

Geomorfología y sedimentología de los ambientes depositacionales recientes del complejo estuarino de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Scarlet Cartaya*
Williams Méndez**
Luis González*

Recibido: 26 de enero de 2005
Aprobado en versión final: 18 de agosto de 2005

Resumen. En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización geomorfológica y sedimentológica del complejo estuarino de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, localizada en la costa nororiental del Estado Falcón (Venezuela). La investigación se desarrolló en tres fases. En la fase de campo se recolectaron muestras de sedimentos y se realizaron mediciones morfométricas de los ambientes depositacionales. En la fase de laboratorio se ejecutaron análisis sedimentológicos de textura, carbonatos, materia orgánica, minerales pesados y mineralogía por difracción de rayos X. La fase de gabinete se basó en la interpretación y análisis espacial de los ambientes depositacionales con apoyo en fotografías aéreas y mapas topográficos a escala 1:25 000; en la confección de los mapas y perfiles del área, y en la elaboración del modelo sedimentológico. La desembocadura de los ríos Hueque y Curarí se encuentra en un borde costero de clima semi-árido, con una cuenca de baja densidad de drenaje y dinámica litoral de rango micromareal, marea mixta, con oleaje de alta energía y corriente litoral favorable. Se identificaron dos grandes conjuntos sedimentológicos: Complejo Cordón Litoral (infraplaya, mesoplaya, supraplaya, dunas playeras, contrabarrera y barra), de litofacies arenosas y el Complejo Pantanoso (cauces de los ríos Hueque y Curarí, canal de marea y caño de marea), de litofacies arcillo-limosa. Los canales fluviales se comportan como estuarios hipersalinos.

Palabras clave: Ambientes depositacionales recientes, estuario, sedimentología, Estado Falcón, Venezuela.

*Departamento de Geografía e Historia, Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 1020, Caracas, Distrito Capital, Venezuela. E-mail: scartaya@yahoo.com; scarletcartaya@gmail.com; luisfgonzalez1@cantv.net

** Núcleo de Investigación "Estudios del Medio Físico Venezolano", Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 1020, Caracas, Distrito Capital, Venezuela. E-mail: wjmendezmata@yahoo.com; williamsmendez@gmail.com

Geomorphology and sedimentology of the recent depositional environments of Hueque and Curarí rivers estuarine complex, Falcón State, Venezuela

Abstract. This paper presents the results of the geomorphological and sedimentological characterization of estuarine complex of the Hueque and Curarí rivers mouth, located on northeastern coast of Falcón State (Venezuela). The research to carried out in three phases. In the field phase sediment samples were collected, and morphometrical features of the depositional environments were measured too. In the laboratory phase sedimentological analyses were made: texture, carbonates, organic matter, heavy minerals and mineralogy through out X - ray diffraction. The office phase was based on: spatial analyses and interpretation of the depositional environments with aerial photos and topographic maps on a 1:25 000 scale, design of cross sections and maps of area, and the drawing up of sedimentological model. The Hueque and Curarí rivers mouth, is located in a shoreline area of semi-arid climate, with a drainage density low basin, and littoral dynamic of microtidal ranges (mixed tides), energy high waves and effective longshore currents. Two sedimentological groups were identified: barrier island complex (inshore, foreshore, backshore, beach dunes, backbarrier and bar) of sandy lithofacies; and swamp complex (Hueque and Curarí rivers bed, tidal channel and tidal creek) of silty clay lithofacies. The fluvial channels behave as hypersaline estuaries.

Key words: Recent depositional environments, estuary, sedimentology, Falcón State, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Este estudio tiene como propósito fundamental la caracterización geomorfológica y sedimentológica de los distintos ambientes depositacionales, considerando los factores morfodinámicos que controlan los procesos de sedimentación en el estuario de los ríos Hueque y Curarí, en el margen costero nor-oriental del Estado Falcón, con el fin de elaborar un modelo sedimentológico del sistema estudiado.

El estuario de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, constituye un área que se valoriza básicamente por ser un hábitat y lugar de reproducción para peces, crustáceos, moluscos, aves acuáticas, de interés paisajístico o cinegético; por mantener la diversidad biológica, la regulación microclimática, y ser fuente para la pesca artesanal y comercial de peces, crustáceos y moluscos (Lentino y Bruni, 1994).

A pesar de su reconocida importancia ecológica y socio-económica, este humedal está sujeto a una fuerte amenaza de existencia por el impacto ecológico que podría surgir como consecuencia del mal manejo de la cuen-

ca alta del río Hueque y sus principales afluentes, y por el funcionamiento del área de la camaronera en su planicie aluvial terminal, lo que podría conducir a serios problemas ambientales que afectarían las características naturales de las corrientes fluviales, el área de manglares y la configuración de la desembocadura.

En general, podría decirse que las condiciones o la magnitud del posible deterioro del estuario van a depender de las medidas, que tanto las entidades nacionales como regionales con competencia en materia ambiental, puedan tomar para prevenir las posibles afectaciones.

El mantenimiento de un estuario es esencial porque es fuente y suministro de nutrientes y materiales orgánicos, además de que constituye el hábitat de numerosas especies de valor comercial, como ostras y peces. Es un medio donde muchas aves migratorias encuentran refugio y alimentos, otras, como el camarón, el medio adecuado para su desarrollo de juvenil a adulto, para luego regresar al mar y cumplir su ciclo biológico. Todo este potencial está siendo puesto en peligro por la acción del hombre.

La construcción de una represa en la cuenca alta de río Hueque, con el fin de utilizar sus aguas para las actividades humanas, pudiera traer como consecuencia que el ecosistema estuarino tienda a incrementar su salinidad, por falta de aportes de agua dulce que favorezcan la dilución de la cuña de agua salada por acción de las mareas, constituyéndose en una acción que amenaza, no sólo a la dinámica productiva y equilibrio del estuario, sino también a las poblaciones aledañas, cuyo sustento alimenticio (pesca) depende en gran parte de este humedal.

De allí la importancia de un estudio geomorfológico en el área propuesta en este trabajo, a fin de establecer y definir las características y dinámica sedimentaria para una visión integral de este delicado ecosistema, y que sirva de insumo para la formulación de las directrices que tiendan a una regulación en cuanto al uso y manejo de este ambiente, de tal forma que se propicie el equilibrio hombre-medio, en beneficio de su valor ecológico, biológico, científico, cultural, estético y paisajístico.

Este ambiente no ha sido caracterizado en su totalidad y tampoco está bajo la protección de alguna figura jurídica, que regule su uso y manejo acorde con sus condiciones naturales (físico-biológicas). Esta situación plantea la necesidad de ejecutar estudios científicos con la finalidad de producir información y datos básicos que sirvan para la planificación y formulación de un uso racional que apunte hacia un equilibrio entre el desarrollo económico local y el sostenimiento de los medios biológicos y físico-naturales.

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El estuario de los ríos Hueque y Curarí se localiza en la región Centro Occidental del territorio venezolano, específicamente en la subregión Falcón Oriental (Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos

Hídricos [COPLANARH], 1975). El área en estudio se localiza entre las coordenadas: 11° 25' 40" y 11° 26' 29" de latitud norte, y 68° 57' 52" y 68° 59' 46" de longitud oeste (Figura 1).

Esta desembocadura ha sido definida por Carmona y Conde (1989), desde el punto de vista geofisiográfico, como un estuario y, desde el punto de vista ecofisiográfico, como una zona de manglar. Por Rodríguez (1999) como un desparramadero y, a su vez, lo clasifica también como un humedal tipo marino-estuarino. Para Lentino y Bruni (1994) es un humedal costero, tipo estuario de forma irregular que corresponde, según COPLANARH (1975), a una red anastomosada de pequeños caños de marea inundados diariamente por la marea, que atraviesa la zona de manglar litoral que se desarrolla sobre los aluviones terminales actuales. Recientemente, el Ministerio del Ambiente incluyó al desparramadero del Hueque dentro de la lista de los humedales costeros de Venezuela (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables [MARNR], 2003).

El estuario se encuentra en una antigua zona de valles sumergidos (MARNR, 1982a, 1982b, 1995), donde los depósitos Cuaternarios se han formado a partir de la erosión de las formaciones geológicas Terciarias (Mioceno y Plioceno; Figura 2) que comprenden: *a*) Miembro Caliza de Cumarebo (Mioceno Tardío-Plioceno Temprano), constituido por calizas macizas bioclásticas de color blanco amarillento; *b*) Formación Turupia (Mioceno Tardío-Plioceno Temprano), conformada por una secuencia de argilitas de color marrón verdoso, calcáreas, microfósilíferas e interestratificadas con calizas y *c*) Formación Punta Gavilán (Plioceno), constituida específicamente por calizas margosas de color amarillo ocre, macro y microfósilíferas, altamente erosionada, intercalada con lutitas grises y areniscas calcáreas (*Creole Petroleum Corporation*, 1954; Ministerio de Minas e Hidrocarburos [MMH], 1976; Ministerio de

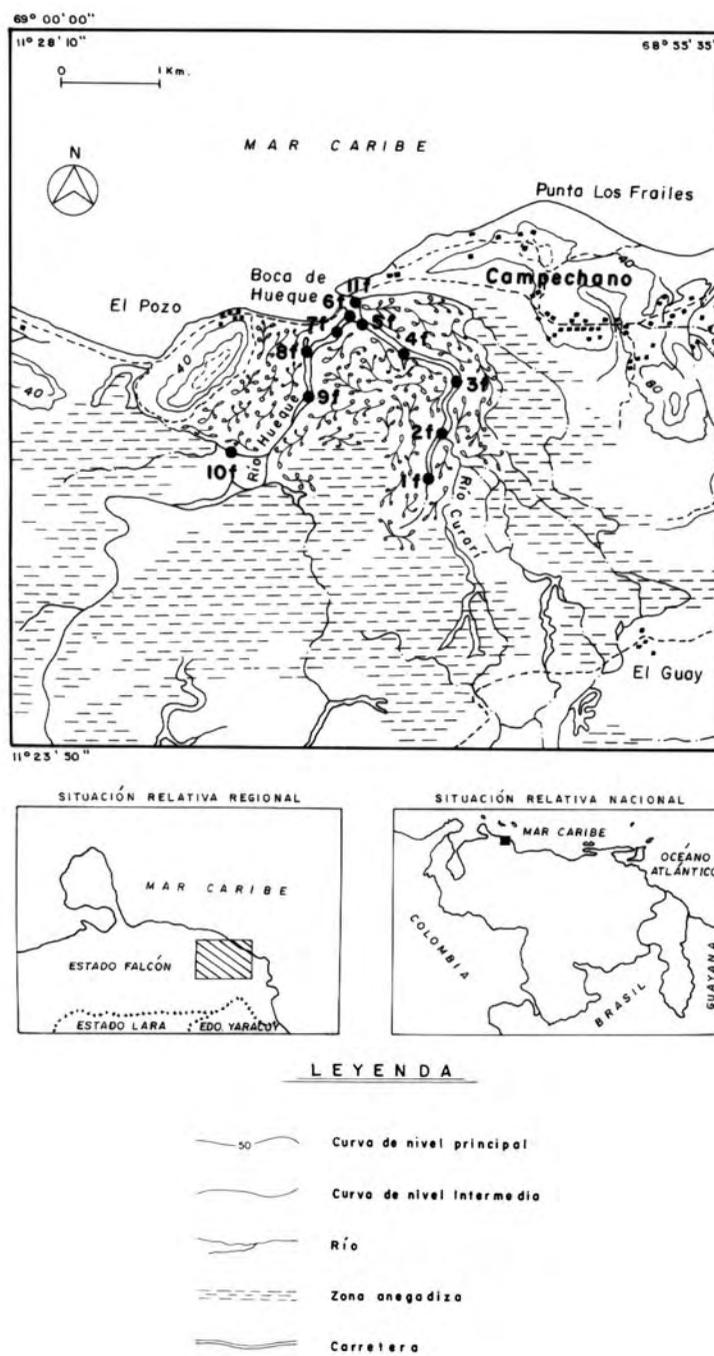


Figura 1. Localización del área en estudio y ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos y agua. Tomado de la Hoja San José de la Costa (6450) de la Dirección de Cartografía Nacional, 1976, Caracas.

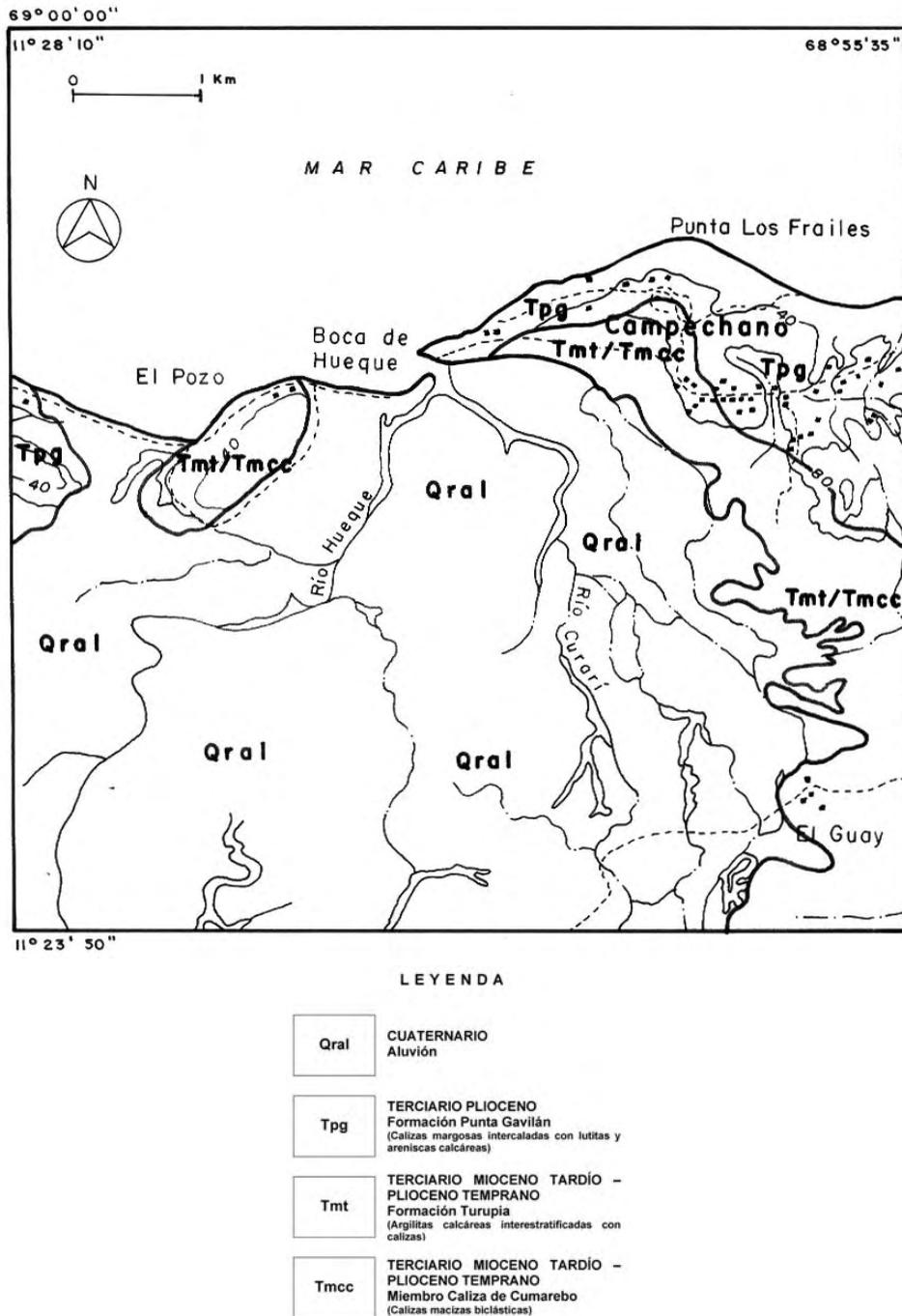


Figura 2. Mapa geológico de la desembocadura del río Hueque, Estado Falcón, Venezuela. Tomado del Mapa B-5, geología de superficie de la *Creole Petroleum Corporation*, 1954.

Energía y Minas [MEM], 1997; Bellizia *et al.*, 1998; Díaz de Gamero, 1970, 1985).

El relieve local circundante es dominado por colinas bajas redondeadas, las cuales han sido modeladas por las acciones fluviales, climáticas y litorales, estas últimas, cuando tienen contacto con el mar (costa de acantilados bajos formados sobre la Formación Punta Gavilán).

Los ríos Hueque y Curarí en su desembocadura tienen forma de embudo, se unen antes de llegar al mar conformando un solo canal de salida; el comportamiento estuarino en ambos ríos está comprobado hasta los primeros 4 km aguas arriba. Este estuario está controlado geomorfológicamente por un cordón litoral, que se desarrolla de oeste a este entre dos acantilados bajos, en ambas márgenes del río.

El clima está caracterizado por una estación seca a principio de año (febrero a mayo) y una estación lluviosa que se inicia en junio y

culmina en diciembre, siendo este último el mes más húmedo de todo el año. El promedio de los totales anuales de precipitación es de 777.9 mm, y el de evaporación de 2 166.2 mm (período 1958-2002; MARNR, Dirección de Hidrología y Meteorología, 2000). El balance hídrico en el área es deficitario (Figura 3), con montos de evaporación superiores a los 100 mm en todos los meses, a excepción de noviembre y diciembre, y un total anual de 1 388.3 mm. Las mareas son de tipo mixtas y de régimen micromareal (Figura 4), con niveles medios de las aguas que fluctúan desde 114.91 cm (febrero) hasta 138.68 cm (octubre), respectivamente, a lo largo del año (Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar", Unidad de Geodesia, Área de Mareografía, 2000). La vegetación que se desarrolla en el plano aluvial es el mangle, reconociéndose cuatro especies (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus*

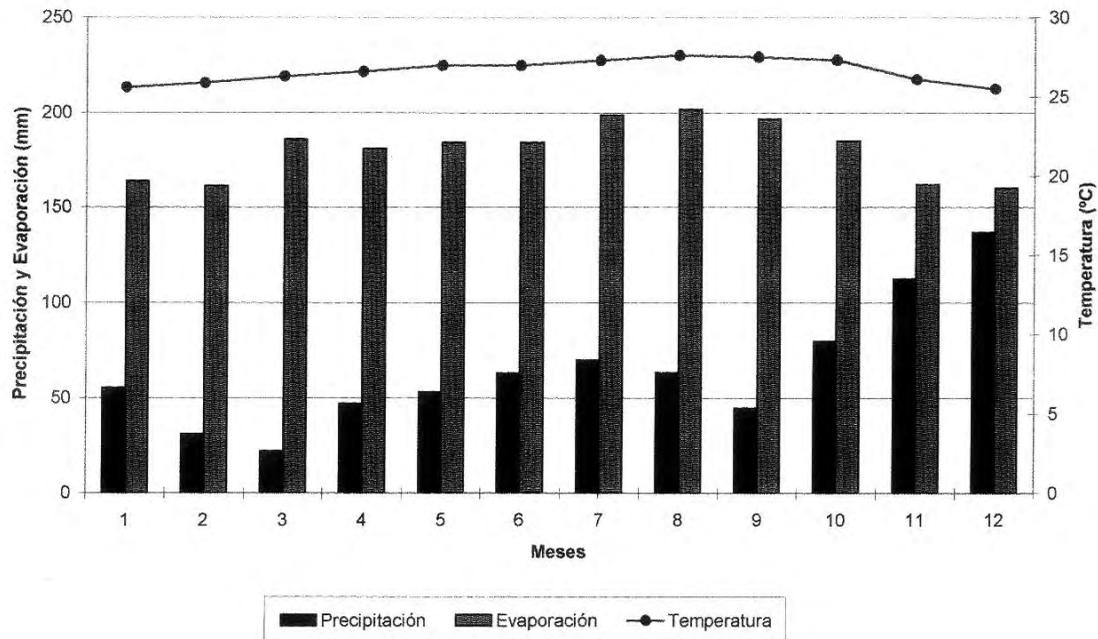


Figura 3. Climograma (período 1958-2002) correspondiente a las estaciones Curarí y Tocuyo de la Costa, Estado Falcón, Venezuela. Datos tomados de la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2000, Caracas.

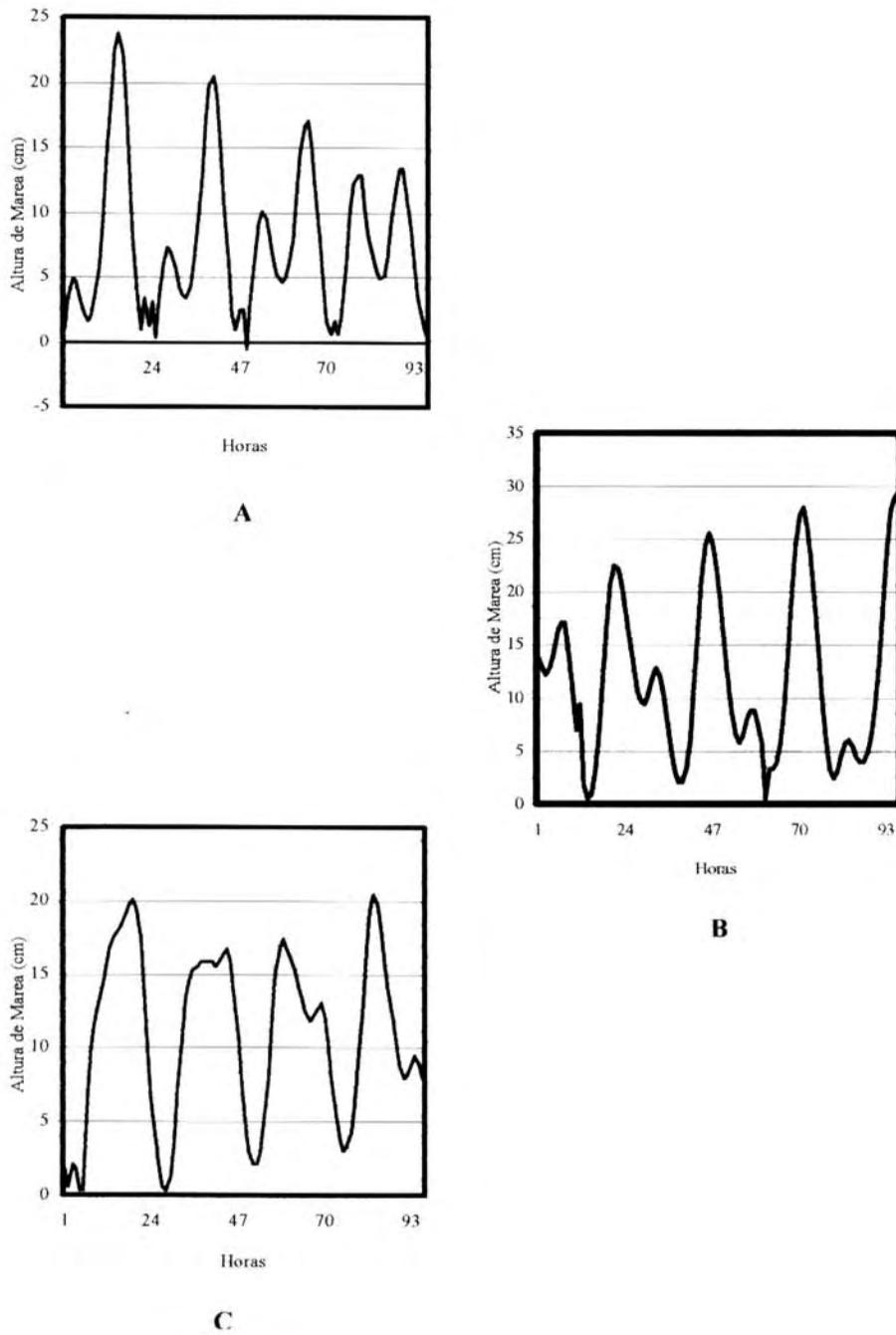


Figura 4. Alturas horarias (promedios) de la marea correspondientes a los cuatro días de duración de los tres trabajos de campo: (A) febrero, (B) julio y (C) noviembre. Datos tomados de "Información de interés general: Estación mareográfica La Guaira" del Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar", Unidad de Geodesia, Área de Mareografía, 2000, Caracas.

erectus; MARNR, 1983; Matteucci, 1987; Matteucci y Colma, 1982, Matteucci *et al.*, 1979). Los suelos son en mayor proporción inceptisoles y en menor cuantía vertisoles (Mogollón y Comerma, 1990).

METODOLOGÍA

Se realizó una interpretación preliminar del área en estudio, apoyada en fotografías aéreas a diferentes escalas y años: fotos N° 322-E, 321-E, 320-E y 319-E, misión C-12 a escala 1:32 000, año 1950; fotos N° 1458 y 1457, misión 021122, escala 1:28 000, año 1962; y fotos N° 1029-1030-1031-1032-1033, misión 021106, escala 1:50 000, año 1975.

En la fase más avanzada de detalle las fotos 1458 y 1031 se ampliaron a escala 1:6 744 y 1:12,500. Los mapas empleados fueron la carta 6450-III-NO Hoya de los ríos Hueque y Ricoa, a escala 1:25 000, año 1963 (Ministerio de Obras Pública [MOP], 1962-63), el mapa topográfico, a escala 1:100 000 (Dirección de Cartografía Nacional [DCN], 1976) y el mapa geológico regional B-5, a escala 1:100 000 (*Creole Petroleum Corporation*, 1954).

Esta fotointerpretación preliminar se basó en la identificación y/o reconocimiento de los distintos ambientes depositacionales que coexisten en el área, basado en criterios de textura, color y tonalidad de las fotos, relaciones de vecindad, formas y evidencias de procesos. La homogeneización de las escalas del material cartográfico y aerofotográfico una vez levantada la información requerida, la realizaron técnicos fotogrametristas del Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar", organismo oficial con la instrumentación especializada para ello.

Con objeto de identificar y caracterizar la distribución de los ambientes depositacionales de interés en el estudio, se efectuaron varios trabajos de campo. Cuatro preliminares (noviembre de 1995, julio de 1996, enero 1997 y septiembre de 1998), con la finalidad de verificar acceso al área, logística, muestreos

y mediciones pilotos. En el 2000 se efectuaron los tres trabajos de campo definitivos considerando época de lluvia y sequía: el primero, en el mes de febrero (época seca); el segundo, en junio al inicio de la temporada de lluvias, y el último, en noviembre, en el segundo período lluvioso, en los cuales se recolectaron las muestras de sedimentos superficiales (20 cm de profundidad máxima) y de fondo del río (profundidades variables entre 1 y 3.50 m, respectivamente), para un total de 42 muestras superficiales y 40 muestras de fondo, correspondientes a los ambientes depositacionales identificados en el área (Figura 1 y Tabla 1).

Entre otras actividades en el campo, se caracterizaron físicamente a los ambientes depositacionales con base en los siguientes aspectos: tipo de sedimento, textura, color y estructura sedimentaria superficial. También se realizaron mediciones morfométricas de estos ambientes: altura, largo, ancho, pendiente y orientación. Algunas de estas mediciones se ejecutaron a partir de las fotografías aéreas y los mapas.

Las muestras de sedimentos de superficie fueron secadas a temperatura ambiente y las de fondo se filtraron con papel filtro corriente sobre embudos de vidrios en vasos precipitados, con la finalidad de secar lo máximo posible las muestras, ya que se trataba de sedimentos muy finos de aspecto pantanoso. Posteriormente, todas las muestras fueron envasadas en recipientes de polietileno y codificadas.

Las muestras de sedimentos de superficie y de fondo fueron sometidas a los siguientes ensayos físicos y químicos: *a*) color del sedimento (*Geological Society Engineering Group Work Party*, 1977); *b*) tamizado en húmedo, con el empleo del tamiz N° 230 con diámetro de malla de 0.0625 mm (4 Ø); *c*) granulometría por medio de tamizado en seco (para sedimentos con diámetros > 0.0625 mm); *d*) granulometría a través de la técnica del hidrómetro (para sedimentos < 0.0625 mm de diámetro) para lapsos de tiempo de 2 min. (0.031 mm, 5 Ø),

Tabla 1. Distribución del muestreo en los ambientes depositacionales del área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Complejo sedimentario	Ambiente depositacional		Tipo de sedimentos	Muestra N°	Total de muestras
Cordón Litoral	Playa	Infraplaya	Terrígenos	24-25-26-41-48-53-56-59-63-	9
		Mesoplaya	Terrígenos	03-14-15-43-49-52-57-60-64-	9
		Supraplaya	Terrígenos	01-02-17-42-50-54-58-61-65-	9
	Duna Costera		Terrígenos	16-18-51-62-66-	5
	Contrabarrera		Terrígenos	21-22-23-44-45-46-78-79-80-	9
	Barra o Barrera Litoral		Terrígenos	19-39-81-	3
Pantanosos	Canal del río Hueque		Terrígenos	10-11-12-13-27-34-35-36-37-38-73-74-75-76-	14
	Canal del río Curarí		Terrígenos	04-05-06-07-08-28-29-30-31-32-67-68-69-70-71-	15
	Canal de Marea o Boca		Terrígenos	09-33-72-	3
	Caño de Marea		Terrígenos	20-47-77-	3

5 min. (0.0156 mm, 6 Ø), 10 min. (0.0078 mm, 7 Ø), 40 min. (0.0039 mm, 8 Ø), 2 h 40 min. (0.0020 mm, 9 Ø) y 24 hr (< 0.0020 mm, < 9 Ø); e) análisis morfológico a la lupa de los granos de arena con apoyo en las gráficas visuales de esfericidad y redondez de Powers (1953) y Krumbein y Sloss (1955); f) contenido de carbonatos por diferencias gravimétricas (Molnia y Pilkey, 1971), con el empleo de ácido clorhídrico (HCl) diluido al 10%; g) materia orgánica por oxidación con dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇, 1 N; Walkey-Black, 1947); h) minerales pesados por diferencias de densidad (Carver, 1971, citado en Blatt, 1982), utilizando para ello un líquido de densidad conocida (bromoformo CHBr₃, D=2.85 g/l), e i) mineralogía por difracción de rayos X con un difractoro marca Phillips, modelo X'PERT.

A las muestras arenosas se les aplicó el método del tamizado en seco, a las finas el método del hidrómetro, y a las muestras mixtas se les realizó un lavado o tamizado en

húmedo, este último tiene como finalidad separar la fracción fina (arcillas y limos) de la fracción arena, luego se realizó el análisis granulométrico independiente de cada fracción. El tamizado en seco separa las distintas clases de tamaños de granos, con base en la escala establecida por Wentworth (1922) y Krumbein (1934), a través de una secuencia de tamices N°. 10 (2 mm, -1.0 Ø), 18 (1 mm, 0.0 Ø), 35 (0.50 mm, 1.0 Ø), 45 (0.35 mm, 1.5 Ø), 60 (0.25 mm, 2.0 Ø), 80 (0.117 mm, 2.5 Ø), 120 (0.125 mm, 3.0 Ø), 170 (0.088 mm, 3.5 Ø), 230 (0.0625mm, 4.0 Ø) y bandeja (> 0.0625 mm, > 4.0 Ø).

A los resultados se les calculó el peso corregido, para luego determinar el porcentaje de pesos acumulados, los cuales se emplearon para construir curvas granulométricas en hojas de probabilidad; a partir de estas gráficas se determinaron las unidades "Phi" para distintos percentiles (5, 16, 25, 50, 75, 84 y 95), y después se determinaron los parámetros

estadísticos propuestos por Folk y Ward (1957): tamaño promedio del grano, selección, asimetría y curtosis, por medio de hojas de Excel y el software Grain Program. Con ayuda del triángulo de Shepard (1954), se determinó la clasificación textural de cada una de las muestras. Las interpretaciones se basaron en Corrales *et al.* (1977) y Roa y Berthois (1975). Para conocer las condiciones de transporte de los sedimentos se elaboró un diagrama C (primer percentil) M (mediana) de Passega (1957, 1964).

AMBIENTES DEPOSITACIONALES

Los ambientes depositacionales que se desarrollan cerca de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, forman hacia el continente un complejo de ciénagas pantanosas de cierta extensión, construido en terrenos bajos asociados a la planicie costera. El área está en buena parte colonizada por vegetación de manglar y atravesada por otros ambientes depositacionales, como los canales de los ríos Hueque y Curarí. Hacia el mar se desarrolla una serie de formas relacionadas con la dinámica litoral, como la barra o barrera arenosa, la playa, las dunas costeras y la contrabarrera, que se forman a expensas del cordón litoral, así como también la presencia de canales y caños de marea asociados a estos ambientes.

Se consideran fuentes de sedimentos los aportes provenientes de los acantilados del Terciario, que se encuentran en proceso de erosión marina a causa del oleaje incidente en épocas de marea alta, y reforzado por la disposición casi horizontal y perpendicular de los mismos respecto al oleaje (Figura 5). Así mismo, otra fuente de sedimentos la constituyen los ríos que desembocan al este del área, como son: Aroa, Yaracuy, Tucurere y principalmente el río Tocuyo (posee la cuenca de drenaje más grande de las tres). También aportan materiales, la escorrentía laminar y concentrada, proveniente del relieve circun-

dante a la desembocadura, y en alguna medida de la cuenca media y alta de los ríos Hueque y Curarí.

Los ambientes depositacionales identificados y caracterizados en esta investigación son: *a)* playa y sus subambientes (infraplaya, mesoplaya y supraplaya; Carranza y Caso, 1997), *b)* dunas costeras, *c)* contrabarrera, *d)* barra o barrera litoral, *e)* canal de marea o boca, *f)* caño de marea, *g)* canales fluviales (ríos Hueque y Curarí). El cordón litoral es la unidad depositacional arenosa mayor, donde se desarrollaron la playa, las dunas costeras y la contrabarrera (Figura 6).

Playa

La playa es una franja de acumulación de material no consolidado, cuyos límites externos e internos están controlados por el oleaje, las corrientes y las mareas. Ocupa una superficie de 0.52 km², con un ancho promedio de 0.11 km, una longitud de 0.78 km y una pendiente promedio de 14.61% (8.21°). La dirección del oleaje incidente en la playa varía del extremo oeste al este desde N25° E a N14° W, asimismo la altura de la ola va desde 48.30 cm con una frecuencia de 8.60 olas/min, hasta 77 cm con una frecuencia de 12.33 olas/min. Para una mejor comprensión de este ambiente, se procedió a diferenciar zonas dentro del perfil de la playa: infraplaya, mesoplaya y supraplaya, según Carranza y Caso (1997).

La infraplaya (*inshore*), es la zona que siempre está cubierta por agua en condiciones normales. Constituye una franja que se extiende por casi 1 km frente de la línea de costa, con un ancho de 70 m aproximadamente y una orientación N20°E. Hace contacto en su tope con la mesoplaya, y está constituida por sedimentos terrígenos en su mayoría arenas silíceas, angulosas, de esfericidad media y color marrón amarillento claro, tonalidad que se debe a la pátina de óxido sobre el cuarzo. El



Figura 5. Acantilado activo que evidencia una fuente de sedimentos para el área en estudio. Representa un ambiente erosional desarrollado en la Formación Punta Gavilán, Fila de Hueque, Estado Falcón, Venezuela.



Figura 6. Cordón litoral colonizado por vegetación playera. Éste representa una gran unidad geomorfológica que abarca, a su vez, al ambiente depositacional playa y sus sub-ambientes infraplaya, mesoplaya y supraplaya. Obsérvese el microacantilado producto del oleaje alto en época de tormentas.

transporte es en este subambiente por suspensión gradada y rodamiento (Figura 7).

La granulometría varía de arena fina a muy gruesa, mal escogida a moderadamente bien escogida y con mediana cantidad de carbonatos, debido a la existencia de fragmentos de conchas marinas; sin contenido de minerales pesados y bajo contenido de materia orgánica (Figura 8 y Tablas 2-6).

La mesoplaya es una superficie inclinada hacia el mar, en la cual se desarrolla la zona de vaivén. Esta faja de pendiente considerable (5-10°) tiene una disposición cóncava hacia el mar de orientación N20°E, con 780 m de longitud y 40 m promedio de ancho. Los sedimentos son 100% de la talla de las arenas, con un tamaño promedio variable entre arenas finas a gruesas (Figura 8). Los granos son de esfericidad baja y sub-angulosos, mal escogidos a moderadamente bien escogidos, con mediano

contenido de carbonatos, por la presencia de bioclastos, la arena es de color marrón amarillento oscuro. El contenido de materia orgánica es bajo, al igual que los minerales pesados (Tablas 2-6). Suspensión gradada, suspensión de fondo y rodamiento, son las formas de transporte en este subambiente (Figura 7).

La supraplaya (*backshore*), es la zona que bajo condiciones normales se encuentra seca, predominan los agentes eólicos sobre los hidrodinámicos, es casi horizontal y puede o no presentar bermas. Este ambiente está representado por sedimentos de origen terrígenos de color marrón grisáceo oscuro y marinos (concha de bivalvos y turritelas). Al igual que el ambiente anterior, es una franja alargada de disposición cóncava hacia el mar, presenta en su superficie rizaduras asimétricas, producto del trabajo eólico. Sus dimensiones son 780 m de largo por 55 de ancho, en

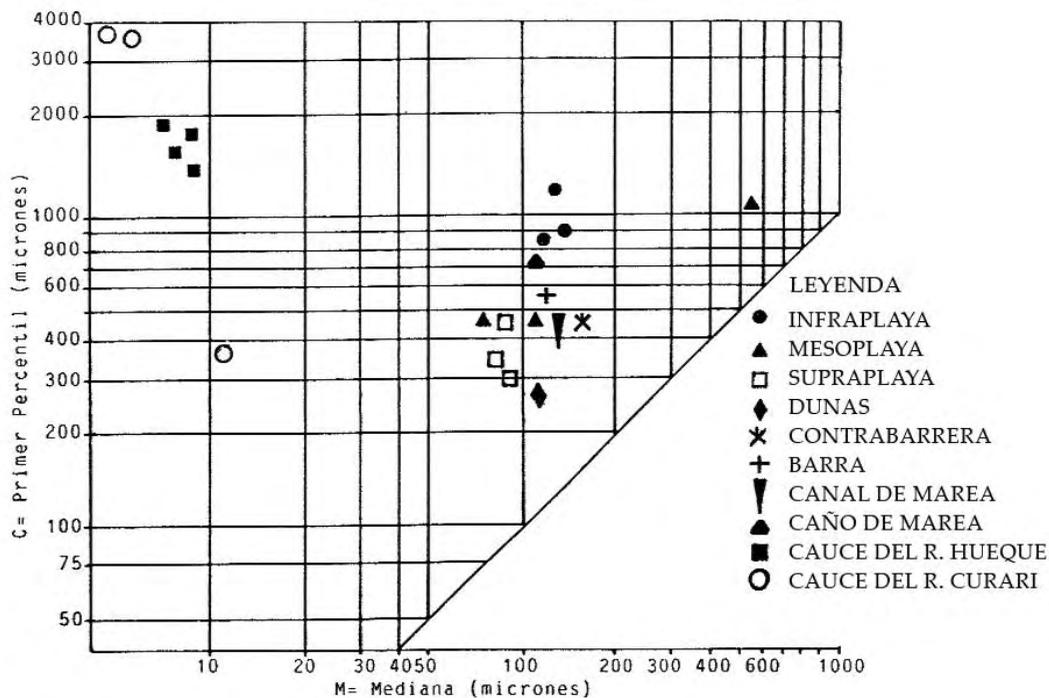


Figura 7. Diagrama C-M de Passegga correspondiente a los distintos ambientes sedimentarios del área de la desembocadura del río Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela.

promedio. Hace contacto en la base con la mesoplaya y en el tope con las dunas costeras.

Sus sedimentos están compuestos en un gran porcentaje por cuarzo, con tallas variables entre arenas finas a gruesas, los granos presentan alta esfericidad y fuerte tendencia a la sub-angularidad. Son moderadamente bien escogidos a muy bien escogidos (Figura 8). El contenido de carbonatos es mediano, y presentan baja cantidad de minerales pesados, con cierta tendencia a incrementarse hacia el extremo más occidental de la bahía (Tablas 2-6). El transporte dominante es la suspensión gradada (Figura 7).

Dunas costeras

Las dunas costeras son lomas de sedimentos no consolidados, generalmente conformadas por arena, transportadas y depositadas por el viento (Lara de González *et al.* 1997). Estos montículos no sobrepasan el metro de altura, se agrupan desde el centro de la bahía hasta el extremo más occidental, su disposición es paralela a la dirección de los vientos predominantes (NE) y oblicuas a la línea de costa, no están recubiertas por vegetación rastrera, son activas y presentan rizaduras asimétricas.

Los granos son de color grisáceo claro, con una granulometría de 100% de la talla de las arenas finas, bien escogidas, sub-angulosos a subredondeados y de alta esfericidad (Figura 8). La materia orgánica y los carbonatos son bajos, poseen considerable contenido de minerales pesados, con respecto a los otros ambientes sedimentarios (Tablas 2-6). La mineralogía predominante de estas arenas está representada por cuarzo. El mecanismo de transporte que se identificó por medio del Gráfico de Passega es de suspensión gradada (Figura 7).

Contrabarrera

La contrabarrera es un ambiente de escaso desarrollo, delimitado hacia el continente por

el río Hueque, y hacia el mar por la cresta del cordón litoral. Se encuentra recubierta por vegetación de manglar, abarca 11 640 m² de área, y constituye una faja asimétrica con forma alargada y de orientación aproximada N20°E. El depósito está conformado por arena fina a media, mal escogida a bien escogida, con esfericidad media, angulosos a sub-angulosos, y el color es marrón grisáceo oscuro (Figura 8). Posee gran contenido de raíces, debido a la ocupación del manglar. Las arenas tienen bajo contenido de carbonatos, materia orgánica y minerales pesados. La mineralogía predominante en este depósito corresponde al cuarzo (Tablas 2-6). Estos materiales se transportan por suspensión gradada (Figura 7).

Barra o Barrera Litoral

La barra o barrera litoral es una franja resultante de la sedimentación marina subacuática o sub-aérea localizada en la zona litoral, separada o unida a la costa por uno de sus extremos (*Ibid.*). La forma y la dinámica dependen de los procesos litorales, ya que su presencia o ausencia, a su vez, lo hacen de las características de las olas, la marea, la activación del transporte litoral y los eventos de tormenta. Esta franja de arena constituye el único lazo de unión natural entre el cordón litoral y el extremo oriental de la bahía (Fila de Hueque).

Este ambiente es muy dinámico, por lo que sus medidas cambian con mucha regularidad. En el mes de febrero ocupaba un área de 1 152 m², en cambio, en noviembre estaba fraccionada en dos lóbulos, uno de 2 320 m² y otros de 1 155 m², para todos los casos su altura no sobrepasaba el metro (Tabla 2). Esta barra posee generalmente una abertura o boca que sirve de contacto entre el mar y los ríos, sin embargo, bajo condiciones extremas suele cerrarse por completo.

Según Hidroimpacto (1990), la boca de Hueque en 1985 fue obstruida bajo condiciones naturales, ya que fue dragada con fines econó-

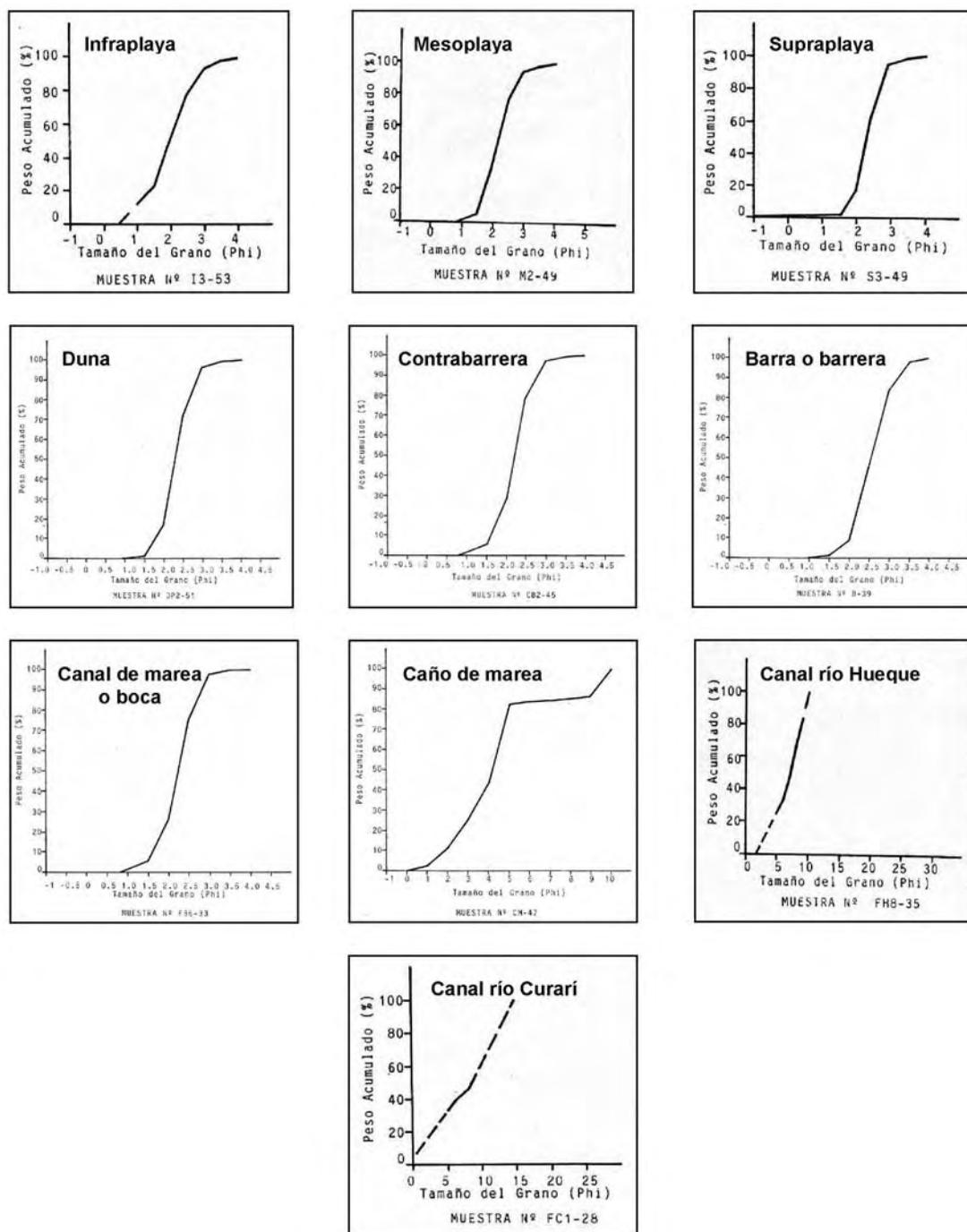


Figura 8. Curvas granulométricas (ejemplos) de los distintos ambientes depositacionales en el área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela.

micos (alimentar de agua de mar a una camaronera). En las observaciones de campo desde 1995 hasta 2000, sólo se apreció totalmente el cierre de la boca en junio de 1996. Se estima que el cierre de la desembocadura puede deberse a un incremento en el transporte de sedimentos hacia el interior de la boca, producto de un oleaje intensificado y continuo, acompañado de mareas bajas.

Permanece cerrada por espacio de tres semanas, cuando por condiciones naturales es nuevamente abierta, por cualquiera de estos fenómenos: oleajes mayores, temporales fuertes, marea alta, mar de fondo, las crecientes de los ríos en época de lluvia, aunque este último es un factor estacional, ya que cuando ocurre desaloja gran cantidad de sedimentos de la boca, sin embargo, el caudal del río se ha reducido, como consecuencia de la construcción de la carretera Morón-Coro, y la construcción de pequeños embalses en la cuenca media y represas en la cuenca alta del río Hueque.

La barra o barrera presenta estructuras sedimentarias superficiales como rizaduras

asimétricas y micro dunas (0.20 m de altura). Este ambiente tiene contacto en la base con la infraplaya y lateral con el canal de marea, el cordón litoral y los ríos Hueque y Curarí (Figura 9). Este cuerpo arenoso es alargado, formado por arenas finas, bien escogidas, de esfericidad media a alta y sub-angulosos, mineralógicamente constituidas en su mayoría por cuarzo, de color marrón amarillento claro, bajo contenido de materia orgánica y mediano de carbonatos y bajo contenido de minerales pesados (Figura 8). La mineralogía por difracción de rayos X, revela que en su composición posee cuarzo, dolomita, pirita, arcilla, calcita y siderita (Tablas 3-6). Los sedimentos son transportados por suspensión gradada (Figura 7).

Canal de Marea o Boca

El canal de marea o boca es una zona que interrumpe la continuidad del cordón litoral a través de la cual penetra la corriente de marea hacia la laguna (Lara de González *et al.*, 1997). La apertura de la boca está controla-

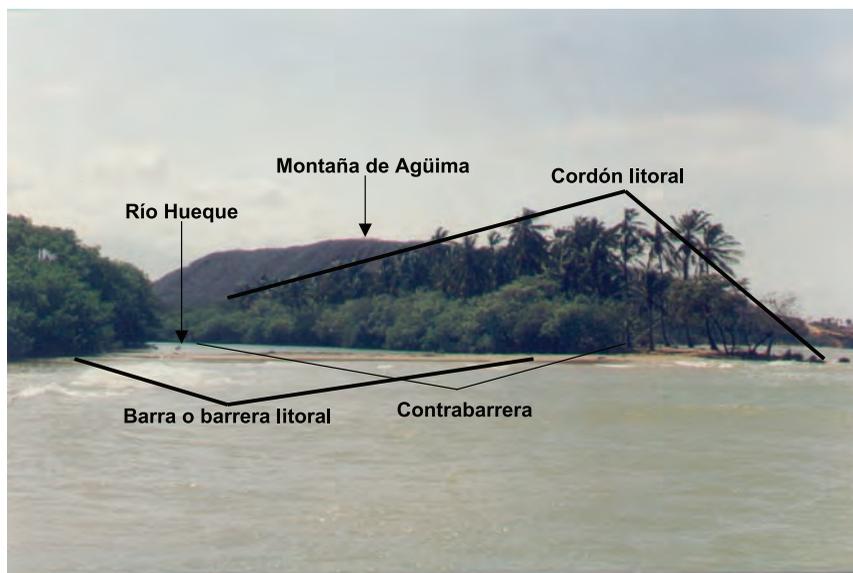


Figura 9. Formación del ambiente deposicional barra o barrera litoral entre el extremo oriental del cordón litoral y la boca del río Hueque, Estado Falcón, Venezuela.

Tabla 2. Características geométricas de los ambientes depositacionales del área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Complejo sedimentario	Ambiente depositacional		Área (m ²)	Geometría
Cordón Litoral	Playa	Infraplaya	522 000	Faja que se extiende por 1 000 m frente a la línea de costa, con un ancho aproximado de 70 m y una orientación de N20° E.
		Mesoplaya		Es una faja alargada de pendiente considerable y de disposición cóncava hacia el mar, con orientación N20° E y una longitud de 780 m y un ancho promedio de 40 m.
		Supraplaya		Es una faja alargada de disposición cóncava hacia el mar, de escasa pendiente, con orientación N20° E, longitud de 780 m y de ancho promedio de 55 m.
	Duna Costera		7 200	Son montículos de arena fina paralelas a la dirección del viento predominante (NE) y oblicuos a la línea de costa, no están recubiertas por vegetación rastrera. Se concentran desde el centro de la bahía hasta el extremo oeste, ocupando una zona cuya longitud es aproximadamente de 522 m.
	Contrabarrera		11 640	Faja asimétrica con tendencia alargada de orientación N20° E, una longitud de 270 m y un ancho promedio de 55.8 m.
Barra o Barrera Litoral		Variable	Cuerpo alargado con orientación, longitud y ancho variable, dependiendo de la época del año y los eventos de tormentas.	
Pantanosos	Canal del río Hueque		240 000	Cuerpo acanalado y enlongado, con una longitud de 4 000 m y un ancho promedio de 30 m.
	Canal del río Curarí		226 300	Cuerpo acanalado y enlongado, con una longitud de 4 500 m y un ancho promedio de 40 m.
	Canal de Marea o Boca		12 960	Es una zona alargada en forma de "C" invertida, con orientación N20° W. Longitud de 240 m y un ancho variable que depende del desarrollo de la barra.
	Caño de Marea		15 030	Es un cuerpo enlongado, con una longitud de 660 m y un ancho hacia la desembocadura de 60 m y en los sectores interiores de 30 m.

Tabla 3. Composición textural promedio de los sedimentos de los ambientes depositacionales del área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Complejo sedimentario	Ambiente sedimentario		Nº de muestras	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clasificación textural según Shepard (1954)
Cordón Litoral	Playa	Infraplaya	9	100.00	00.00	00.00	Arena
		Mesoplaya	9	100.00	00.00	00.00	Arena
		Supraplaya	9	100.00	00.00	00.00	Arena
	Duna Costera		5	100.00	00.00	00.00	Arena
	Contrabarrera		9	100.00	00.00	00.00	Arena
	Barra o Barrera Litoral		3	100.00	00.00	00.00	Arena
Pantanosos	Canal del río Hueque		14	00.00	73.47	26.53	Limo arcilloso
	Canal del río Curarí		15	00.00	48.27	51.73	Arcillo limoso
	Canal de Marea o Boca		3	21.98	28.67	49.35	Arena limo arcilla
	Caño de Marea		3	20.35	29.69	49.96	Arena limo arcilla

da por la hidrodinámica marina del entorno, por el ingreso de las aguas fluviales, y por la disponibilidad de aportes de sedimentos (Martínez, 1997). Su morfometría depende de la formación de la barra o barrera litoral, por lo que presenta diferentes anchos en el transcurso del año.

La profundidad también varía, en febrero (época de inicio de la sequía) se registró una máxima de 2.46 m y hacia mediados de año, en los meses de abril y mayo, cuando se habían desarrollado dos lóbulos de la barra o barrera litoral, poseía una profundidad de 3 m. Para principios de junio hay una fuerte tendencia a cerrarse la boca, por lo que este ambiente desaparece temporalmente; ya en julio, cuando se sienten las primeras precipitaciones, vuelve a abrirse y a profundizarse. La profundidad máxima registrada llegó hasta 3.50 m en noviembre de 1995. Los sedimentos en este ambiente depositacional varían en el tiempo, desde solamente contener tallas de las arenas finas, hasta sólo contenidos de limos (70-90%) y arcillas (10-30%; Figura 8). El contenido de materia orgánica es mediano. La presencia de minerales pesados y carbonatos son relativamente elevados en comparación con los otros ambientes sedi-

mentarios. La mineralogía revela la presencia de cuarzo, arcilla, feldespato, pirita, siderita y calcita (Tablas 2-6). El transporte es principalmente por suspensión gradada (Figura 7).

Caño de Marea

El caño de marea es un cauce por donde penetran las aguas marinas hacia el continente, ocasionado por las fluctuaciones de las mareas (Lara de González *et al.*, 1997). Posee un ancho promedio de 60 m, 660 m de largo y en promedio la profundidad es de 0.50 m en sequía y 1.20 m durante las lluvias, se trata de un cuerpo elongado, cuyo contacto lateral es con el canal de marea y la planicie aluvial.

La granulometría es variable a lo largo del año, en los meses finales e iniciales de año, la composición textural de los sedimentos se caracteriza por presentar bajas cantidades de arena e importantes cantidades de arcillas, y a mediados de año (julio) dominan las arenas, las cuales son angulosas y bien escogidas (Figura 8). Los contenidos de materia orgánica y minerales pesados son bajos, aunque este último ambiente es el tercero con proporciones significativas en comparación con el resto de los ambientes depositacionales; los car-

Tabla 4. Parámetros estadísticos (valores máximos y mínimos) y clasificación textural de los sedimentos de los ambientes depositacionales del área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Parámetros Estadísticos							
Complejo sedimentario	Ambiente sedimentario	Núm. de muestras	Tamaño Promedio (Mz) ϕ	Clase del tamaño promedio del grano	Selección (σ) ϕ	Asimetría (SK ₁) ϕ	Curtosis (KG) ϕ
Cordón litoral	Playa	9	-1.00 – 2.20	Arena gruesa a arena fina	0.55 – 1.78	-0.18 – 0.27	0.90 – 1.40
				Mesoplaya	0.37 – 0.75	-0.95 – 0.15	-0.78 – 1.49
				Supraplaya	0.38 – 0.52	-0.16 – 0.19	0.63 – 1.23
	Caño de Marea	3	1.61 – 1.93	Duna costera	0.34 – 0.39	0.00 – 0.28	0.97 – 1.23
				Contrabarrera	0.38 – 0.75	-0.95 – 0.02	1.06 – 1.20
				Barra o Barrera Litoral	0.36 – 0.44	0.07 – 0.20	1.02 – 1.08
Pantanosos	Caño de Marea	3	2.20 – 6.33	Canal del río Hueque	0.43 – 7.49	-0.52 – -0.01	0.91 – 1.54
				Canal del río Curarí	1.39 – 6.32	-0.54 – -0.02	1.01 – 2.43
				Canal de Marea o Boca	0.46 – 3.51	-0.61 – 0.33	1.13 – 1.20
				Arena media a arena fina	0.37 – 0.75	-0.95 – -0.05	1.06 – 1.10

Tabla 5. Porcentajes de esfericidad y redondez de las arenas de los ambientes depositacionales del área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Complejo sedimentario	Ambiente sedimentario	Núm. de muestras	Esfericidad (%)			Redondez (%)								
			0.3	0.5	0.7	Anguloso	Sub-anguloso		Redondeado					
							0.1	0.3		0.5	0.7			
Cordón litoral	Playa	9	08.8	27.6	44.6	14.6	66.6	37.6	07.6	06.6	04.3	01.0		
			02.6	24.6	38.3	12.3	04.3	24.3	22.0	14.0	05.3	18.6	09.0	
			13.3	21.0	27.0	12.3	19.0	21.0	14.0	23.5	15.0	11.5	26.5	12.0
	Caño de Marea	3	30.0	20.0	18.5	41.5	06.5	05.0	32.0	08.6	08.6	20.0	04.3	
				09.6	20.3	29.0	37.0	02.0	32.0	20.0	27.0	03.0	10.0	17.0
				23.0	07.0	30.0	13.0	10.0	20.0	40.0	10.0	07.0	03.0	03.0
Pantanosos	Caño de Marea	3	67.0	33.0	00.0	67.0	33.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0		

Tabla 6. Porcentajes promedios de la composición química y mineralógica de los sedimentos de los ambientes depositacionales del área de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela

Complejo sedimentario	Ambiente sedimentario	Núm. de muestras	Materia orgánica (%)	Carbonatos (%)	Minerales pesados (%)	Minerales livianos (%)	Mineralogía por difracción de rayos X
Cordón Litoral	Infraplaya	9	0.89	36	00.00	100.00	Q= 83%
	Mesoplaya	9	0.25	36	03.00	97.00	Q= 87%
	Supraplaya	9	0.11	30	02.00	98.00	Q= 77%
	Duna Costera	5	0.14	08	22.00	78.00	Q= 87%
	Contrabarrera	9	0.25	16	07.00	93.00	Q= 87%
	Barra o Barrera Litoral	3	0.10	30	05.00	95.00	Q= 69 %; AM= 07 %; P= 08 %; S= 01 %; CA= 05 %; D= 10 %
	Canal del río Hueque	14	4.34	00	-	-	Q= 11 %; AM= 48 %; F= 6 %; P= 32 %; S= 3 %
	Canal del río Curarí	15	5.79	00	-	-	Q= 19 %; AM= 55 %; F= 6 %; P= 13 %; S= 7 %
	Canal de Marea o Boca	3	1.86	46	20.00	80.00	Q= 44 %; AM= 41 %; F= 3 %; P= 8 %; CA= 4 %
	Caño de Marea	3	0.85	23	13.00	87.00	Q= 53%

Nota. Q= Cuarzo (SiO₂) AM= Arcilla Mineral, F= Feldespatos (Fk), P=Pirita (FeS₂), S= Siderita (FeCO₃), CA= Calcita (CO₃Ca) y D=Dolomita (CaMg(CO₃)₂).

bonatos están presentes en proporciones medias. En este caño se observa la formación de barras subaéreas en algunas épocas del año, las cuales son la principal razón de la disminución de su profundidad. La mineralogía de las arenas revela apreciables cantidades de cuarzo (Tablas 2-6). La suspensión gradada y rodamiento, son las principales formas de transporte en este ambiente sedimentario (Figura 7).

Canales fluviales

Los canales fluviales están representados por los cauces de los ríos Hueque y Curarí. El primero tiene una desembocadura elongada de 4 000 m de longitud (hasta donde se evidencia actividad asociada a la influencia de la marea), con un ancho promedio de 30 m en su boca, 60 en su parte media hasta que el canal se cierra a 10 m, a causa de la espesa vegetación de manglar. Los parámetros medidos (profundidad y granulometría) varían a lo largo del río y en diferentes épocas del año, es por ello que el análisis se realizó partiendo de la boca propiamente dicha hacia río arriba.

El río Curarí, al igual que el Hueque, tienen la misma forma elongada y con un ancho promedio que va desde 40 m pasando por 75 m (parte media) hasta llegar a tan solo tres (culminación), en cuanto a profundidades y características sedimentológicas ocurre lo mismo que en el río Hueque. Destaca que ambos ríos tienen canales definidos y delimitados por el espeso bosque de manglar, donde predomina la especie *Rhizophora mangle* (mangle rojo), con alturas aproximadas de 30 m.

La llanura fluvio-marina de ambos ríos está limitada hacia el sur por una llanura aluvial de 2 a 3 m de elevación respecto a la llanura fluvio-marina. Esta planicie aluvial fue construida por ambos ríos sobre un antiguo valle marino, que fue rellenado por los sedimentos productos de la denudación de los relieves circundantes que pertenecen al Terciario (Plioceno-Mioceno) y están constitui-

dos principalmente por rocas sedimentarias (calizas, lutitas, margas, areniscas, etc.; COPLANARH, 1975); esta área en la que los cursos de los dos ríos no se pueden definir, es lo que sea ha denominado desparramadero.

En general, no presentan diferencias los dos canales desde el punto de vista sedimentológico (Tablas 3-6), lo que permite categorizarlos dentro de una misma facie sedimentaria. Presentan sedimentos, principalmente de origen terrígeno, y muestran una secuencia grano-decreciente, que va desde arenas hasta arcillas, lo cual se debe a que en los primeros kilómetros actúa con mayor energía y fricción de fondo la corriente de marea, trayendo como consecuencia que se incorpore una cantidad considerable de material más grueso, de la talla de las arenas en los canales (Figura 8).

Los lugares con escaso movimiento de agua son propicios para una sedimentación masiva de partículas finas en suspensión, los cuales originan fondos fangosos, en cambio las zonas de mayor oleaje dan lugar a depósitos con predominio de la fracción gruesa, como arenas muy gruesas y gravas (Pannier y Fraíno de Pannier, 1989). Por otra parte, el manglar es un sistema que controla y filtra los sedimentos finos arrastrados por la deriva litoral.

En estos ambientes se observó una degradación de colores desde tonos marrones amarillentos a negros, que coinciden con el incremento del contenido de materia orgánica en las muestras, posiblemente el color oscuro se deba a la descomposición de la materia orgánica presente.

El contenido de materia orgánica aumenta en porcentaje con la distancia, observándose valores entre 1.58 y 1.86% en la boca, y entre 4 y 6.53% en los canales fluviales a 4 km aguas arriba de la desembocadura del río. Esto se debe a que a mayor distancia de la boca las aguas son más tranquilas, la corriente de marea disminuye sus efectos de remoción del fondo, por lo que el material orgánico que proviene del manglar y de restos de animales que

suelen habitar estos tipos de humedales costeros, se depositan en el fondo de los canales donde se descomponen por oxidación.

Por el contrario, los carbonatos y los minerales pesados disminuyen en proporción con la distancia desde la línea de costa, con valores entre 18 y 30% y entre 4 y 5%, respectivamente; en el área de la boca del río, hasta valores de 0% para ambos componentes a 4 km aguas arriba de la desembocadura. Este comportamiento implica que los aportes de ambos componentes están relacionados con agentes marinos (oleaje, corriente litoral, deriva de playa). La mineralogía de los sedimentos está representada por cuarzo, arcilla mineral, feldespato, piritita y siderita (Tabla 6). Con respecto al transporte de los materiales, la representación de las muestras de los canales de los ríos en el gráfico de Passega, no indica ninguno de los procesos preestablecidos por el diagrama, probablemente debido a que los sedimentos de estos ambientes son muy mal escogidos, y la prolongación de sus curvas granulométricas en los gráficos para la obtención del primer percentil introduce errores, ya que abarca granos no presentes en las muestras reales (Figura 7).

MODELO SEDIMENTOLÓGICO

Según Pritchard (1964); Naybakken y Collins (1993); Benninger y Wells (1993) y Cooper (1993), el período Cuaternario se ha caracterizado por la alternancia de períodos glaciares e interglaciares, así como por variaciones del nivel marino que han generado eventos transgresivos y regresivos, desarrollando ambientes y características morfológicas que modificaron gran parte de la superficie terrestre, y sobre la cual, la sedimentación actual del Holoceno o Reciente, es una continuación dentro de un estadio interglacial, de los eventos posteriores al Pleistoceno.

El complejo deposicional de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, al igual que muchos de los ambientes costeros del

margen continental venezolano, son rasgos distintivos de eventos transgresivos (Transgresión Flandriense) y regresivos ocurridos durante el Cuaternario.

Las desembocaduras de estos ríos son ejemplos del sistema deposicional fluvio-marino de edad reciente (Post-Flandriense), donde se diferencian dos sectores de acumulación bien definidos, representados por el Complejo Cordón Litoral y el Complejo Pantanoso; estos últimos desarrollados en la planicie terminal de la cuenca baja del río Hueque.

En el Complejo Cordón Litoral predominan los ambientes arenosos de infraplaya, mesoplaya, supraplaya, dunas costeras, contrabarrera y barra o barrera litoral, los cuales son controlados por la dinámica litoral y eólica.

El Complejo Pantanoso está representado por los depósitos de fondo de los canales fluviales, dominados por sedimentos limo-arcillosos. El canal o boca y el caño de marea (transicional entre los depósitos de los canales fluviales y la barra), están caracterizados por la presencia de sedimentos areno-limo-arcillosos, que están controlados por las mareas, la evaporación, las precipitaciones y la escorrentía superficial.

El plano aluvial terminal de los ríos Hueque y Curarí se encuentra densamente colonizado por manglares, los cuales actúan como barreras que contribuyen, en función de la dinámica fluvio-marina, a la sedimentación de arena hacia la costa y de sedimentos más finos (limos y arcillas) hacia el área pantanosa. Este plano terminal es atravesado por dos canales fluviales, el río Hueque que discurre en dirección sur-norte, excepto los últimos 1 000 m, donde se desvía en dirección noreste, debido al control geo-morfológico ejercido por los relieves aislados del Terciario y el desarrollo del cordón litoral, que obligan a confluir a los ríos Hueque y Curarí antes de desembocar. El otro río, el Curarí, cuyo curso sigue una dirección sur-norte, con características morfométricas y sedimentarias similares al río Hueque.

Estos canales tienen un ancho máximo de 60 m y mínimo de 20 m y una profundidad máxima de 3.50 m, observándose una delimitación del canal que no varía, es decir, no hay migración lateral del canal, probablemente por el papel fijador que juega la vegetación de manglar, que tiende a cerrar los canales.

Poseen fondo somero con poca pendiente y pueden ser clasificados, desde el punto de vista genético, como estuarios de llanura costera (Odum, 1972). Desde la dinámica marina, como estuarios micromareales (microtidal) por poseer amplitudes inferiores a 2 m (Hayes, 1975). Por los valores de salinidad, como hipersalinos, ya que la corriente de agua dulce es poca, y la evaporación es muy alta, produciéndose salinidades mayores a la del mar (36‰; Nybbaken y Collins, 1993).

Con base en todas las características planteadas sobre la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, corresponde a un Modelo Sedimentológico: *Complejo Cordón Litoral-Pantano*, que se puede interpretar como un estuario de tipo micromareal protegido por un cordón litoral, donde las aguas de las mareas pueden penetrar en los ríos durante períodos de bajo caudal (Figura 10).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La desembocadura de los ríos Hueque y Curarí se localiza en la costa nororiental del Estado Falcón, cuya dinámica actual está muy asociada a los últimos cambios climáticos ocurridos en el Pleistoceno y Holoceno (Glaciación Wisconsin y Transgresión Flandriense), así como a la acción de agentes morfodinámicos marinos-costeros, continentales y climáticos.

En el área en estudio se pudieron identificar dos ambientes de acumulación principales: a) Complejo Cordón Litoral constituido por los sub-ambientes: playa (infraplaya, mesoplaya y supraplaya), dunas costeras, contrabarrera y barra o barrera litoral; este complejo se encuentra dominado por la actividad del

oleaje, el transporte litoral (deriva costera), las mareas, las corrientes de mareas y la acción eólica, y b) Complejo Pantanoso conformado por: canales fluviales (ríos Hueque y Curarí) con sus respectivas llanuras de inundación, colonizadas por vegetación de manglar, canal de marea y caño de marea, controlado por las mareas y sus corrientes, la evaporación, las precipitaciones y la escorrentía superficial.

En el Complejo Cordón Litoral, la distribución porcentual de sedimentos indica un 100% de arenas, con ausencia total de materiales finos tipo arcilla y limo, producto del dominio de la alta energía del medio de transporte, la corriente litoral, y en menor medida por el viento. Los ambientes depositacionales de playa, dunas costeras, contrabarrera y barra o barrera litoral, no muestran diferencias significativas entre los tres meses de muestreo, en relación con las características físicas y químicas de los sedimentos.

La barra es 100% arenosa, de desarrollo intermitente durante el año, dispuesta casi transversalmente a la dirección de los ríos y conectada al continente en dos puntos, cuando la dinámica litoral así lo permite, trayendo como consecuencia que el canal de marea aumente y disminuya de tamaño o desaparezca según el desarrollo de la misma. Esto implica que es un ambiente dominado por micromareas, oleaje, transporte, aporte del material y control geomorfológico.

Los sedimentos del Complejo Cordón Litoral, según la mineralogía por difracción de rayos X, revela una significativa abundancia de cuarzo (>50%), mientras que el porcentaje de arcilla es casi imperceptible. Esto se debe a que el cuarzo es un mineral muy resistente, proveniente de la carga de material transportado por la corriente litoral, el cual es aportado al mar por la descarga de los ríos que desembocan al este de la zona en estudio, otra fuente, aunque poco probable, es el material producto de la denudación de las rocas del relieve circundante (areniscas de la Formación Geológica Punta Gavilán), por el

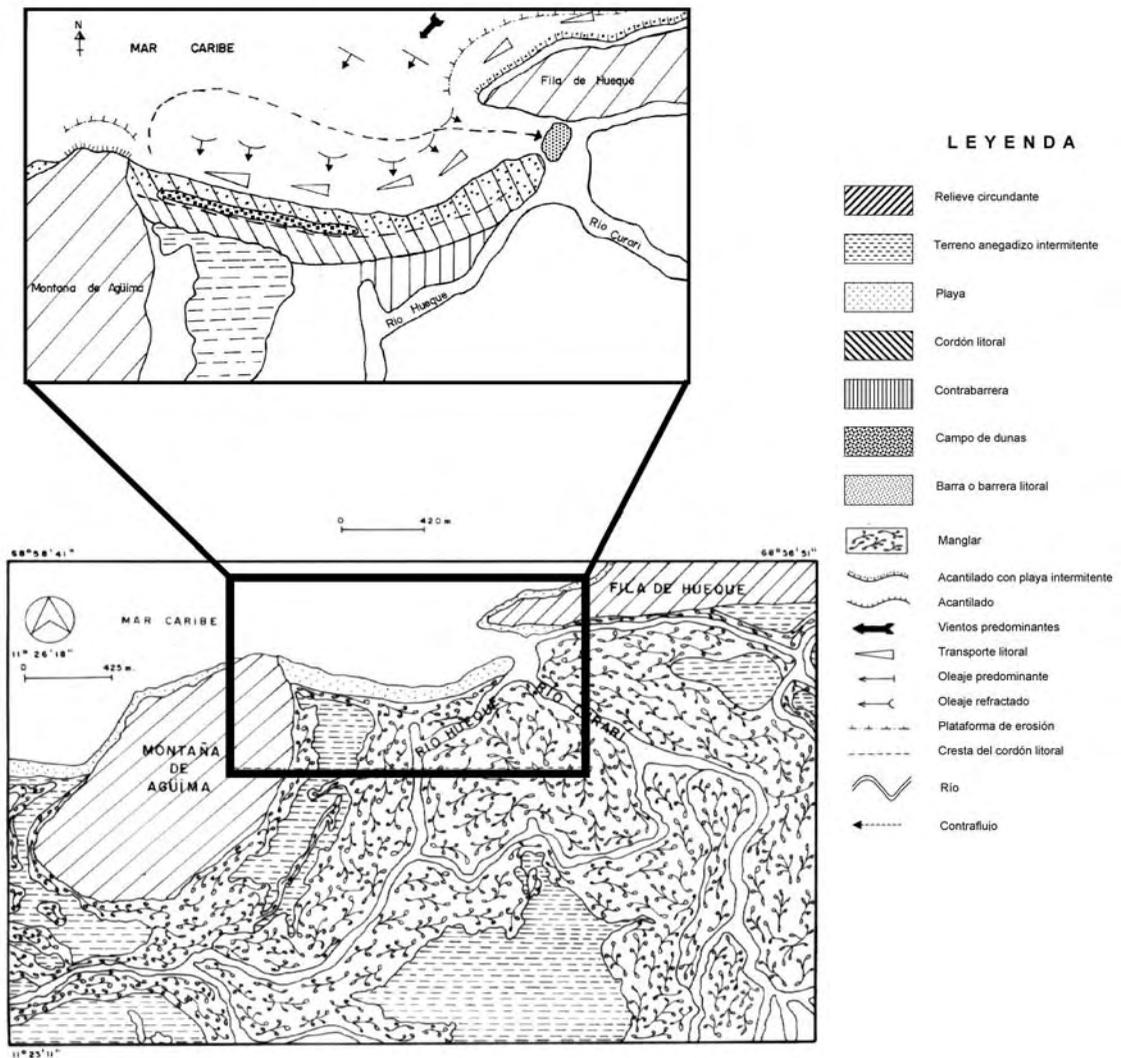


Figura 10. Modelo sedimentológico de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela.

efecto abrasivo del oleaje sobre los acantilados activos y la meteorización física por causa del intemperismo. Los feldespatos son casi inexistentes, y posiblemente éstos son remanentes de sedimentos desplazados por el transporte litoral. Los mecanismos de transporte predominantes son por suspensión de fondo, suspensión gradada y rodamiento, según los diferentes sub-ambientes.

En el Complejo Pantanoso predominan altos contenidos de limos y arcillas, esta situación refleja el predominio de una escorrentía superficial, la litología de las áreas erosionales circundantes (caliza margosa de grano fino muy meteorizada e intercalada con lutitas) y procesos depositacionales de baja energía y poca circulación.

Los ambientes más dinámicos de este complejo son el canal o boca y caño de marea,

la concentración de tallas de las arenas están asociadas a la formación de la barra litoral, el resto del tiempo poseen cantidades apreciables de limos y arcillas.

La mineralogía en el Complejo Pantanoso muestra un alto porcentaje de arcilla mineral (> 50%), que se correlaciona con los datos texturales y las tendencias en el tamaño promedio de los granos. Esta arcilla puede provenir de diferentes fuentes, una asociada al manglar que controla y filtra los sedimentos finos transportado por la escorrentía superficial, y la otra relacionada con la litología de la cuenca baja: calizas margosas con alto contenido de arcillas, las lutitas grises y limosas de la Formación Punta Gavilán, y las argilitas y calizas con granos de lodo de la Formación Turupia. Los granos de cuarzo que se encuentran aguas abajo son incorporados por la acción de la marea. Los materiales son llevados a los lugares por suspensión y posteriormente decantan (floculación).

Sobre la base de las características sedimentológicas y geomorfológicas, el área de las desembocaduras de los ríos Hueque y Curarí, corresponde a un modelo sedimentológico Complejo Cordón Litoral-Pantano, que es controlado por la energía del oleaje, las corrientes de marea, el transporte litoral a lo largo de la costa y la fuerte evaporación, lo cual condiciona que los 4 km terminales de los ríos se comporten como estuarios hipersalinos.

Sólo un estudio más amplio y detallado de este humedal podría sentar las bases a partir de las cuales se consideraría su inclusión en el sistema de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) venezolano, y de cumplir con los criterios para la identificación de humedales de importancia internacional, podría proponerse como un nuevo sitio Ramsar de Venezuela en el mundo (*The Ramsar Convention on Wetlands*, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d).

La desembocadura del río Hueque es un humedal costero que representa un área de gran valor paisajístico, ecológico y científico, en donde se desarrolla un gran bosque de man-

glar y la fauna asociada, por lo que se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Mantener un control permanente sobre el balance y comportamiento hídrico de la desembocadura de los ríos Hueque y Curarí, de tal manera que se puedan determinar las variaciones espacio-temporales de las condiciones sedimentológicas y la físico-química de las aguas, con la finalidad de registrar la tendencia evolutiva del sistema.
2. Incorporar estas desembocaduras al sistema nacional de ABRAE, bajo la figura jurídica de Reserva de Fauna Silvestre.
3. Continuar desarrollando investigaciones en el complejo pantanoso, básicamente en las ciénagas, zonas anegadizas y en la Boca de Agüima (al este del área en estudio), que quedaron fuera de esta investigación, para completar la caracterización de todo el área, y servir de base para emprender estudios relacionados con el desarrollo y protección del manglar, así como sobre su manejo y uso racional.
4. Regular y controlar las actividades humanas que se desarrollan en las cuencas de los ríos Hueque y Curarí, así como el desarrollo de infraestructura hidráulica, entre otras, que alteran negativamente el balance hídrico y aporte de agua dulce al ecosistema estuarino.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ettore Marcucci por sus valiosas observaciones y recomendaciones para mejorar y enriquecer la investigación. A la Coordinación General de Investigación del Instituto Pedagógico de Caracas en la persona del Prof. Jesús Araguren, por haber financiado buena parte del estudio realizado.

REFERENCIAS

- Bellizia, A., N. Pimentel de Bellizzia y M. I. Muñoz (1998), *Geology and tectonic of northern South American, International Commission on II Geodynamic Bulletin: Geodynamics Investigations Venezuela*, Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, Caracas, Venezuela.
- Benninger, L. y J. Wells (1993), "Sours of sediment to the Neuse River estuary, North Carolina", *Marine Chemistry*, vol. 43, pp. 137-156.
- Blatt, H. (comp.; 1982), "The practice of sedimentary petrology", *Sedimentary petrology*, W. H. Freeman and Company, USA, pp. 512-536.
- Carranza, E. y M. Caso (1997), "Zonificación del perfil de playa", *GeoUNAM*, vol. 2, pp. 26-32.
- Carmona, C. y J. Conde (1989), "Caracterización de las costas del Estado Falcón, Venezuela", *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*, vol. 28, pp. 127-133.
- Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (1975), *Estudio geomorfológico de las regiones costa noroccidental, centro occidental y central (Sistema Montañoso Noroccidental)*, (Publicación No. 44), Caracas, Venezuela.
- Cooper, A. (1993), "Sedimentation in river domined estuary", *Sedimentology*, vol. 40, pp. 979-1017.
- Corrales, I., J. Rosell, L. Sánchez de la Torre, J. Vera y L. Vilas (1977), *Estratigrafía*, Rueda, Madrid, España.
- Creole Petroleum Corporation (1954), *Geología de superficie* [Mapa B-5 a escala 1:100 000], Caracas, Venezuela.
- Díaz de Gamero, M. L. (1970), "Contribución al estudio de los foraminíferos de la Formación Punta Gavilán, Estado Falcón", *Boletín de la Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo*, vol. 13, Caracas, Venezuela, pp. 47-87.
- Díaz de Gamero, M. L. (1985), "Estratigrafía de Falcón nororiental", *VI Congreso Geológico Venezolano*, Sociedad Venezolana de Geólogos, Caracas, Venezuela, pp. 454-502.
- Dirección de Cartografía Nacional (1976), *San José de la Costa*, hoja 6450 [Mapa a escala 1:100 000], Caracas, Venezuela.
- Folk, R. y W. Ward (1957), "Brazos river bar, a study in the significance of grain size parameters", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 27, pp. 3-27.
- Geological Society Engineering Group Working Party (1977), "The description of rock masses for engineering purposes", *Q. J. Engineering Geology*, vol. 10, pp. 355-388.
- Hayes, M. (1975), "Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the symposium", *Estuarine Research*, vol. 2, pp. 3-21.
- Hydroimpacto, C. A. (1990), *Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto: granja de cultivo de camarones, desparramadero del río Hueque*, Estado Falcón, Caracas, Venezuela.
- Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar", Unidad de Geodesia, Área de Mareografía (2000), "Información de interés general: Estación mareográfica La Guaira", datos no publicados.
- Krumbein, W. C. (1934), "Size frequency distribution of sediments", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 4, pp. 65-77.
- Krumbein, W. y L. Sloss (1955), *Stratigraphy and sedimentation*, San Francisco, USA, Freeman & Company.
- Lara de González, S., C. Suárez y E. Marcucci (1997), *Atlas morfodinámico costero de Venezuela*, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas, Venezuela.

- Lentino, M. y R. Bruni (1994), *Humedales costeros de Venezuela: situación ambiental*, Caracas, Venezuela, Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela.
- Martínez, J. (1997), *Geomorfología Ambiental*, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Matteucci, S. (1987), "The vegetation of Falcón State, Venezuela", *Vegetatio*, vol. 70, pp. 67-91.
- Matteucci, S. y A. Colma (1982), "Análisis ecológico regional del Estado Falcón", *Acta Científica Venezolana*, vol. 33, pp. 78-87.
- Matteucci, S., A. Colma y L. Pla (1979), *La vegetación de Falcón: análisis regional de la vegetación y el ambiente del Estado Falcón* (no publicado), Instituto Universitario de Tecnología, Coro, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1982a), *Plan de Ordenación del Territorio del Estado Falcón*, Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1982b), *Sistemas Ambientales Venezolanos (Proyecto VEN/79/001), Región Natural 10, Llanuras costeras de Falcón*, Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1983), *Mapa de la vegetación actual de Venezuela* [escala 1:500 000], Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1995), *Balance Ambiental de Venezuela 1994-95*, Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección de Hidrología y Meteorología (2000), *Datos Climatológicos: estaciones Tocuyo de la Costa y Curarí*, datos no publicados, Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (2003), *Humedales costeros de Venezuela [Documento en línea]*, Proyecto CEPNET/BID Proyecto para Reforzar la Capacidad de Ordenación de los Recursos Marinos y Costeros en la Región del Gran Caribe, Disponible: <http://www.cep.unep.org/venezuela/Informe.htm> [consulta: 2003, marzo 25].
- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General Sectorial de Servigeomin, Dirección de Geología (1997), *Léxico estratigráfico de Venezuela* (Ts. 1 y 2, Publicación Especial No. 12), Caracas, Venezuela.
- Ministerio de Minas e Hidrocarburos (1976), *Mapa geológico estructural de Venezuela* [escala 1:500 000], Caracas, Venezuela.
- Ministerio de Obras Públicas (1962-63), *Hoya de los ríos Hueque y Ricoa, cartas 6450-III-NO y 6450-III-SO* [escala 1:25 000], Caracas, Venezuela.
- Molnia, B. y O. Pilkey (1971), "Origin and distribution of calcareous fines on the Carolina continental shelf", *Sedimentology*, vol. 18, pp. 293-310.
- Mogollón, L. y J. Comerma (1990), *Suelos de Venezuela*, Palmaven, Caracas, Venezuela.
- Nybakken, J. y H. Collins (1993), "Estuaries and salt marshes", en *Marine Biology: an ecological approach*.
- Odum, E. (1972), *Ecología*, Interamericano, México.
- Pannier, F. y M. Fraíno de Pannier (1989), "Manglares de Venezuela", *Cuadernos Lagoven*, Caracas, Venezuela.
- Passega, R. (1957), "Texture as characteristic of clastic deposition", *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, vol. 41, pp. 1948-1952.
- Passega, R. (1964), "Grain size representation by CM patterns as a geological tool", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 34, pp. 830-884.
- Powers, M. (1953), "A new roundness scale for sedimentary particles", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 23, pp. 117-119.
- Pritchard, D. (1964), "What is an estuary: physical viewpoint", *Conference of estuaries*, pp. 3-5.
- Roa, P. y L. Berthois (1975), *Manual de sedimentología: métodos para el estudio de los sedimentos y no*

consolidados, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Rodríguez, R. (comp.; 1999), *Conservación de humedales en Venezuela: inventario, diagnóstico ambiental y estrategia*, Comité Venezolano de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), Caracas, Venezuela.

Sheppard, F. P. (1954), "Nomenclature based on sand -silt- clay ratios", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 24, no. 3, pp. 151-158.

The Ramsar Convention on Wetlands (2003a), *Carpeta Informativa Ramsar: ¿Qué son los humedales?* (Documento Informativo Ramsar No. 1), [Documento en línea], Disponible: http://www.ramsar.org/about_infopack_1s.htm [consulta: 2003, marzo 27].

The Ramsar Convention on Wetlands (2003b), *Carpeta Informativa Ramsar: ¿Qué es la Convención de Ramsar sobre los Humedales?* (Documento Informativo Ramsar N° 2), [Documento en línea], Disponible: http://www.ramsar.org/about_infopack_2s.htm [consulta: 2003, marzo 27].

The Ramsar Convention on Wetlands (2003c), *Carpeta Informativa Ramsar: criterios Ramsar para la Identificación de Humedales de Importancia Internacional* (Documento Informativo Ramsar No. 5), [Documento en línea], Disponible: http://www.ramsar.org/about_infopack_5s.htm [Consulta: 2003, marzo 27].

The Ramsar Convention on Wetlands (2003d), *The Annotated Ramsar List: Venezuela* (The Annotated Ramsar List of Wetlands of International Importance), [Documento en línea], Disponible: http://www.ramsar.org/profiles_venezuela.htm [Consulta: 2003, marzo 27].

Walkey-Black, A. (1947), "A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil", *Soil Sciences*, vol. 63, pp. 251-263.

Wentworth, C. (1922), "A scale of grade and class terms for clastic sediments", *Journal of Geology*, vol. 30, pp. 377-392.