



Investigaciones Geográficas (Mx)

ISSN: 0188-4611

edito@igg.unam.mx

Instituto de Geografía

México

Lara, Sara; González, Luis Felipe
Evolución geomorfológica de la planicie lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Estado
Falcón, Venezuela
Investigaciones Geográficas (Mx), núm. 62, abril, 2007, pp. 7-30
Instituto de Geografía
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56906202>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Evolución geomorfológica de la planicie lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela

Sara Lara*
Luis Felipe González*

Recibido: 19 de abril de 2005
Aceptado en versión final: 8 de junio de 2006

Resumen. El área de La Macolla se localiza al SW del faro homónimo en la costa NW de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela. El objetivo del trabajo es abordar una posible explicación de evolución geomorfológica, a partir de los indicadores disponibles en el campo, tales como terraza marina, manglar y barrera o cordón litoral, además de caracterizar los ambientes sedimentológicos distintivos. Se trata de una antigua bahía bordeada por un escarpe de terraza constituido por calizas fosilíferas con un promedio de altura de 80 cm. Este escarpe domina un área de 9.6 ha de planicie lodosa o "mud flat" y una barrera litoral de 3.5 ha. La fracción limosa predominante en los sedimentos de la planicie lodosa y del área de manglar se interpretan como evidencias de condiciones más húmedas que las actuales, que permitieron la meteorización de las calizas circundantes, una escorrentía superficial y el consiguiente transporte hasta las partes más bajas, donde la vegetación halófila se instaló. La evolución de la bahía a llanura cenagosa se atribuye a fluctuaciones del nivel marino y al cierre de cordones litorales por transporte sedimentario.

Palabras clave: Lagunas costeras, planicies lodosas, manglar, terrazas marinas, transgresión holocénica.

Geomorphological evolution of The Macolla mud flat plain, Paraguaná peninsula, Falcón State, Venezuela

Abstract. The Macolla's area is located at SW homonym lighthouse in the NW Paraguaná's coast Falcón State, Venezuela. The aim of this work is to deal with a possible explanation above geomorphological evolution from the available indicators in the field such as marine terrace, mangrove, barrier island. Apart from to characterize the distinctive sedimentary environments it's belong to ancient embayment surrounded by fossiliferous limestone marine's terrace scarp. From this scarp there is a view over the whole area, which is divided in this study in 9.6 ha of mud flat and 3.5 ha of barrier island. The silty fraction prevailed in the mud flat sediments is interpreted as evidence of more humid conditions than the present, this allowed limestone weathering, running water and the consequent sediment transport to the lowest land where

* Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Departamento de Geografía e Historia, Av. Páez El Paraíso, Caracas, Venezuela. E-mail: saralaradegonzalez@hotmail.com slgonz21@yahoo.com; luisfgonzalez1@cantv.net

the halophytic vegetation grew up. The embayment evolution towards mud flat is related to the marine fluctuations and the sealed of barrier island by sedimentary transport.

Key words: Coastal lagoons, mud flat, mangrove, marine terraces, Holocene rise sea level.

INTRODUCCIÓN

La llanura de La Macolla se ubica en la costa noroccidental de la Península de Paraguaná en las coordenadas 12° 05' 31" N, y 70° 11' 59" W, al SW del faro del mismo nombre (Figura 1). El clima del área es semiárido (Cuadro 1), por consiguiente la vegetación se circunscribe a las especies xerofíticas y puntualmente halófitas en los sectores cenagosos.

El área, por sus características geomorfológicas, debió funcionar en el pasado geológico reciente como una laguna costera. En consecuencia, esta investigación se propuso como objetivos abordar una posible explicación de evolución geomorfológica del área a partir de los indicadores disponibles en el campo: terraza marina, manglar y cordón litoral, además de caracterizar los ambientes sedimentológicos distintivos con la ayuda del trabajo de laboratorio.

Las lagunas costeras son ambientes complejos e inestables por la dinámica de su evolución geológica, características físico-químicas y ocurrencia de fenómenos climáticos, que las hacen susceptibles al cambio en periodos cortos. De la Lanza *et al.* (1996) y Marcucci (1990) las definen como cuerpos de agua someros ubicados paralelamente a la costa en zonas micro-mareales,

donde la comunicación con el mar abierto se hace a través de una boca que interrumpe la barrera de arena.

Según Phleger en Marcucci (1990), las lagunas litorales son sistemas efímeros, desde el punto de vista geológico, dependiendo su desarrollo y duración de los siguientes factores:

- Disponibilidad de sedimentos fluviales.
- Capacidad del transporte litoral para formar barras arenosas.
- Fluctuación de la marea para mantener la comunicación entre el mar y la laguna.

En relación con las barreras o cordones litorales, Marcucci (1990) y Komar (1998) mencionan que esta última es un depósito costero de morfología alargada, dispuesto paralelamente a la costa, formada por gravas, arenas y bioclastos acumulados por la acción del oleaje en la línea de la rompiente asociada al transporte sedimentario de la corriente litoral predominante.

El desarrollo de la forma topográfica de barrera litoral está asociado al oleaje que rompe oblicuamente en la costa, generando la deriva litoral mediante la cual se produce un transporte de sedimentos en sentido oblicuo y ascendente en la playa. Un movimiento similar

Cuadro 1. Datos climatológicos en promedios mensuales de la estación Macolla Período 1958-1983, Estado Falcón, Venezuela

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	
Precipitación (mm)	9	6	5	8	12	14	8	10	29	34	39	29	Total 203
Evaporación (mm)	160	16	170	180	160	190	200	200	170	150	155	150	Total 2050
Temperatura (° C)	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	28	28	Prom. 28.5

Prom. = Promedio

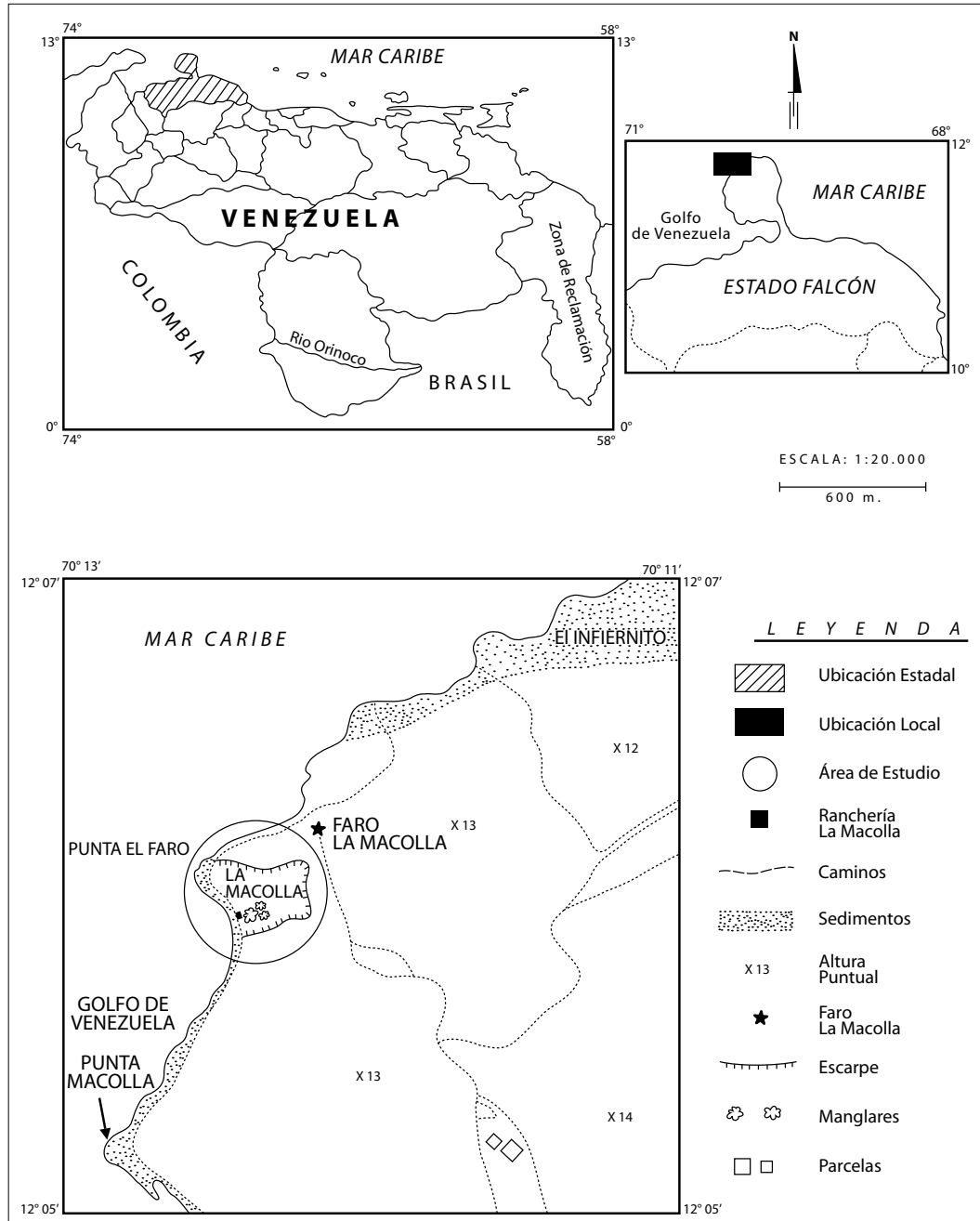


Figura 1. Ubicación nacional, estatal y local del área en estudio: evolución geomorfológica de la llanura lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Edo. Falcón, Venezuela.



Figura 2. Panorámica de la planicie lodosa de La Macolla vista desde el norte.

se produce a lo largo de la infraplaya creando una corriente litoral paralela a la costa. Ambos procesos movilizan cantidades apreciables de sedimentos y, si la configuración de la costa es poco profunda, se produce un proceso de progradación mediante la conformación de flechas y barreras litorales que tienden a cerrar lagunas costeras (Marcucci, 1990; Strahler y Strahler, 1996; Tarbuck y Lutgens, 2005).

Al examinar los procesos físicos que han conducido al desarrollo de los cordones litorales actuales Nummedal (en Komar, 1998) menciona el aumento del nivel marino durante el Holoceno, la fuente y distribución del sedimento a lo largo de la costa y el intercambio mareal.

El primero se reconoce como factor responsable de la migración hacia el continente y el aumento en altura que mantiene emergida la barrera o cordón litoral. Durante los períodos de tormenta estas formas topográficas pueden quedar parcial o totalmente sumergidas de manera que el oleaje y las corrientes socavan material del frente de la barrera y lo transportan distribuyéndolo a lo largo del tope de la misma, lo que aumenta su elevación y progradación hacia tierra. Este efecto combinado aumenta las dimensiones de esta forma topográfica como ha sido demostrado por Godfrey y Godfrey (1973),

en Core Banks, North Carolina, la situación está gráficamente documentada en Komar (1998). Igualmente, Curray *et al.* (en De la Lanza, 1996, Komar 1998), interpretan la evolución geomorfológica de la planicie costera de Nayarit, México, asociada a la transgresión holocénica dentro de la cual se produjeron períodos transgresivos y regresivos depositacionales, conformándose cordones que migraron a lo largo de la costa por el transporte litoral, aislando lagunas, generándose condiciones propicias para que se asentaran comunidades de manglar.

En la costa venezolana se tienen variados ejemplos de lagunas costeras en diferentes estadios de evolución (Lara *et al.*, 1997). En el caso de La Macolla, debido a las dimensiones más reducidas que una laguna litoral típica, en cuanto a espejo de agua y profundidad, algunos autores como Martínez (1996), utilizan la denominación de charcas costeras. En este caso se asiste a la etapa final, donde el espejo de agua se ha retirado y, en su lugar, existe una llanura con remanentes cenagosos y relictos de manglar (Figuras 2 y 3).

El interés por los manglares lo destacan Gómez *et al.* (1996) por tratarse de comunidades que constituyen bosques de plantas halófitas en la interfase tierra-mar, las cuales cubren



Figura 3. Relictos de manglares oligotróficos vistos desde el oeste.

cerca de la mitad de las franjas marino-costeras. Pannier y Fraïno de Pannier (1996) mencionan entre los posibles factores que propician el establecimiento de manglares en las costas de Sur América la temperatura, la luminosidad, la fluctuación de la salinidad del sustrato, y del período de precipitación anual.

En la zona húmeda tropical Bird (2000) acota que los bosques de manglares en Malasia, Tailandia, Madagascar y Ecuador se caracterizan por individuos con alturas de 30-40 m de altura, mientras que en las costas secas y de menor temperatura, las limitaciones para el crecimiento son mayores. En el caso de Venezuela, es conocida la exhuberancia de los manglares en el Delta del Orinoco. En consecuencia, Pannier y Fraïno de Pannier subrayan que la tendencia actual se perfila a distinguir los manglares, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, siendo oligotróficos aquellos

pobres en nutrientes, localizados en áreas costeras continentales e insulares de clima árido y escaso aporte de agua dulce que se diferencian de los manglares eutróficos propios de las áreas estuarinas, con abundante precipitación y aportes de agua dulce.

Este trabajo representa un aporte al conocimiento de la evolución geomorfológica de la costa venezolana y a la comprensión de procesos litorales en contextos tropicales similares.

Metodología

De 2003 a 2004 se realizaron seis trabajos de campo para recolectar las muestras de los diferentes ambientes sedimentarios que constituyen el área de la llanura de La Macolla y para realizar la interpretación y los ajustes pertinentes. La fotointerpretación (Figura 4) se llevó a cabo a partir de las fotografías aéreas

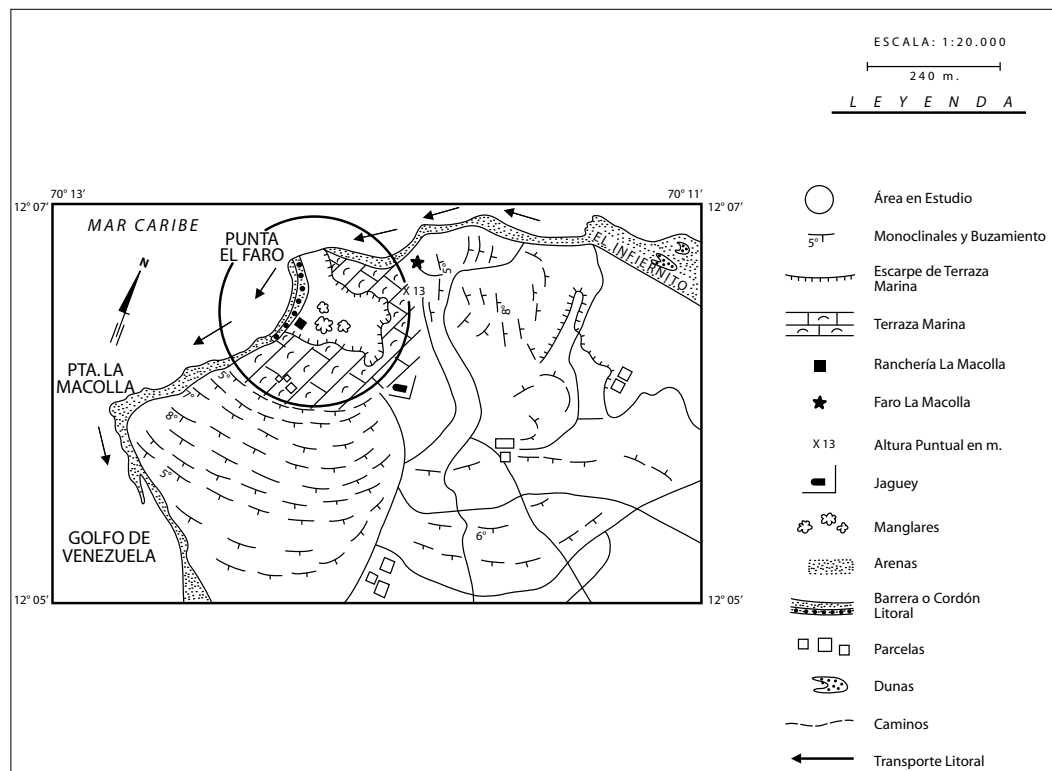


Figura 4. Fotointerpretación de la llanura lodosa de La Macolla y sus alrededores. Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela, con base en Misión 0201127 No 880-879, 1977. Cartografía Nacional.

pancromáticas (Figura 4A), misión 0201127 N° 878-879-880 a escala 1: 25 000 de diciembre de 1997 de Cartografía Nacional Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Se decidió trabajar con esta misión porque el vuelo disponible más reciente se realizó en 1984 a escala 1: 80 000, lo cual dificulta la visión estereoscópica para un área tan puntual como la desarrollada en esta investigación. Los mapas empleados fueron Hoja 6152-II NO Edición II, 1990 Guaimú a escala 1: 25 000 y Hoja 6152, Edición 1DCN, 1962 Punta Macolla a escala 1:100 000.

En cada trabajo se ejecutaron sistemáticamente seis transectos base: tres en la planicie

lodosa, uno en los manglares, uno en la transición manglar-barrera y uno a lo largo de la barrera litoral en el sector de supraplaya (Figura 5), obteniéndose un total de 43 muestras superficiales tomadas de 20 a 40 cm de profundidad que se llevaron a laboratorio para ser analizadas.

En el caso de las muestras de la barrera litoral y la zona de transición ubicada en la cara externa de los manglares que miran hacia la playa, por ser evidentemente arenosas al tacto, se les aplicó el tamizado en seco con la secuencia de tamices N° 35 (0.50 mm, 1.0 Ø), N° 45 (0.35 mm, 1.5 Ø), N° 60 (0.25 mm, 2.0 Ø), N° 80 (0.117 mm, 2.5 Ø), N° 120 (0.125 mm, 3.0 Ø), 170 (0.088 mm, 3.5 Ø),

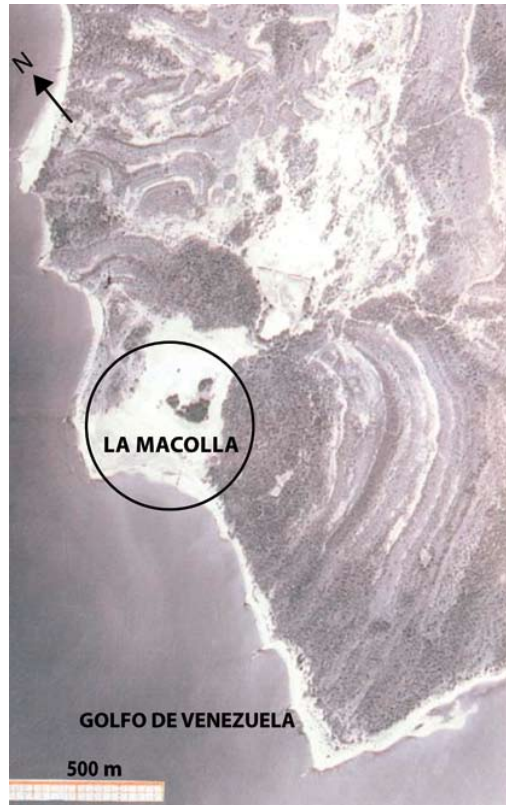


Figura 4A. Foto aérea de la llanura lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Edo. Falcón.

Nº 230 (0.0625 mm, > a 4.0). A partir de los pesos obtenidos en cada tamiz se calculó el porcentaje de peso acumulado mediante la utilización del programa de computación Grain Program, lo cual facilitó el procesamiento de los datos. Los pesos acumulativos sirvieron de base para trazar las curvas granulométricas o curvas de frecuencia acumulada en papel de probabilidad (Figuras 6 y 7). Así se ilustró la distribución por tamaño del sedimento que permitió determinar los diámetros ϕ (phi) para los percentiles 5, 16, 25, 50, 75, 84, y 95, los cuales forman parte de las medidas sugeridas por Folk y Ward (1957), King (1975) expresadas por los parámetros estadísticos que caracterizaron los sedimentos

> a 0.0625 mm, como son: tamaño promedio de la partícula, selección o escogimiento, asimetría y curtosis. En esta parte del proceso se utilizó una hoja de cálculo diseñada en el programa Excel para tal fin.

Las muestras de la planicie lodosa y las del área de manglar presentan cierta evolución pedogenética expresada por horizontes incipientes, y están constituidas por partículas más finas, a diferencia de las muestras de la barrera y del área de transición que se presentan sueltas. En laboratorio se comprobó que poseen un tamaño < a 0.0625 mm, < a 4.0 ϕ , por lo cual fueron tratadas con la técnica del hidrómetro que consiste en registrar la distribución de las partículas de una muestra de material fino de acuerdo con la velocidad de caída en un fluido siguiendo la ley de Stokes (Bouyoucos, 1962, Forsythe 1980). Los resultados representan la textura, lo cual hace referencia al tamaño de las partículas constituyentes y se representan en un triángulo textural (Figura 8) que relaciona simultáneamente los porcentajes de los tres componentes: arena, que en este caso es arena fina, limo y arcilla. El término equilibrado indica que ninguna de las tres categorías de partículas predomina de manera significativa (Forsythe 1980, Strahler y Strahler 1996), por lo cual para que una muestra sea ubicada en el sector de equilibrado limoso o equilibrado arcilloso dependerá de los valores porcentuales del limo y la arcilla con respecto a la arena (Cuadro 2 y Figura 8).

Las muestras del sector de manglar presentaron en campo un color oscuro de aspecto pantanoso y con fuerte olor, con evidencias de restos orgánicos de origen vegetal, por lo que se les determinó el contenido de materia orgánica, de acuerdo con Walkley y Black (1947) adoptado y modificado por Jackson (1970). Este procedimiento se basa en la determinación del contenido de carbón orgánico oxidable presente en una muestra por acción del calentamiento exotérmico y oxidación con dicromato de potasio. Se utilizó la escala verbal de Palmaven (1992), para clasificar los valores

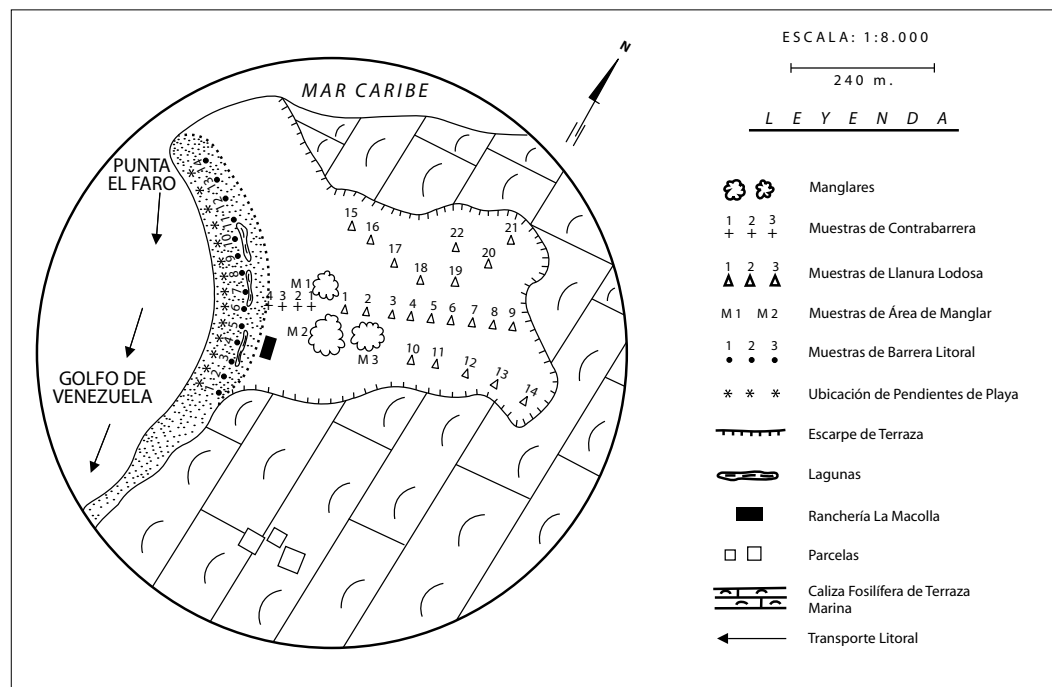


Figura 5. Ubicación de las muestras recolectadas en el campo para el estudio de Evolución Geomorfológica de la llanura lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela.

obtenidos. Esta escala relaciona la textura con el contenido de materia orgánica, de modo que, para grupos texturales finos, la escala considera valores $< 3.3\%$ como bajos, entre 3 y 5% medios y $> 5\%$ altos. Los resultados se señalan en el Cuadro 3, donde se presenta también el pH en relación 1:1 y la textura obtenida a fin de establecer las relaciones pertinentes.

En la barrera litoral se registró la pendiente de playa en sentido S-N, cada 40 m, siguiendo el método de Blong (1972), que cubre una longitud de 465 m. Las mediciones se hicieron en la mesoplaya o playa emergida (*foreshore*), dentro de la cual se ubica el frente de playa o *beach face*, en línea recta desde la berma hasta el vaivén, siguiendo la terminología propuesta por Carranza y Caso (1994). Se trata de una su-

perficie inclinada hacia el mar, donde el límite inferior se corresponde con la zona de vaivén, o lavado (*swash*) y relavado (*backwash*), determinada por el máximo avance y retroceso del flujo laminar (Figura 9). En este caso, la parte superior está ocupada por la cresta de berma, aun cuando en algunos lugares puede estar ausente.

Los resultados de pendiente de playa registrados en el área en estudio, en otros lugares de Venezuela, se comparan con los obtenidos por King (1984) en la costa de Chesil en Abbotsbury, Inglaterra con el propósito de relacionar el tamaño de las partículas con el grado de inclinación de la playa y, aun cuando se trata de un ambiente depositacional bajo clima templado, resulta interesante verificar si existe alguna similitud con las áreas tropicales.

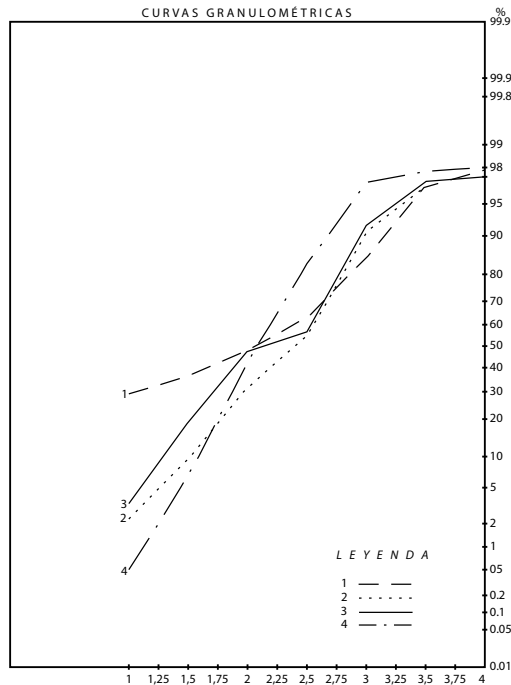


Figura 6. Curvas granulométricas correspondientes a sedimentos de contrabarrera en la llanura lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela.

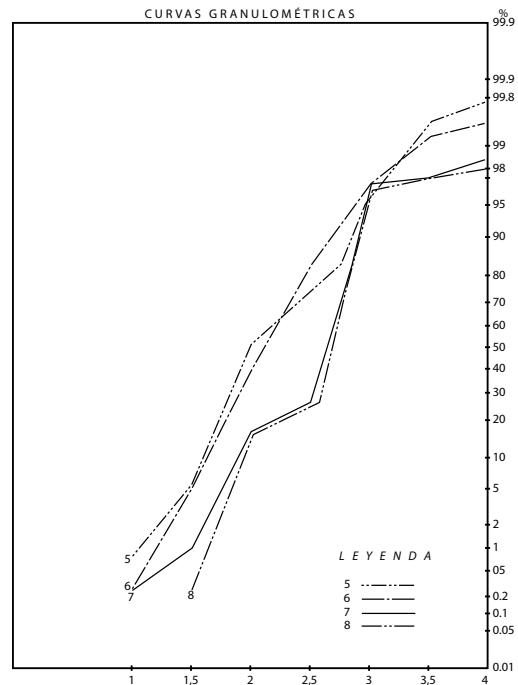


Figura 7. Curvas granulométricas correspondientes a sedimentos de la barrera litoral en la zona de vaiven de la llanura lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela.

Características del área

El clima del área, según la clasificación de Köppen es BSh, donde la letra B identifica los climas secos caracterizados por una evaporación superior a la precipitación media anual. La letra S indica un clima semiárido con precipitaciones anuales entre 380 y 700 mm en las latitudes bajas y la letra h significa caluroso y seco con una temperatura media superior a 18° C (Strahler y Strahler, 1996). En La Macolla la evaporación es de 2 050 mm, la precipitación presenta un monto de 203 mm, la temperatura promedio es de 28.5° C y la variación térmica anual oscila entre 1 y 2°, por lo cual se clasifica como un régimen térmico isotérmico (Cuadro 1).

Las condiciones pluviométricas deficitarias y la alta temperatura todo el año, explican que el drenaje superficial presente un desarrollo muy limitado y la cobertura vegetal en la superficie de la terraza marina que domina la planicie lodosa, se reduce a especies propias de las comunidades espinares, tales como *Sesuvium*, *Portulacastrum*, *Batis marítima*, *Prosopis juliflora*, *Cereus lemairei*, *Opuntia wentiana*, *Melocactus caesio*, entre otras.

La charca costera de La Macolla como la denominaría Martínez (1986), está delimitada por la terraza marina mencionada, con un escarpe de 80 cm en promedio en el extremo E, constituida por calizas macro fosilíferas (Figuras 10 y 11), que decrecen hacia los laterales y se

Cuadro 2. Resultados porcentuales de arena, limo y arcilla, obtenidos en el sector de planicie lodosa de La Macolla, a partir de las muestras de superficie (30 cm). Paraguaná, Edo. Falcón. (2003-2004)

1º Transecto					
Nº M	STM	Arcilla A%	Limo L%	Arena a%	Clasificación Textural
1	0 m*	19.5	55.0	25.5	Equilib. limoso
2	40	34.0	40.0	26.0	Equilb. arcilloso
3	80	18.0	56.0	26.0	Equilib. limoso
4	120	14.0	50.0	36.0	Equilib. limoso
5	160	25.0	47.0	28.0	Equilibrado
6	200	18.0	53.0	29.0	Equilb. limoso
7	240	13.0	55.0	32.0	Equilb. limoso
8	280	44.0	22.5	33.5	Arcilla
9	320	14.0	52.5	33.5	Equilib. limoso
2º Transecto					
10	40	19.0	55.0	26.0	Equilb. limoso
11	80	23.0	58.0	19.0	Equilib. limoso
12	120	21.5	52.5	26.0	Equilib. limoso
13	160	21.0	51.0	28.0	Equilib. limoso
14	200	15.0	43.0	42.0	Equilibrado
3º Transecto					
15	0 m*	39.0	47.0	18.0	Equilb. arc. lim.
16	40	31.0	30.0	39.0	Equilb. arcilloso
17	80	32.0	55.0	15.0	Equilb. arc. lim.
18	120	41.0	34.0	25.0	Arcilla
19	160	31.0	46.0	23.0	Equilb. arcilloso
20	200	39.0	28.0	33.0	Equilib. arcilloso
21	240	31.0	39.0	30.0	Equilib. arcilloso
22	160 **	29.0	52.0	19.0	Equilb. arc. lim.

* Muestras tomadas desde el borde interno del mangle en dirección E hacia el escarpe.

Leyenda: Equilb. = Equilibrado, arc. = arcilloso, lim. = limoso, Nº M = Número de muestra, STM = Sitio de toma de muestra.

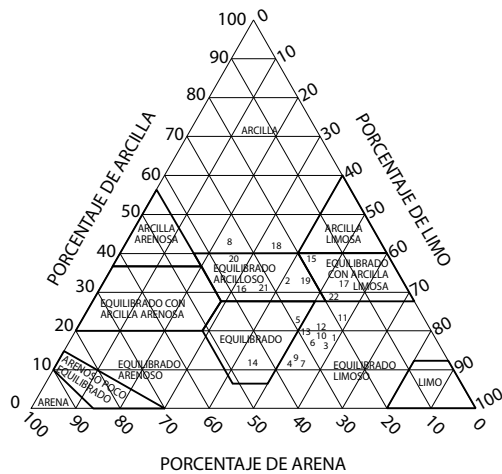


Figura 8. Triángulo textural con la clasificación de las muestras según textura obtenida en el sector de la llanura lodosa de La Macolla, Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela.



Figura 9. Detalle de la barrera litoral mostrando la mesoplaya (foreshore) donde se ubica el frente de playa en el cual se midió la pendiente de playa y la supraplaya o backshore donde se localiza la berma fuera del alcance del oleaje cotidiano. Vista desde el norte.

prolongan hacia la costa donde son sepultadas por los depósitos de barrera (Figura 4) o son erosionados por el oleaje, además la terraza se adosa al pie del frente de los monoclinales con buzamientos entre 5 y 8° de la Formación Paraguaná del Plioceno, conformado por calizas y lutitas (MEM, 1997). Estos relieves estructurales circundan el área en estudio y en el flanco E se ubica el mirador de La Macolla, mientras que sobre el flanco N se ubica el faro del mismo nombre (Figura 10 y 12).

El área presenta dos ambientes bien diferenciados: la planicie lodosa propiamente dicha, o “mud flat” ocupando 9.6 ha, la superficie está surcada localmente por polígonos de desecación, producidos por la contracción de los materiales limosos-arcillosos al evaporarse el espejo de agua de la capa freática cuando ésta asciende, igualmente se observan restos aislados de tallos de manglar seco y una fina película de sales precipitadas a nivel del suelo. Las planicies lodosas como las describe Bird (2000), están

Cuadro 3. Textura, pH y materia orgánica en el sector de manglar en La Macolla, Paraguaná. Edo, Falcón (2003- 2004)

Ambiente	Textura (%)			Clasificación Textural	pH 1:1	Materia Orgánica (%)	Materia Orgánica Escala Verbal*
	a	L	A				
Manglar 1	40	18	42	Arcilloso	7.7	3.10	Medio
Manglar 2	44	13	43	Arcillo-Arenosa	7.8	3.09	Medio
Manglar 3	43	17	40	Equilibrado Arcilloso	7.5	3.15	Medio

a = arena; L =limo; A = arcilla. * Palmaven, 1992.

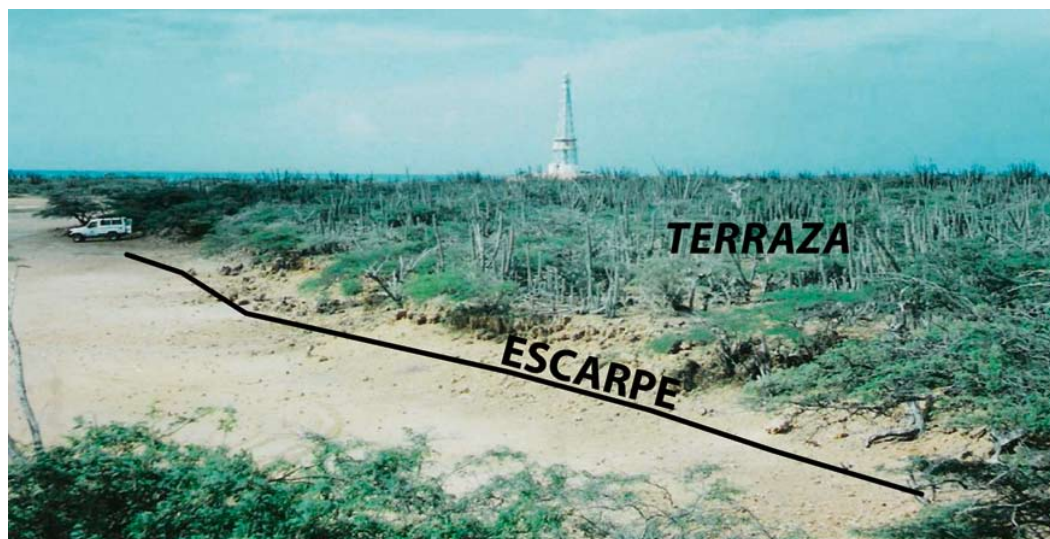


Figura 10. Panorámica del escape y de la terraza marina de La Macolla desde el sur. Al fondo se observa el faro de La Macolla.

desprovistas de vegetación, en este caso, la cobertura vegetal se limita a algunos parches de especies rastreras.

La barrera o cordón litoral constituye el otro ambiente que ocupa un área de 3.5 ha que la separa del mar, constituyendo una elongación de arena de 465 m de longitud que se prolonga hacia la costa y se sumerge en el mar (Figuras 4 y 9). Para efectos de este estudio, el área se subdividió a su vez, partiendo del borde costero hacia tierra, en los siguientes sectores: *a)* supraplaya, *b)* lagunazos y *c)* relictos de manglares. El sector lagunazos presentó entre el 2003 y 2004 de tres a cuatro espejos de agua de áreas variables, en tiempo y espacio, entre 0.3 y 0.5 ha, con profundidad promedio de 30 cm, de acuerdo con la oscilación de la marea, mientras que los relictos de manglar conforman un área de 1.2 ha, y se ubican a una distancia de 160 m de la costa actual. Está constituido por materiales finos donde la capa freática fluctúa de manera que, en algunas ocasiones, un espejo de agua de color pardo oscuro ocupa gran parte de la superficie y localmente se produce pre-

cipitación de sales. Los manglares se destacan por su vigoroso porte, la mayoría pertenece a la especie *Rizophora mangle* de aproximadamente 12 m de altura con raíces aéreas de más de 3 m de alto (Figuras 2 y 3), también abundan las raíces neumatóforos de la especie *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en la parte más interna del sector.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Planicie lodosa o "mud flat"

Las características sedimentológicas de este ambiente se definen a partir del Cuadro 2 y Figura 8, donde se aprecia la ubicación de los resultados hacia la parte central y derecha del triángulo que corresponde al predominio textural de equilibrado limoso, equilibrado arcilloso, equilibrado con arcilla limosa y, finalmente, en menor cuantía, textura arcillosa y equilibrada pura, lo cual confirma la presunción inicial de la naturaleza fina de los materiales que

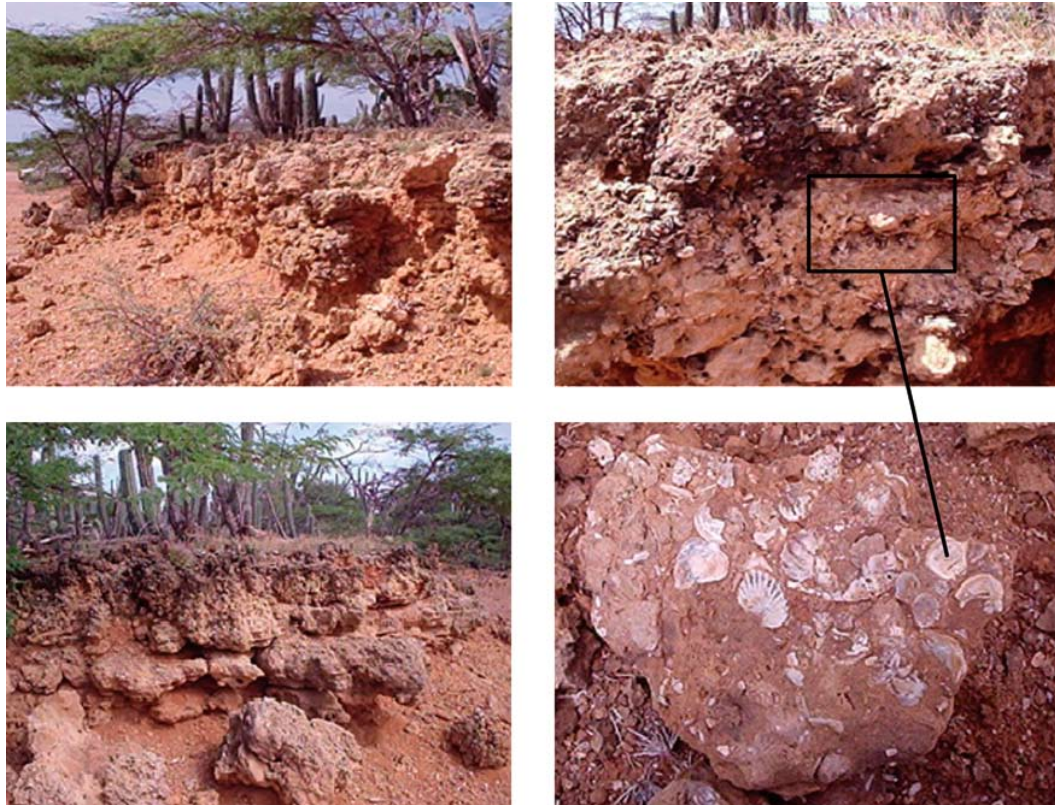


Figura 11. Detalle del escape de la terraza marina holocena. En el centro se muestra la caliza macro fosilífera que lo constituye.

constituyen el área y explica la presencia de los polígonos de contracción. Al considerar que el nivel marino cubrió esta bahía en el último interglacial (Audemard, 1996) y que el retiro fue progresivo, se puede postular que para el Holoceno medio, esta área funcionaba como una escotadura en el litoral y debió estar directamente influenciada por las mareas cuyos sedimentos finos contribuyeron a colmatarla además de la sedimentación que se generó en la laguna costera al ir quedando progresivamente aislada por efecto del crecimiento de la barrera. Otro factor que también debe tomarse en cuenta para explicar la sedimentación fina en la planicie lodosa es la indicativa de unas condiciones de

mayor humedad en el pasado reciente, las cuales permitieron la meteorización de las calizas fosilíferas que conforman la terraza marina circundante y los monoclinales ligeramente más elevados que bordean la misma. El desarrollo de la morfología kárstica producto de la disolución de las calizas, tan extendida en el área, apoyan esta posibilidad. No obstante, aun en las condiciones climáticas actuales, las regiones de clima BSh como la estudiada suelen presentar lluvias esporádicas de corta duración, distanciadas en el tiempo, sin ninguna regularidad pero de carácter torrencial (Vareschi, 1992), lo cual genera una gran agresividad morfogenética traducida en un arrastre considerable de sedimentos.



Figura 12. Mirador de La Macolla (18 msnm) ubicado sobre los monoclinales pliocenos al este del área en estudio.

Barrera o cordón litoral

El tamaño promedio de las partículas de arena se indica en el Cuadro 4, el cual revela que el predominio del oleaje cotidiano es de 1.84 Ø, y corresponde a arenas medias, el promedio de la selección es de 0.49 Ø, ubicándola en la categoría de buena, entre 0.35 y 0.50 Ø, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Martins *et al.* (1997) en 887 muestras de playa en diferentes partes del mundo. La asimetría positiva, entre 0.10 y 0.20, indica un sesgo de partículas finas sobre la media que pueden ser producto de la mezcla de partículas de limo provenientes del sector de la planicie lodosa o “mud flat”, ubicado detrás de la barrera (Figuras 4 y 9). La pendiente de playa en este ambiente es de 6.41° (Cuadro 5), considerándose una pendiente suave en arenas de tamaño medio de 1.84 Ø (Figura 9), si se compara con los valores registrados en otras playas venezolanas (Cuadro 6), reportadas por Suárez (1995), González *et al.* (2000) y

Lara *et al.* (1997, 2001; Cuadro 5). Como se puede observar, los valores más elevados de pendiente de playa se corresponden con arenas gruesas, como es el caso de Castilletes y Puerto Cruz. Sin embargo, durante los episodios de mares de leva o mares de fondo, las playas de pendientes suaves a medias pueden experimentar variaciones, debido al aumento de la energía del oleaje que incrementa el tamaño de la arena, socava la playa emergida y aumenta la pendiente; lo cual requiere de un tiempo variable para el reestablecimiento de las condiciones promedio (Lara *et al.*, 2001). En la barrera litoral de Hueque, Cartaya (1999) reporta pendientes de playa, bajo oleaje cotidiano, de 6 y 7° coincidiendo con arenas finas, mientras que durante oleaje de mayor intensidad la pendiente se incrementa a 10° y el tamaño de la arena cambia de arenas finas a arenas medias. Igualmente, el aumento de la energía del oleaje traducido en el tamaño de las olas durante los mares de leva, ha sido demostrado por Martínez (1989) a través de

Cuadro 4. Parámetros estadísticos obtenidos en las arenas del cordón litoral o barrera (mesoplaya) de La Macolla, Paraguaná, Edo. Falcón (2003-2004)

Nº M	S.T.M (m)	Tendencia central Ø (Mz)	Selección ($\sigma\phi$)	Asimetría (Sk Ø)	Curtosis (kg)
1	0	2.16	0.27	0.42	0.87
2	40	2.03	0.31	0.23	1.24
3	80	2.06	0.39	0.11	1.00
4	120	1.84	0.73	-0.08	0.52
5	140	1.32	0.82	0.65	1.20
6	180	1.52	0.89	0.44	1.06
7	200	2.44	0.53	0.40	1.49
8	240	2.05	0.26	-0.06	0.50
9	280	2.02	0.30	-0.09	1.45
10	320	1.34	0.38	0.38	0.80
11	360	1.56	0.70	0.43	1.20
12	400	2.40	0.81	0.43	1.16
13	440	1.30	0.25	-0.39	1.23
14	465	1.80	0.85	0.10	0.90
	Promedio	x = 1.84	x = 0.49	x = 0.20	x = 0.94
	Clasificación verbal	Arena media	Selección buena	Asimetría: positiva	Curtosis: mesocúrtica

X = Promedio.

Ø = Diámetro phi del tamaño promedio de las arenas en la berma de la mesoplaya.

*Las mediciones fueron realizadas en la berma de la mesoplaya desde el sur hacia el norte.

levantamientos sistemáticos de perfiles de playa, en la costa del Caribe colombiano. En este estudio, el autor encontró que la fuerte pendiente coincide con un tamaño grueso de la arena, lo cual se explica por la diferencia de permeabilidad entre la arena fina y la gruesa que puede incluir gravas, pues este último material, al permitir el paso de mayor cantidad de agua, produce una sobrecarga que facilita el desplome de los sedimentos dejando una pendiente fuerte.

La revisión de los registros referidos por King (1984), en las costas de Chesil en Abbotsbury, Inglaterra resulta interesante,

pues aun cuando corresponde a un ejemplo de clima templado, la relación entre pendiente fuerte y arena gruesa se mantiene.

En el área en estudio, el transporte de los sedimentos es controlado por la dirección general de las corrientes hacia el SW, responsable de la construcción de la barrera y cierre de la planicie lodosa. En la Figura 4A es evidente el transporte de los sedimentos en suspensión dirigidos hacia el SW, por la tonalidad más clara. La fuente de suministro para este transporte litoral se ubica en Punta El Infiernito, donde se ha desarrollado una importante acumulación eólica favorecida

Cuadro 5. Pendiente en grados y tendencia central de las arenas en la mesoplaya de la barrera litoral medidas de sur-norte en La Macolla Paraguaná, Edo. Falcón (2003-2004)

Sitio (m)	Pendiente °	Tendencia Central (Ø)
0	7	2.16
40	14	2.03
80	6	2.06
120	8	1.84
160	6	1.32
200	7	1.52
240	6	2.44
280	4	2.05
320	4	2.02
360	5	1.34
400	6	1.56
440	6	1.30
465	4	1.80
	x = 6.41	X = 1.84

Leyenda

X = Promedio.

P (°) = Pendiente en grados.

Ø = Diámetro phi del tamaño del grano de las arenas.

por las condiciones semiáridas predominantes y la acción de los vientos Alisios del NE, lo cual, en este caso, sustituye el aporte fluvial que por razones climáticas es muy limitado. Por otra parte, Punta (Figura 4A) ofrece condiciones topográficas de protección o efecto de “sombra” lo cual también propició el desarrollo de playas en la parte interna del saliente por efecto de la refracción del oleaje. En este sentido, Carranza y Caso (1994) están de acuerdo en que la playa es un ambiente altamente variable, por lo cual su descripción sólo tiene vigencia para el momento de su estudio o muestreo. Martínez (1997) indica que las playas existen en un equilibrio dinámico controlado por la energía del oleaje, la forma de la playa, el aporte de arena y el nivel del

mar, cuando uno de estos factores cambia los otros tres se modifican.

Sector de lagunazos

El término es definido por Martínez (*Op. cit.*) para referirse a espejos de agua que ocupan los surcos correspondientes a las ondulaciones del terreno por la yuxtaposición de las playas antiguas paralelas a la costa que engrosaron el cordón o barrera por efecto del transporte litoral. Debido a que en el área, la altura de la marea se ubica en un rango no mayor a 30 cm (MARNR, 1993), se clasifica como micromareal, < a 2 m (Bird, 2000). Se cree que, en la actualidad la alimentación de este sector se realiza por la infiltración del prisma de marea a través de los

Cuadro 6. Pendientes de playa en grados (°) y diámetro promedio ϕ del tamaño de las arenas en otras áreas costeras de Venezuela

Puerto Cruz (Vargas) Lara <i>et al.</i> (1997) P (°) ϕ		Puerto Píritu (Anzoátegui) Suárez (1995) P (°) ϕ		San Luís (Sucre) Lara <i>et al.</i> (1999) P (°) ϕ		Castilletes (Zulia) González <i>et al.</i> (2000) P (°) ϕ		San Juan de Las Galdonas (Sucre) Lara <i>et al.</i> (2001) P (°) ϕ	
11.5	-1.2	8.3	2.5	3.1	1.8	10.0	-1.6	4.0	1.70
11.4	-1.2	5.1	1.9	5.0	1.6	8.0	-1.6	5.0	1.80
12.6	-1.3	5.0	1.9	6.0	1.2	10.0	0.4	5.0	1.85
12.5	-1.3	4.6	1.8	11.6	1.4	9.6	0.8	4.0	2.60
10.0	-1.0	3.7	1.6	6.6	1.1	9.0	0.0	5.0	2.70
11.7	-1.1	4.0	1.2	7.5	1.4	8.0	0.0	6.0	2.60
9.30	-1.1	3.9	1.2	9.5	1.3	8.0	-1.6	5.0	2.48
11.3	1.0	3.7	1.3	7.7	1.9	8.0	0.9	5.0	2.68
12.5	0.9	4.0	2.4	5.4	1.6	6.0	0.9	7.0	2.35
10.0	-1.0	3.7	2.4	8.0	1.4	6.0	0.0	5.0	2.45
10.0	-1.3	4.3	1.2	7.8	2.3	8.0	0.7	7.0	2.31
10.0	0.9	5.1	1.2	8.9	1.1	7.0	-1.1	5.0	2.20
11.1	-0.6	5.0	1.7	7.3	1.5	8.0	-0.2	5.0	2.24

Leyenda

P (°) = Pendiente en grados.

ϕ = Diámetro phi del tamaño del grano de las arenas.

Arena fina 2-3 ϕ = 0.25 a 0.125 mm = San Juan de Las Galdonas.

Arena media 1-2 ϕ = 0.5 a 0.25 mm = San Luís, Puerto Píritu, La Macolla.**

Arena gruesa 0-1 ϕ = 1 a 0.5 mm = Castilletes, Puerto Cruz.

11.1; -0.6 etc. = Promedio.

*Las mediciones fueron realizadas en sentido este-oeste, cada 100 m,** sur a norte.

sedimentos arenosos de la barrera más que por un avance de la misma sobre la superficie, debido a la condición micromareal y a la morfología abierta de la costa; actualmente ésta ha sido insuficiente para generar un canal de marea propiamente dicho y, por consiguiente, propiciar los procesos morfodinámicos costeros que ello implica. En la laguna litoral de la salina de Sauca, Méndez y Cartaya (2003) concluyen que el rango micromareal de las mareas tiene poca influencia morfodinámica en la geomorfología actual del área.

Sector de manglar

De acuerdo con los resultados del Cuadro 3, la textura de los sedimentos de este sector se caracteriza por ser equilibrada arcillosa a arcillo arenosa, a juzgar por el mayor porcentaje de arcillas y arenas mientras que los limos representan la menor proporción, si utilizamos el triángulo de la Figura 8, la intersección de los valores porcentuales quedaría ubicada en las celdas superior central y superior izquierda que corresponde a la clasificación textural antes

enunciada. El contenido de materia orgánica osciló entre 3.09 a 3.15%, considerado un valor medio si se toma en cuenta la textura fina del suelo (Palmaven, 1992). La relación estrecha entre la fracción granulométrica y el contenido de materia orgánica del suelo, ha sido reportado por Pannier y Fraíno de Pannier (1989) y Bird (2000), quienes indican que la implantación de la especie pionera *Rhizophora* es favorecida en sedimentos con cierto predominio de fracciones arenosas y mayor contenido de materia orgánica.

En el complejo estuarino de los ríos Hueque y Curarí, Cartaya *et al.* (2005), reportan resultados para el complejo pantanoso ocupado por manglar, de sedimentos con textura areno-limo-arcillosa y un contenido de materia orgánica que osciló entre 0.85 a 5.79% lo cual concuerda con los valores obtenidos en esta investigación. Los autores no indican registros de pH, sin embargo, se presume la existencia de una acidez potencial, por la presencia de piritita en la mineralogía por difracción de rayos X. Por otra parte, en un estudio de manglar en las costas venezolanas Pannier (1986) presenta los valores de pH para 18 sectores diferentes, y en 17 de ellos el resultado es de pH ácido. Esto ocurre, explica el autor, porque en un área de manglar costero típico, crecido sobre sedimentos pobres en carbonatos, los suelos en un primer momento desarrollan una fase anaeróbica reductiva durante la cual el material orgánico de origen vegetal es descompuesto microbiológicamente en un ambiente carente de oxígeno gaseoso. El oxígeno requerido proviene de los óxidos de hierro contenidos en los sedimentos del suelo y de los sulfatos aportados por las mareas, siendo el producto final resultante el sulfuro de hierro, conocido como piritita, lo que implica la acidez potencial. No obstante en nuestro caso, el Cuadro 3 revela que el pH de los suelos del sector varía de ligera a moderadamente alcalino, lo cual refuerza la hipótesis de que este tipo de vegetación halófila oligotrófica sea un manglar relictivo alimentado exclusivamente por la oscilación del gradiente

hidráulico, pues durante la pleamar se infiltra el fluido a través de las arenas de la barrera e intercepta la superficie proporcionando los nutrientes marinos que mantienen al manglar ante la ausencia de un drenaje superficial, por lo cual es común observar costras de precipitación de sales en superficie, debido a la alta evaporación. Durante la bajamar el gradiente se invierte y el espejo de agua disminuye (Figuras 13 A y 13 B). El pH del agua de mar varía entre los límites de 8 y 8.3 (Margalef, 1980), de manera que los pH alcalinos obtenidos estarían en estrecha relación con la fluctuación de las mareas y la ausencia de un drenaje fluvial. La exhuberancia del manglar que se manifiesta por el porte de considerable altura de los individuos y la abundancia de raíces zancudas de los individuos de *Rhizophora mangle*, puede estar relacionada con las características del sistema radical secundario encargado de la absorción de nutrientes, pues según la experiencia de Pannier (comun. pers.) parece existir una relación entre la extensión y profundidad de este sistema con la altura del tronco de los individuos. La proliferación de las raíces zancudas hacia mayores alturas a lo largo del tronco, e inclusive en las ramas altas de las copas, es un signo de avanzada edad del individuo, explicable fisiológicamente, por una acumulación local de carbohidratos, sin embargo, también puede señalar la existencia de un parámetro de "estrés" ambiental, ocasionado por el clima semiárido el cual limita el escurrimiento superficial y por lo tanto la incorporación de nutrientes continentales al manglar.

Evolución geomorfológica

La evolución geomorfológica se inicia probablemente a partir del Pleistoceno medio pudiendo ser interpretada tomando algunos indicadores como terraza marina, el manglar y la barrera o cordón litoral. En cuanto a la terraza marina que bordea la charca de La Macolla, de acuerdo con Audemard (1996), ésta es una forma topográfica cuaternaria desarrollada



Figura 13A. Gradiente hidráulico durante la pleamar.



Figura 13B. Gradiente hidráulico durante la bajamar.

durante la transgresión del último Interglacial ocurrido entre 80 y 120 Ka. Por su parte, Méndez (1997) señala al interglacial Sangamón entre el Pleistoceno medio y el Pleistoceno tardío, como el evento geológico durante el cual se conformaron las terrazas marinas de la Isla de La Blanquilla, en el Caribe venezolano, y la terraza del Castillo de Araya en la península homónima, en el Estado Sucre. En consecuencia, la formación de las terrazas en las costas venezolanas están relacionadas con las fluctuaciones del nivel marino durante el Pleistoceno, a lo que obviamente debió ayudar el tectonismo.

La vegetación halófila del área investigada representa relictos de manglares (Audemard 1996), evidenciando condiciones de morfología costera y clima diferentes a los actuales, ya que como lo refieren Pannier (1986), Pannier y Fraíno (1989), Bird (2000), entre otros, la mayoría de los manglares se establecen en costas planas con mayor o menor grado de sedimentación y en sitios protegidos expuestos al oleaje de baja energía, tales como el interior de lagunas costeras o los márgenes de las desembocaduras fluviales.

En Venezuela el desarrollo más exuberante de manglares se localiza bajo condiciones de elevadas precipitaciones y elevada temperatura (Pannier 1986), mientras que en contextos de extrema aridez como el ejemplo que nos ocupa, las áreas de manglares son reducidas, coexisten con vegetación xerofítica, presentan discontinuidad de cobertura y dependen para su subsistencia del aporte de nutrientes de origen marino, en este caso provistos por la oscilación del gradiente hidráulico, lo cual les confiere la característica de oligotróficos.

Lo expuesto indica que estamos ante una situación remanente de una etapa inicial de evolución donde esta vegetación era más extendida, como lo demuestran los restos de tallos de manglares secos en el interior de la planicie lodosa. Esta vegetación debió ocupar el antiguo borde costero, antes de la completa construcción de la barrera por los mecanismos de trans-

porte litoral, los cuales terminaron por cerrar lo que probablemente funcionó, en principio, como bahía influenciada directamente por las mareas, y luego como laguna costera. Como es conocido, el *Rizophora mangle* ocupa el lugar más próximo a la costa y las raíces adventicias constituyen, entre otros, un mecanismo de adaptación a los embates del oleaje. Además, las raíces neumatóforas del *Avicennia germinans* pueden provocar, de acuerdo con el patrón de circulación establecido, una sedimentación de materiales orgánicos e inorgánicos suspendidos en el agua generándose así un suelo de textura fina que favorece el poblamiento de nuevas plantas y la extensión de la especie pionera en las áreas intermareales.

La unidad de barrera o cordón litoral, presenta una topografía ondulada relacionada con la progresiva sedimentación de las playas antiguas que fueron engrosando esta forma topográfica producto de la combinación de varios factores, entre ellos, la conformación topográfica de la costa, la poca profundidad, la disponibilidad de sedimentos, la deriva de playa y del transporte litoral más las oscilaciones del nivel marino del Holoceno durante la transgresión Flandriense. Igualmente es factible, que ocasionalmente, se haya producido sedimentación en la superficie de la barrera, tierra adentro, producto del oleaje de tormenta en el pasado reciente, lo cual también pudo contribuir a la acreción. Una posible secuencia de evolución del área, se presenta en la Figura 14A, B, C, y D.

CONCLUSIÓN

Durante el Pleistoceno medio a tardío, La Macolla debió ser una pequeña bahía que progresivamente fue siendo aislada del mar por la acción del transporte litoral sedimentario hacia el SW, el cual construyó la barrera o cordón litoral que terminó por cerrar la entrada de mar, por lo tanto, se interpreta como una ensenada abandonada después del máximo de transgresión Flandriense en las costas venezolanas.

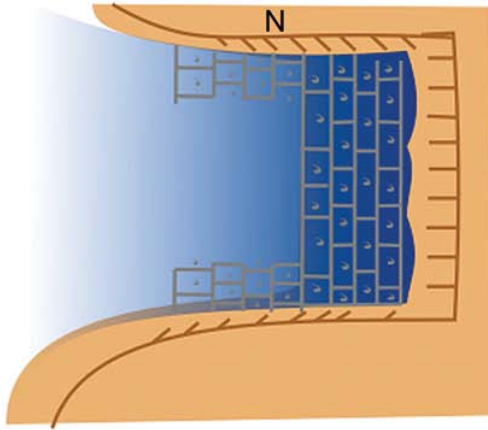


Figura 14A

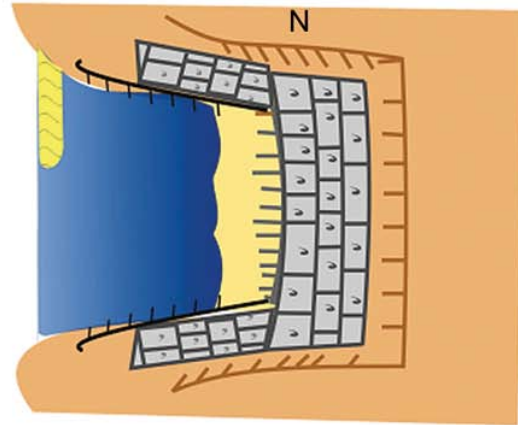


Figura 14B

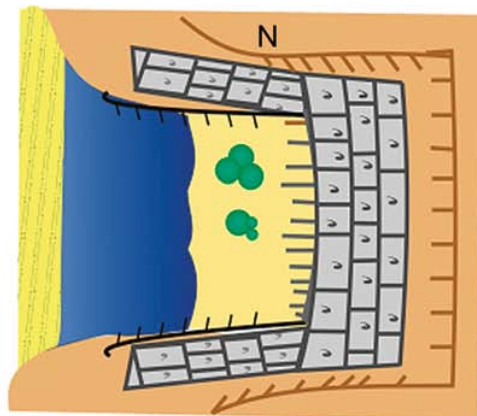


Figura 14C

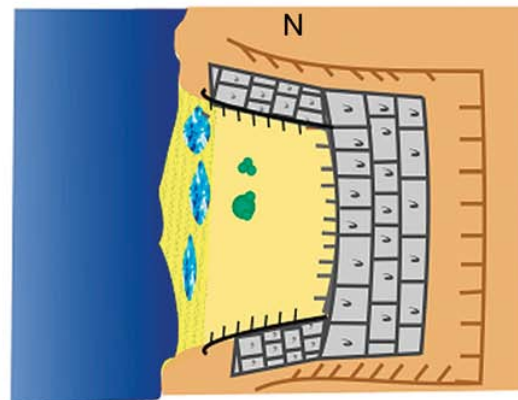


Figura 14D



Figura 14 (A, B, C, D). Posible secuencia de evolución de la planicie lodosa de La Macolla. Península de Paraguaná. Edo. Falcón.

Posteriormente, y debido al clima semiárido imperante, la laguna evolucionó hacia una planicie cenagosa o “mud flat”, conservando un sector de vegetación halófila relictas evidencia del borde costero de la antigua laguna litoral. En la actualidad el manglar se conserva por la oscilación del gradiente hidráulico que le provee los nutrientes necesarios.

Sería un gran aporte en estudios futuros, hacer las dataciones cronológicas respectivas que no estuvieron al alcance de los investigadores y el estudio de los ambientes ancestros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los profesores Thawuainny Devis, Elkis Gamboa, Alejandra Carcedo y Leonaldo Di Lorenzo por la ayuda en el campo y en el laboratorio. Igualmente al Dr. Federico Pannier, al Dr. Ettore Marcucci y a los árbitros anónimos por las oportunas observaciones al manuscrito inicial. Este trabajo fue financiado por FONDEIN: Fondo para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador a través de la Subdirección de Investigación y Postgrado.

REFERENCIAS

Audemard, F. (1996), *Field trip guide book to the Late Quaternary marine deposits of the Paraguaná península and Coro surroundings*, Climates of the past 5th Annual CLIP, Meeting, FUNVISIS.

Bird, E. (2000), *Coastal Geomorphology*, West Sussex John Wiley and Son.

Blong, R. (1972), “Methods of slope profile measurement in the field”, *Australian Geographical Studies* 10, pp. 182-192.

Bouyoucos, G. J. (1962), “Hydrometer method improved for main particle size analyses of soils”, *Agron. J.*, 54, pp. 464-465.

Cartaya, S. (1999), *Estudio geomorfológico del estuario del río Hueque, costa nororiental del Estado Falcón, Venezuela*, tesis de Maestría no publicada, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.

Cartaya, S., W. Méndez y L. González (2005), “Geomorfología y sedimentología de los ambientes depositacionales recientes del complejo estuarino de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 58, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-33.

Carranza-Edwards, A. y M. Caso-Chávez (1997), “Zonificación del perfil de playa”, *Geo Unam, Boletín Informativo del área de Ciencias de la Tierra*, vol. 2, núm. 2, UNAM, México, pp. 26-32.

De la Lanza, G., N. Sánchez, V. Sorani y J. Bojórquez (1996), “Características hidrológicas y del manglar en la planicie costera de Nayarit, México”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 32, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 33-54

Forsythe, W. (1980), *Física de suelos*, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José de Costa Rica.

Folk, R. L. y W. C. Ward (1957), “Brazos river bar, a study in the significance of grain size parameters”, *Jour. Sedim. Petrology*, vol. 27, pp. 3-27.

González, L. F. (2001), “Características sedimentológicas del sector de playa de Castilletes entre el hito 1 hasta Los Morros. Alta Guajira, Estado Zulia. Venezuela”, disponible en CD DL N° AR -2306701 svcs; XIV – CVCS. III Congreso sobre la Geografía y su Enseñanza.

Gómez, J., J. Martínez, M. Fuentes, M. Guevara y H. Gil (1996), “Evaluación de la calidad ambiental, vulnerabilidad y sustentabilidad de un sector de los manglares de Mochima, Estado Sucre, Venezuela”, *Saber, Revista Científica del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, vol. 8, núm. 2, Venezuela, pp. 5-10.

Jackson, M. (1970), *Análisis químicos de los suelos*, Omega, Barcelona, España.

- Komar, P. (1998), *Beach processes and sedimentation*, Prentice Hall, New Jersey.
- King, C. (1975), *Techniques in Geomorphology*, Edward Arnold, London.
- King, C. (1984), *Geografía Física*, Oikos-Tau, Barcelona, España.
- Lara, S., C. Suárez y E. Marcucci (1997), *Atlas morfo-dinámico costero Venezolano*, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela.
- Lara, S., L. González y C. Suárez (1997), "Balance sedimentario y diferencias granulométricas entre las playas de Puerto Cruz (D. F.) y Puerto Maya (Edo. Aragua)", *I Congreso Latinoamericano de Sedimentología*, Sociedad Venezolana de Geólogos, tomo 1, pp. 387- 393.
- Lara, S., L. González y C. Suárez (1999), "Ambientes sedimentarios y evolución geomorfológica de la laguna Los Patos, Cumaná, Edo, Sucre", *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos*, vol. 24, núm. 2, pp. 5-21
- Lara, S., L. González y C. Suárez, C. (2001), "Cambios morfológicos y sedimentológicos en la playa de San Juan de las Galdonas Edo. Sucre", *Acta Científica Venezolana*, vol. 52, núm. 3, pp. 199-209.
- Margalef, R. (1980), *Ecología*, Omega, Barcelona.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, Dirección de Cartografía, División de Geodesia (1993), *Predicciones de alturas horarias de la marea para los puertos de Amuay, La Guaira y Puerto Hierro e informaciones mareográficas de interés general*.
- Marcucci, E. (1990), *Dinámica sedimentaria en la zona costera*, cap. 18, pp. 34-46 (monografía sin publicar).
- Martínez, J. (1989), "Dinámica costera del Caribe central colombiano", *Cours International Oceanologie Cotiere en region Caraïbe. Bulletin de L'institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*, no. 45, pp. 13-22.
- Martínez, J. (1997), *Geomorfología Ambiental*, Ediciones Universidad de Las Palmas, Gran Canaria, España.
- Martins, L., P. Potter, I. Martins and F. Wolff (1997), "Grain size and modern sedimentary environments", *I Congreso Latinoamericano de Sedimentología*, Sociedad Venezolana de Geólogos, tomo 11, pp. 67- 71.
- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General Sectorial de Servigeomin, Dirección de Geología (1997), *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, publicación especial, núm. 12, tomo 11, Caracas, Venezuela, pp. 501-502.
- Méndez, W. y S. Cartaya (2003), "Factores físico-naturales que controlan los procesos depositacionales en un humedal costero tropical caribeño: Salinas de Sauca, Estado Falcón, Venezuela", *Investigación y Postgrado*, vol. 18, núm. 2. pp. 11-41.
- Méndez, J. (1997), "Tabla de correlación del Cuaternario en Venezuela", *Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano*, tomo II, pp. 107-113.
- Palmaven, Filial de Petróleos de Venezuela (1992), *Análisis de suelo y su interpretación*, Serie Técnica, publicaciones de divulgación científica, Caracas.
- Pannier, F. (1986), "Las costas venezolanas: un reto y una oportunidad para la investigación, conservación y gestión ambiental", *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, tomo XLVI, núm. 143-144, pp. 55-139.
- Pannier, F. y R. Pannier (1989), *Manglares de Venezuela*, Cuadernos Lagoven, Filial de Petróleos de Venezuela.
- Suárez, C. (1991), *Modificaciones naturales y artificiales en las lagunas de Unare y Piritu y sus efectos ambientales: un enfoque geomorfológico*, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas (no publicado).
- Strahler, A. and A. Strahler (1996), *Physical geography: science and systems of the human environment*, John Wiley and Sons., New York.

Tarback, E. y F. Lutgens (2005), *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*, Pearson Prentice Hall.

Vareschi, V. (1992), *Ecología de la vegetación tropical*, edición especial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela.

Walkley, A. and I. Black (1962), "An examination of the Dejtjareff method for determinating soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid tritation method", *Soil. Science*. v. 37, pp. 29- 38.