muestras 1, 2, 4 y 6 de las 3, 5, 7 y 8. Así, en las primeras, Q_1 varía entre 27,4 y 30,3, si se exceptúa la muestra 2 que presenta un valor más bajo (22,6) debido a que se trata de un horizonte textural en el que existe una acumulación de material fino debido a un proceso de iluviación: Q_2 varía entre 14 y 16,4 y finalmente, Q_3 oscila entre 11 y 12,5.

Frente a estos valores, resaltan los más bajos de las muestras 3, 5, 7 y 8. En efecto, Q_1 varía entre 13,9 y 16,8; Q_2 entre 11,4 y 12,5 y Q_3 entre 6,4 y 9,9.

En resumen, la distribución granulométrica de frecuencia y acumulación parecen indicar una semejanza de aportes y condiciones de sedimentación en las unidades geomorfológicas conocidas como bajío y estero frente a las de la unidad banco bajo. A esta última hay que referir las características granulométricas de la fracción fina de las discontinuidades litológicas observadas en los perfiles de bajío y estero, que podrían corresponder a antiguos bancos enterrados.

Análisis mineralógico de la fracción arcilla

En la tabla 6 se recogen los datos semicuantitativos del análisis mineralógi

TABLA 6.- Estimación semicuantitativa de la fracción arcilla.

Perfil	Horizonte	Cuarzo	Grupo Caolín	Mica-Ilita	Interestratificado
1	A ₁₁	9	6	4	-
	A ₁₂	9	5	2	1
	C	9	7	3	2
	Cg	8	7	2	2
5	A ₁₁	9	7	3	1
	A ₁₂	8	8	3	2
	B _{11g}	7	8	5	1
	B _{12g}	7	8	6	1
	B _{2tg}	6	9	7	1
	IIC	9	7	2	-
	III C _{1g}	8	8	4	-
	III C _{2g}	8	8	6	-
6	A ₁₁	9	6	5	-
	A ₁₂	8	7	3	1
	B _{2tg}	7	8	5	1
	B _{2tg} C	6	8	8	1
	Cg	7	7	5	-
	IIC	8	6	4	1
	III Cg	7	8	7	-
7	A ₁	8	7	5	2
	AC	8	7	6	1
	Cg	8	7	4	2
	II C ₁	9	5	4	1
	II C ₂	9	6	2	1
	III Cg	8	8	3	-
8	A ₁	8	5	7	-
	A ₁ Cg	9	4	3	-
	C _{1g}	9	5	3	1
	C _{2g}	8	7	3	1
	C _{3g}	8	7	4	1
	II Cg	8	7	5	2

co de la fracción arcilla. En general, puede afirmarse que existe una gran uniformidad en cuanto a los componentes de dicha fracción. En ella predomina el cuarzo, siguiendo en importancia arcillas del grupo del caolín y del grupo de las micas-ilitas, acompañadas por una pequeña proporción de interstratificados.

Observando los datos de cada perfil independientemente, pueden apreciarse ligeras diferencias entre ellos. El perfil 1 presenta el mayor predominio de cuarzo, que se mantiene en todos los horizontes. En los perfiles 5, 6, 7 y 8, de textura más fina, existe un mayor equilibrio entre el cuarzo y los silicatos arcillosos, llegando incluso a predominar éstos en los horizontes de acumulación B₂t. Puede observarse que en estos perfiles, el cuarzo es más abundante en superficie como consecuencia de una mayor alteración. Su contenido disminuye con la profundidad hasta hacerse minoritario en los horizontes texturales, como se ha comentado anteriormente. A continuación hay un cambio mineralógico en los horizontes que representan discontinuidades litológicas, donde existe una composición análoga a la que presentan los horizontes del perfil 1, correspondiente al área de bancos.

En resumen, la mineralogía de la fracción arcilla está de acuerdo con un mismo origen de los sedimentos finos depositados en el Llano. Sólo cabe resaltar diferentes predominios entre los componentes correspondientes a los materiales de las unidades de Bajío y Estero, y los de la unidad Banco. Con esta última Unidad se identifica la composición mineralógica de las discontinuidades litológicas.

CONCLUSIONES

La zona de estudio corresponde a una llanura de inundación con escasísima pendiente, menor de 0,02 %. El drenaje del área tiene como colector principal al río Apure situado al norte, hacia el que vierten una serie de caños primarios (Guaritico, Macanillal, Mucuritas y Capuchinos) que recogen aguas de una densa red de otros secundarios.

En la época de lluvia el drenaje se encuentra impedido por el crecimiento del nivel del colector principal, lo que ocasiona el desbordamiento de la red de caños, favorecido por el deficiente drenaje interno de los sedimentos finos aluviales. Esto es, el proceso de inundación tiene una doble causa: el desbordamiento de los cauces naturales (por dificultad en el drenaje externo) y la alta pluviosidad concentrada en una parte del año (por dificultad en el drenaje interno).

Debido a la escasa pendiente, la inundación provoca una sedimentación con régimen de deposición lento. Por tanto, los sedimentos, a nivel general, estarán constituidos fundamentalmente por materiales finos (limos y arcillas).

Dentro del área de estudio existe una sedimentación diferencial perpendicular a los caños. En efecto, como consecuencia del desbordamiento de un caño, las fracciones gruesas se depositan rápidamente en sus proximidades, mientras que las finas (limos y arcillas) tienen la posibilidad de un recorrido más largo. Como resultado, a escala de semidetalle pueden reconocerse las principales unidades geomorfológicas descritas con anterioridad, que son Banco, Bajío y Estero. El Banco se extenderá en bandas más o menos amplias a lo largo de los caños, el Bajío ocupará la mayor parte de la superficie entre caños y el Estero se reducirá a las partes deprimidas del Bajío.

Durante la época de verano o seca, la acción eólica es importante en la dinámica geomorfológica del Llano. El viento traslada una gran masa de sedimentos finos que son captados por las zonas más deprimidas que conservan el agua mayor tiempo. El resultado puede ser la colmatación de dichas depresiones, especialmente rápida en meandros abandonados y caños endorréicos. El aumento de la altura de sedimentos así provocado, hace desaparecer las pequeñas diferencias de nivel, alcanzando la inundación, en un momento dado, zonas más elevadas de textura gruesa (bancos bajos) sobre los que se depositarán a partir de entonces materiales finos. La consecuencia es la for

mación de discontinuidades litológicas fácilmente reconocibles en la morfología del perfil. Al mismo tiempo, el caño cambia su curso abandonando el cauce antiguo y quedando zonas de banco como testigos.

Esta dinámica se refleja en una geomorfología cambiante a través del tiempo cuyos testimonios pueden observarse en toda la superficie del Llano venezolano.

BIBLIOGRAFIA

- CLEMENTE, L. y ROJAS, C. (1980): Geomorfología, Edafogénesis y Cartografía de la zona Norte de la Reserva Biológica "El Frío" (Apure-Venezuela): Monografías C.E.B.A.C., 123 pp.
- COLMENARES, E.; MASSEY, S.; ROSALES, A. y PADILLA, C. (1972): Correlación de elementos de fotointerpretación con los suelos de la llanura aluvial actual del Estado Apure. 4º Congreso Latinoamericano y 2ª Reunión Nacional de Ciencias del Suelo. Venezuela.
- COMERMA, J.A. y LUQUE, O. (1971): Los principales suelos y paisajes del Estado Apure. Agron. Trop. V. XXI (5). Maracay (Venezuela).
- DE LEENHEER, L.; VAN RUYMBECKE, M. y MAES, L. (1955): L'analyse mécanique au moyen de l'hydromètre à chaîne. Silic. Indust., 20, p. 237.
- FAO (1977): Guía para la descripción de perfiles de suelos: Dir. Fom. Tierras y Aguas. Roma. 70 pp.
- GARCIA NOVO, F. (1977): The effects of fire in the vegetation on Doñana National Park (SW Spain). Proc. for the Symp. on the Environ. Forest Service. Gral. Tech. Rep. W0/3 California.
- MUDARRA, J.L.; CLEMENTE, L.; MERINO, J. y FIGUEROA, M.E. (1978): Los suelos de la Reserva Biológica de Doñana. Actas 5ª Reunión Iberoamericana de Zool. de Vert. La Rábida, Huelva p. 877.
- RAMIA, M. (1972): Cambios en la vegetación del hato El Frío (Alto Apure) causados por diques. Bolet. Soc. Venez. Cienc. Nat., 30 (124-125): 57-59.
- RAMIA, M. (1972): Plantas en las sabanas llaneras. Monte Avila Editores.

Caracas, pp. 287.

SOIL SURVEY MANUAL (1962): U.S. Dept. Agriculture Handbook. No. 18.

SOIL SURVEY STAFF (1975): Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S.D.A. Agric. Handb. Washington D.C.