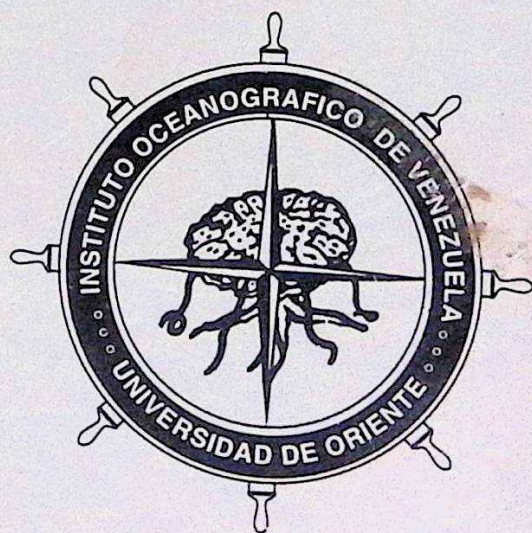


UNIVERSIDAD DE ORIENTE – CUMANÁ, VENEZUELA / VOLUMEN 38 / Nº 2 -1999

BOLETIN
DEL
INSTITUTO
OCEANOGRAFICO
DE VENEZUELA



40 Aniversario
1959 - 1999

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA UNIVERSIDAD DE ORIENTE

CUMANÁ VENEZUELA

JUNTA EDITORIAL

BERTA PARRA (Presidente)
JULIO PEREZ (1er. Vocal)
WILLIAM SENIOR (2do. Vocal)
JEREMY MENDOZA (3er. Vocal)
JUAN PABLO BLANCO (4to. Vocal)
ISIDRA RAMÍREZ (Secretaria)

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

JUAN PABLO BLANCO RAMBLA, *Editor*
ISIDRA RAMÍREZ, *Editor Asistente*

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

FRANCISCO PINTO, *Editor*

DIRECTIVOS DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

BERTA PARRA
Director

WILLIAM SENIOR
Jefe del Departamento de Oceanografía Química

CÉSAR LODEIROS
Jefe del Departamento de Biología Pesquera

MAYRE JIMÉNEZ P.
Jefe del Departamento de Biología Marina

KYUNG SUK CHUNG
Coordinador de Postgrado

La Universidad de Oriente fue creada por el Decreto N° 459 del 21 de noviembre de 1958, con el Instituto Oceanográfico de Venezuela como su núcleo inicial. Las actividades del Instituto Oceanográfico comenzaron el 12 de octubre de 1959, en la ciudad de Cumaná, y han continuado ininterrumpidamente desde entonces.

El BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA comenzó a ser publicado semestralmente en 1961. En 1962 no se publicó. A partir del volumen 8, la portada, el formato y las normas editoriales del BOLETIN fueron modificadas. La Biblioteca del Instituto Oceanográfico publica anualmente el BOLETIN BIBLIOGRAFICO en el cual se compila el material de referencia ingresado a esa dependencia.

Para información sobre la adquisición de suscripción y canje, favor dirigirse a:

Biblioteca
Instituto Oceanográfico de Venezuela
Apartado Postal 245
Cumaná, Venezuela

El precio de las publicaciones del Instituto Oceanográfico de Venezuela es el siguiente:

Revista	En Venezuela	En el Exterior
BOLETIN (volumen)	Bs. 3.500	\$ 15.00
BOLETIN BIBLIOGRAFICO	Bs. 350	\$ 1.50

Los cheques deben ser emitidos a nombre de:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAPHICO DE VENEZUELA UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Vol. 38 (nro. 2)

1999

CONTENIDO

Página

FUENTES, M. Características granulométricas, sedimentológicas y mineralógicas de la Laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela.	3
ARMAS, J., M. BELMAR, G. HERNÁNDEZ, W. RIVEROS, S. YEGRES S. & D. BELMAR. Efectos de los cambios de salinidad sobre la regulación acidobásica y electrolítica de <i>Plecostomus watnata</i> (HANCOCK, 1828)	17
HERNÁNDEZ G., L. LARES, J. BOLAÑOS & J. HERNÁNDEZ. Crustáceos decápodos bentónicos del monumento natural de Laguna de las Marites, Isla de Margarita, Venezuela.	25
LINERO, I. Serpulidae (Annelida: Polychaeta) de la costa nororiental de Venezuela.	33
GUEVARA, M., M. MALAVÉ, O. GÓMEZ, A. GÓMEZ, M. ACOSTA & N. MARÍN. Calidad nutricional del rotífero <i>Brachionus plicatilis</i> (O. F. MULLER, 1786) alimentado con dietas microalgales.	45
LINERO, I. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados al mejillón verde <i>Perna viridis</i> , en la Península de Araya, Venezuela.	53
PRIETO, A., J. VILLALBA & L. RUIZ. Producción específica de la almeja <i>Codakia orbicularis</i> (Veneroidea: Lucinidae) en una población del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.	63
MUNOZ, S. & J. P. BLANCO RAMBLA. Crustáceos decápodos de la Ensenada Grande del Obispo, Golfo de Cariaco, Venezuela.	73
RIVAS, A., E. MÉNDEZ, L. RUIZ, A. TORRES & L. MARTÍNEZ. Hábitos alimenticios de <i>Eucinostomus gula</i> y <i>E. argenteus</i> (Pisces: Gerreidae) en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela.	91
BONILLA, J. Obituario: Daniel Horacio Bonells Pérez (1950-1999).	99

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE LA LAGUNA DE CHACOPATA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

MARÍA VALENTINA FUENTES H.

Departamento de Bioanálisis, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Venezuela.
mfuentes@ci.udo.edu.ve

RESUMEN: Se realizó el estudio granulométrico, sedimentológico y mineralógico de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, ubicada en la costa nororiental de Venezuela. Este estudio permitió tipificar las condiciones dinámicas del ambiente sedimentario, las cuales determinan los contenidos biológicos y sus implicaciones. El muestreo se realizó en 16 estaciones, 12 de ellas localizadas en el interior de la laguna, 1 en el área marina, próxima a la boca y 3 en el exterior continental, durante el mes de noviembre de 1996. Las características granulométricas y parámetros de relación e interpretación textural se determinaron por métodos geológicos convencionales, su composición mineralógica por difracción de rayos X. El análisis granulométrico demostró un predominio de la textura areno-limosa en una amplia zona del cuerpo lagunar que se extiende desde el occidente hacia el oriente, arenosa en el área marina, occidente, centro y suroriental del cuerpo lagunar, y limo-arenosa en el suroccidente y noroccidente de la laguna. En el exterior continental, los sedimentos fueron arenosos y areno-limosos. Estas texturas determinaron que el fondo de la laguna es areno-limoso. El área estudiada presentó en promedio 4,36% de grava, 62,26% de arena, 23,68% de limo y 9,70% de arcilla. Los sedimentos resultaron muy heterogéneos y las oscilaciones de la energía cinética media variaron considerablemente, relacionadas con el tamaño de grano predominante en los sedimentos. La Kurtosis se mostró desde extremadamente aguda hasta muy plana. Estos resultados revelan ambientes sedimentarios de corriente fuerte en el área marina que se acelera en la boca de la laguna y disminuye paulatinamente, a medida que se dirige hacia el occidente, centro y este. Las zonas de mayor calma se ubicaron en el noroccidente y suroccidente, protegidas geomorfológicamente, con abundantes manglares y flora de fondo. Los aportes sedimentarios provinieron de diversas fuentes: biogénicos y terrígenos, transportados por escorrentías y vientos, comprobado por su composición mineralógica, constituida por 31% de cuarzo, 52% de aragonito, 12% de calcita y 10% de arcilla. El aragonito y la calcita estuvieron ausentes en los sedimentos de las estaciones externas indicando su origen clástico, mientras que en el interior fueron clásticos y bioclásticos. Los análisis estadísticos evidenciaron la afinidad existente entre la materia orgánica acumulada y sedimentos finos e impermeables, y el antagonismo entre aragonito y calcita, confirmando la dinámica del ambiente. El dendograma del análisis de conglomerados, basado en el contenido mineralógico, permitió distinguir dos ambientes de distinta influencia mareal.

ABSTRACT: A granulometric, sedimentological, and mineralogical study was performed on the sediments of the Chacopata lagoon, located on the northeastern coast of Venezuela. The study typified the dynamic conditions of the sedimentary environment, which determined the biological content and its implications. Sampling was done in 16 stations, during November of 1996. 12 stations were located inside the lagoon, 1 in the maritime area, close to the inlet, and 3 stations inland. The granulometric characteristics, and the relation parameters and textural interpretation were determined by conventional geologic methods, and the mineralogical composition was determined by X-ray diffraction. The granulometric analysis showed the predominance of silty sand texture in a wide area of the lagoon, running west-east. In the maritime area, a sandy texture was found west, center and southeast of the lagoon, and sandy silt southwest and northwest of the lagoon. Inland, sediments were sandy and silty sand. These textures determined that the bottom of the lagoon is silty sand. The study area showed an average of 4.36% gravel, 62.26% sand, 23.68% silt, and 9.70% clay. Sediments were heterogeneous and the oscillations in mean kinetic energy varied, mostly related with the predominant size of the grain in the sediments. The Kurtosis varied between extremes. The results revealed a sedimentary environment of strong currents located in the maritime area of the lagoon that accelerates at the inlet and gradually diminishes as it reaches the areas of the west, center and east. Calm areas were located northwest and southwest, which were protected geomorphologically, by abundant mangroves and bottom fauna. The sediment input has different origins: biogenic and terrigenous, transported by run-offs and winds. The mineralogical composition of the sediments was 31% quartz, 52% aragonite, 12% calcite, and 10% clay. Aragonite and calcite were absent in stations located outside the lagoon indicating a clastic origin, while in inside stations its origin was clastic and bioclastic. The statistical analysis showed the existing affinities between accumulated organic matter and impermeable and fine sediments, and the antagonism between aragonite and calcite, thus confirming the dynamics of the environments. The cluster analysis based on the mineralogical content, led to distinguish two areas of different tidal influence.

INTRODUCCION

Las lagunas costeras son ambientes sedimentarios naturales complejos, relativamente separadas del medio marino, que se desarrollan en zonas donde convergen dos sistemas hidrológicos: continental y oceánico, lo que provoca una gran transferencia de agua y energía, transporte de sedimentos y múltiples reacciones químicas (BIDET *et al.*, 1982).

Estos ambientes están sujetos a una evolución morfológica rápida y a una gran variación de las condiciones hidrodinámicas y sedimentológicas. Algunas veces, pueden colmatarse progresivamente de sedimentos, degradarse y destruirse por intervenciones antrópicas, poniendo en peligro la biodiversidad y los recursos renovables que pueden soportar explotaciones sustentables, los cuales dependen en gran medida de la formación y evolución del recipiente físico lagunar (MARTÍNEZ, 1997).

En la región nororiental de Venezuela está ubicada la laguna de Chacopata, en un conjunto de rocas sedimentarias y metamórficas que constituyen la costa norte de la Península de Araya (CARABALLO, 1982). Probablemente, esta laguna se desarrolló por formación de istmos, condicionada a procesos y efectos sedimentarios significativos (LINERO, com. pers.).

La información sedimentológica, granulométrica y mineralógica sobre esta laguna es muy escasa, tan solo se conocen algunos aspectos de sus áreas aledañas y algunas características químicas de sus sedimentos. RAMÍREZ & GONZÁLEZ (1974) al estudiar la ecología y distribución de corales de la isla de Coche, localizada al noroeste del Morro de Chacopata, encontraron que los sedimentos donde estos se asientan son arenosos, mal clasificados y los asociaron a aguas marinas de suave oleaje. RAMÍREZ (1997) reportó en los sedimentos de los alrededores de los islotes Caribe y Los Lobos, bajos porcentajes de materia orgánica y abundante carbonato de calcio, sin hacer referencia a su composición mineralógica, la cual determinaría su origen clástico o biogénico. Además, este mismo autor encontró oscilaciones de energía cinética entre bajas y muy altas. FUENTES *et al.* (1997) encontraron que la materia orgánica sedimentada en la laguna es predominantemente autóctona, procedente de manglares, fanerógamas marinas, macroalgas y residuos de exoesqueletos de organismos muertos, que se acumulan favorablemente hacia áreas de corrientes débiles, donde los sedimentos se mostraron altamente impermeables y calcareníticos.

Debido a las consideraciones anteriores, aunado al interés de organismos internacionales, tales como: UNESCO, PNUE y COI por el estudio de las lagunas litorales, la presente investigación permitirá tipificar el ambiente sedimentario de la laguna de Chacopata, desde el punto de vista granulométrico, sedimentológico y mineralógico. Este estudio constituiría una investigación de línea base para la estimación de las condiciones geológicas y sedimentológicas de la laguna, además permitirá establecer comparaciones en un futuro desarrollo de la zona.

AREA DE ESTUDIO

La laguna de Chacopata está localizada en la costa nororiental de Venezuela, entre los $10^{\circ} 39' 00''$ y $10^{\circ} 41' 00''$ de Lat. N y $63^{\circ} 47' 30''$ y $63^{\circ} 49' 50''$ de Long. W (Fig. 1). Es un cuerpo de agua que se asemeja a un rectángulo, con una longitud máxima de 4 Km en dirección NE-SO y anchura máxima de 2 Km. En su parte central, la laguna presenta un estrangulamiento de anchura de 500m. La laguna de Chacopata tiene comunicación con el mar, a través de un canal de 20 a 40 m de anchura, no posee aporte hídrico directo, solo pequeñas quebradas que desembocan en ella, por el sur, durante la época lluviosa. Presenta, además un tómbolo o franja en el oriente que la protege de los vientos alisios prevalecientes, lo que dificulta la formación de olas de tamaño significativo (LINERO, 1994). Las corrientes de la laguna son producto de las variaciones periódicas del nivel del mar. Esto permite que las partículas precipiten con relativa rapidez y que los sedimentos sean arrastrados en una misma dirección.

Densos manglares bordean la costa norte, oeste y suroccidental, mientras que en la costa oriental y sur son dispersos y poco desarrollados, igualmente se observan praderas de *thalassia* al norte, noroccidente y centro; así como también es área de refugio de fauna silvestre en el oriente, representados por flamencos, fragatas y aves limícolas, etc. Además, presenta abundante infauna, constituida principalmente por poliquetos y el bivalvo *Gemma gemma* (LINERO, 1994, FUENTES *et al.*, 1997).

La temperatura media del aire, en el área, oscila entre 26,0 y 28,5°C. La humedad relativa media es de 82%. Los vientos alisios predominan durante todo el año, especialmente la componente este. En los seis primeros meses del año, oscilan entre ENE y ESE y manifiestan las mayores intensidades. En los seis meses restantes, además de soplar con menor intensidad, los vientos presentan una mayor variabilidad, en cuanto a la frecuencia de su dirección (RAMÍREZ, 1997).

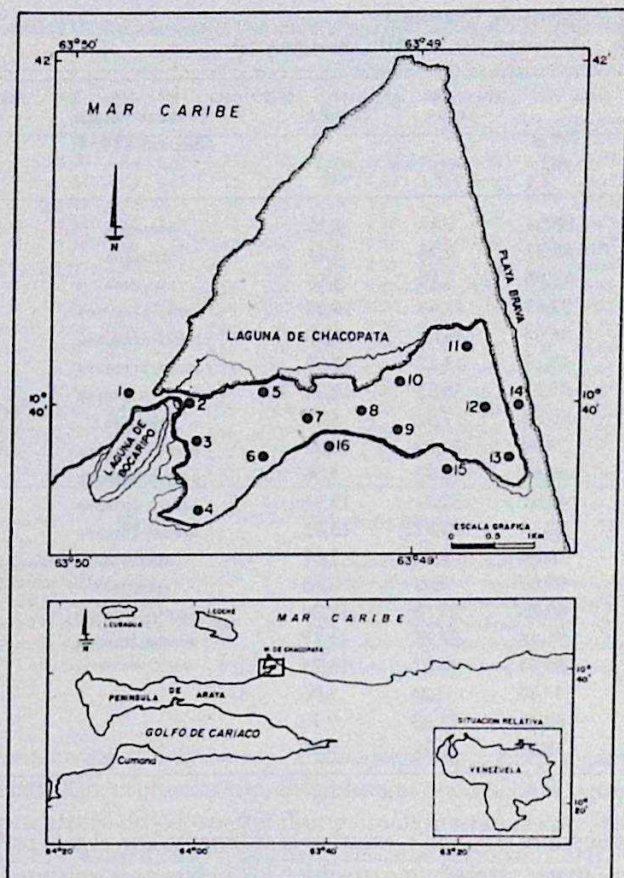


Fig. 1. Laguna de Chacopata. Situación relativa. Estaciones de muestreo.

MATERIALES Y METODOS

El muestreo de los sedimentos superficiales se realizó en 16 estaciones (Ests.), 12 de ellas ubicadas en el cuerpo lagunar, 1 en el área marina, próxima a la boca, y 3 en el exterior (Fig. 1), durante el mes de noviembre de 1996, final de la época lluviosa. Los sedimentos de las estaciones internas se recolectaron a bordo de un peñero con una draga Diez Laffont de 0,02 m² de área, y las externas con una espátula plástica, guardadas en bolsas plásticas y refrigeradas a 4°C hasta su análisis.

Análisis granulométrico: Una vez secadas las muestras se realizó el análisis de la fracción gruesa (> 63 mm) por tamizado y la fina por pipeteo (KRUMBEIN, 1936 y 1964; FOLK, 1969; WENTWORTH, 1936; TANNER, 1964; SAHU, 1965). La interpretación textural y clasificación de los sedimentos se basaron en el triángulo de SHEPARD (1954). Los parámetros de rango y relación se calcularon según FOLK & WARD (1957) y su interpretación se basó en Inmann (1952), FOLK (1966), MARTÍNEZ (1986), LLANO (1987), RAMÍREZ (1997) y FUENTES (1998).

Análisis mineralógico: Se realizaron por difracción de rayos X, siguiendo la metodología de los Laboratorios Geológicos de CORPOVEN (FUENTES, 1998). Las muestras de los sedimentos se analizaron en roca total y en la fracción arcilla (< 2 mm). Los cálculos semicuantitativos se estimaron comparando las intensidades basales de cada mineral con factores de intensidades de muestras patrones.

Análisis estadísticos: Se realizaron análisis de conglomerados con los parámetros mineralógicos, usando el método de varianza mínima, y matriz de correlación de Pearson (D'CROZ *et al.*, 1998; HAVACH & COLLINS, 1997) entre todas las variables estudiadas, incluyendo los datos de C-org y H₂O señalados por FUENTES *et al.* (1997). Estos análisis estadísticos se ejecutaron con el paquete estadístico Systat 6.0.1 para Windows (1996).

RESULTADOS Y DISCUSION

GRANULOMETRÍA Y TEXTURA

Los porcentajes y la interpretación textural, basada en el triángulo de SHEPARD (1954) modificado, de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata se muestran en la Tabla 1, con la fracción arena representada por grava y arena, debido a que la grava, constituida por restos de conchillas, fue la fracción gruesa minoritaria.

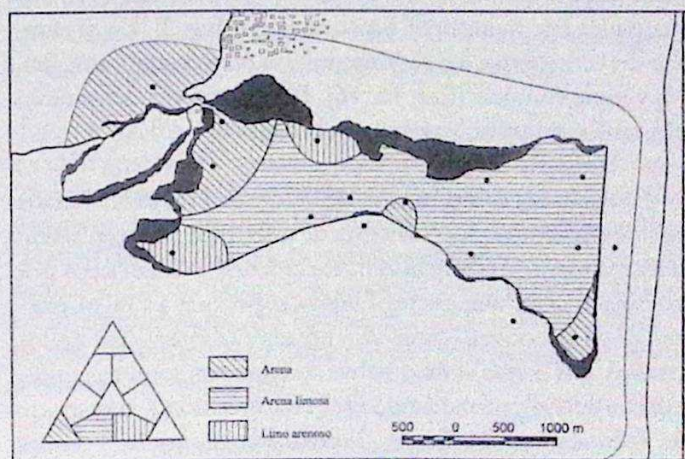


Fig. 2. Distribución de los tipos texturales de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata.

FUENTES

TABLA 1. Composición textural de en peso de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata.

Est.: estación AMG: arena muy gruesa AG : arena gruesa AM: arena media AF: arena fina AMF: arena muy fina

Est.	Grava (%)	Arena					Total (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura según Shepard (1954)
		AMG (%)	AG (%)	AM (%)	AF (%)	AMF (%)				
1	6,25	11,34	10,86	21,07	43,16	2,11	88,54	1,05	4,16	arenosa
2	9,13	13,31	13,44	24,39	31,11	1,12	88,37	0,26	2,24	arenosa
3	5,39	10,07	10,35	21,36	32,96	11,21	85,95	3,10	5,56	arenosa
4	2,66	4,00	3,87	6,20	11,39	12,25	37,62	43,43	16,29	limo-arenosa
5	1,94	1,36	0,97	1,93	8,44	26,24	38,94	46,05	13,07	limo-arenosa
6	1,52	3,16	3,42	5,93	15,84	14,82	43,17	43,22	12,09	limo-arenosa
7	1,19	3,00	4,25	8,18	17,07	18,72	51,22	35,35	12,24	limo-arenosa
8	8,19	8,74	8,02	17,29	24,47	7,36	65,88	17,46	8,47	arenosa
9	4,03	4,92	6,37	13,78	23,21	11,21	59,90	24,00	12,07	areno-limosa
10	2,91	4,60	6,54	10,12	15,33	12,57	49,16	46,87	1,06	areno-limosa
11	2,84	4,09	7,59	13,03	12,49	11,81	49,01	32,81	15,34	areno-limosa
12	3,63	8,08	10,05	13,83	15,88	12,30	60,14	22,41	13,82	areno-limosa
13	7,30	9,86	10,40	24,33	25,58	5,77	76,04	8,99	7,67	arenosa
14	0,13	0,24	0,59	25,60	60,95	0,49	87,87	3,32	8,68	arenosa
15	0,09	1,67	2,56	4,09	18,89	34,64	62,85	25,78	11,28	areno-limosa
16	12,60	6,09	4,59	5,73	15,73	19,39	51,48	24,75	11,17	areno-limosa
Máximo	12,60	13,31	13,44	25,61	60,95	34,64	88,54	46,87	16,29	
Mínimo:	0,09	0,23	0,59	1,93	8,44	0,49	37,63	0,26	1,06	
X	4,36	5,91	6,49	13,56	23,69	12,62	62,26	23,68	9,70	
σ	3,53	3,89	3,82	7,96	13,75	9,04	18,07	16,71	4,55	

La distribución de las fracciones texturales de los sedimentos de la laguna de Chacopata se presentó de la siguiente manera: en el área marina de la boca (Est. 1), noroccidente (Est. 2, 3), centro (Est. 8) y suroriente (Est. 13) predominaron los sedimentos arenosos. En una amplia zona del cuerpo lagunar, que se extiende desde el occidente hacia el oriente (Ests. 6, 7, 9-12) los sedimentos fueron arenolimosos, y en el suroccidente (Est. 4) y noroccidente (Est. 5), regiones resguardadas por manglares, limoarenosos (Fig. 2). En el exterior del ecosistema, los sedimentos resultaron arenosos (Est. 14) y arenolimosos (Est. 15, 16). Estas texturas determinan un fondo arenolimoso para la laguna.

La dinámica sedimentaria de la laguna está determinada por varios factores: las corrientes de marea que se hacen sentir, principalmente, en la región noroccidental, evidenciadas por los canales relativamente profundos, superiores a 1,00 m, existentes en la bocana (canal de entrada); la intensidad de los vientos alisios que actúan sobre sedimentos someros (inferiores a 0,50m), provocando fácil resuspensión y transporte de sedimentos superficiales, la intensidad de las escorrentías que transportan sedimentos desde el continente, particularmente por la zona sur; por otro lado, elementos bioperturbadores como las aves limnícolas y flamencos al ca-

minar sobre el fondo y escarbar el sedimento con el pico para alimentarse también resuspenden los sedimentos y alteran la composición física y química de ellos.

Los parámetros de relación e interpretación textural de la dinámica sedimentaria expuestos en la Tabla 2 se consideran a continuación:

MEDIANA (MD)

Los valores del diámetro medio de las partículas permitieron ordenar de manera decreciente las energías cinéticas medias (ecm), de origen marino, en el ambiente lagunar como sigue: Est. 2 > Ests. 1, 13 > Est. 3 > Est. 8 > Est. 9 > Est. 11 > Est. 10, 12 > Est. 5 > Est. 4, lo cual indica que la corriente se desplaza desde el área marina hacia el canal de entrada, donde se acelera dada la estrechez del canal, que actúa como pico de manguera; luego la corriente disminuye, paulatinamente, su intensidad a medida que se dirige al centro y al este debido a la disminución de la profundidad y a la presencia de bancos de fanerógamas (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*) y macroalgas, influenciando hacia el nororiente. En esta región, FUENTES *et al.* (1997) señalan que la materia orgánica fue alta (25,00%), debido a la presencia de hojas de mangle y algas

Estudio sedimentológico de la Laguna de Chacopata

TABLA 2. Parámetros de relación e interpretación textural de los sedimentos de la laguna de Chacopata.

Est.	Q5	Q16	Q25	Q50	Q75	Q84	Q95	Md	Mz	O1	Skq	Kg	Grado Clasificación	Asimetría u osc. ecm.	Kurtosis o Agudeza
1	-1,20	-0,14	0,52	1,73	2,47	2,69	5,00	1,73	1,43	1,65	-0,13	1,30	Mal clasificado	ATG (altas)	Leptokúrtica (aguda)
2	-1,54	-0,49	0,15	1,25	2,12	2,47	2,94	1,25	1,08	1,42	-0,21	0,93	Mal clasificado	ATG (altas)	Mesokúrtica (normal)
3	-1,00	0,09	0,74	1,84	2,69	3,25	5,00	1,84	1,73	1,70	-0,03	1,26	Mal clasificado	CS (nulas)	Leptokúrtica (aguda)
4	-0,38	1,56	2,69	4,32	6,50	8,00	9,38	4,61	4,63	3,09	0,09	1,05	Muy mal clasificado	CS (nulas)	Mesokúrtica (normal)
5	-1,00	3,06	3,54	4,32	6,50	7,59	9,28	4,16	4,99	2,39	0,32	1,15	Muy mal clasificado	MATF (m. bajas)	Leptokúrtica (aguda)
6	-0,00	1,89	2,64	4,27	5,44	6,26	8,33	4,27	4,14	2,35	-0,06	1,22	Muy mal clasificado	CS (nulas)	Leptokúrtica (aguda)
7	-0,00	1,60	2,47	3,88	5,38	6,32	8,80	3,88	3,93	2,51	0,08	1,24	Muy mal clasificado	CS (nulas)	Leptokúrtica (aguda)
8	-1,68	-0,14	0,76	2,00	4,32	6,32	8,80	2,00	2,73	3,20	0,32	1,21	Muy mal clasificado	MATF (m. bajas)	Leptokúrtica (aguda)
9	-0,68	0,94	1,51	2,60	5,00	6,50	7,70	2,60	3,35	2,66	0,31	0,98	Muy mal clasificado	MATF (m. bajas)	Mesokúrtica (normal)
10	-0,38	1,00	1,79	3,84	4,76	5,00	9,20	3,84	3,28	2,54	-0,15	1,32	Muy mal clasificado	ATG (altas)	Leptokúrtica (aguda)
11	-0,77	0,40	1,06	2,94	5,96	7,16	5,80	2,94	3,50	2,69	0,06	0,55	Muy mal clasificado	CS (nulas)	Muy platikúrtica (plana)
12	-0,38	0,89	1,64	3,84	5,00	6,28	8,59	3,84	3,67	2,71	-0,02	1,09	Muy mal clasificado	CS (nulas)	Mesokúrtica (normal)
13	-1,37	-0,14	0,64	1,73	2,84	4,06	8,38	1,73	1,88	2,53	0,24	1,82	Muy mal clasificado	ATF (bajas)	Muy leptokúrtica (muy aguda)
14	-1,12	1,56	1,73	2,06	2,56	2,88	9,82	2,06	2,17	1,65	0,51	4,30	Mal clasificado	MATF (m. bajas)	Extrem leptokúrtica (extrem. aguda)
15	-0,94	2,32	2,84	3,72	4,76	5,44	9,00	3,72	3,83	2,00	0,21	1,72	Mal clasificado	ATF (bajas)	Muy leptokúrtica (muy aguda)
16	-2,32	-0,38	1,06	3,25	4,26	5,00	9,58	3,25	2,62	3,13	-0,14	1,51	Muy mal clasificado	ATG (altas)	Muy leptokúrtica (muy aguda)

Q: cuartil	Md: mediana	Mz: media aritmética	O1: Desviación gráfica inclusiva	Skq: simetría cuarticular	Kg: angulosidad gráfica
O1: Grado de clasificación		Skq: Asimetría/occlusiones de ecm		Kg: Kurtosis o agudeza	
<0,35 muy bien clasificado		MATF: 0,30 a 1,00 muy asimétrico hacia el tamaño fino/hacia los valores muy bajos		<0,67 muy platikúrtica	
0,35 a 0,50 bien clasificado		ATF: 0,10 a 0,30 asimétrico hacia el tamaño fino/hacia valores bajos		0,67 a 0,90 platikúrtica o plana	
0,50 a 0,71 moderadamente clasificado		CS: -0,10 a 1,10 casi simétrico/valores nulos		0,90 a 1,11 mesokúrtica o normal	
0,71 a 2,00 mal clasificado		ATG: -0,30 a -0,10 asimétrico hacia el tamaño grueso/hacia valores altos		1,11 a 1,50 leptokúrtica o aguda	
2,00 a 4,00 muy mal clasificado		MATG: 1,00 a -0,30 muy asimétrico hacia el tamaño grueso/hacia valores muy altos		1,50 a 3,00 muy leptokúrtica	
				3,00 a 8,00 extremadamente leptokúrtica	

filamentosas (*Cladophora* sp., *Chaetomorpha* sp.). Estas algas se desarrollan, profusamente, en la porción oriental de la laguna, y por efecto de los vientos alisios son desprendidas del sedimento y acumuladas en las costas cercanas (LINERO, 1994).

Desde el canal de entrada hacia el occidente, la distribución de las fracciones granulométricas, evidencian una desviación de la corriente, retardada por la presencia de manglares que protegen la costa y bancos de *Thalassia testudinum*. La geomorfología de la laguna, la presencia de manglares y flora de fondo favorecen la calma en las Ests. 4 y 5, mientras que en las Ests. 11 y 12 se debe a que ambas estaciones están protegidas, parcialmente de los vientos alisios, por el tómbolo o franja terrestre que separa la laguna de Playa Brava (Mar Caribe), por el oriente. Cabe resaltar que la Est. 5 está ubicada cerca de un bosque de mangle, hacia el norte, y la pradera más extensa de *Thalassia* (Ests. 7, 8), hacia el sur (LINERO, 1994), lo cual no solo explicaría la disminución de la energía cinética, sino también el alto contenido (13,83%) de materia orgánica (FUENTES *et al.*, 1997).

El comportamiento de Md en la Est. 13 muestra una energía cinética media alta, similar al de la boca, sin embargo, al analizar detalladamente los valores de la Tabla 1 se observaron condiciones de sedimentación heterogéneas, arenas finas y muy finas arrastradas por el viento desde Playa Brava, arenas medias y finas por escorrentías, esporádicas y fuertes, que lavan las planicies adyacentes y sedimentos biogénicos, exoesqueletos

de moluscos pequeños (*Gemma gemma*), defecados por la población del flamenco rosado (*Phoenicopterus ruber*), la cual se congrega, principalmente, en esta porción protegida de la laguna, contribuyendo a la fracción grava y arena muy gruesa, más ligeras que la fracción litoclástica correspondiente, comprobado por la abundancia del aragonito (Tabla 3), presente en estos sedimentos. Estas condiciones provocan que la mediana se desplace hacia el tamaño grueso e indican una situación de energía cinética media alta engañosa. Por otra parte, por ser la laguna bastante somera en esa zona, la columna de agua es perturbada por el viento, flamencos y aves limnícolas provocando que el material fino sea removido y puesto en suspensión, disminuyendo el porcentaje limos y arcillas.

Las Ests. 8 y 9 presentan una situación similar de elevada fracción gruesa, explicada por los aportes sedimentarios transportados por aguas de escorrentías y pequeñas quebradas temporales que se forman en la zona sur-central. A este respecto, LINERO (1994) señala que la configuración de la costa sur de la laguna, en forma de arco, se debe al material terrígeno que llevan las quebradas a la laguna. Por otro lado, en la Est. 9 pueden encontrarse abundante conchas de *Gemma gemma*, aportadas por aves limnícolas.

DESVIACIÓN GRÁFICA INCLUSIVA (O₁)

Según la Tabla 2, las O₁ calculadas están comprendidas entre 1,42φ (Est. 2) y 3,20φ (Est. 8), lo cual indica que no existe uniformidad en los tamaños de grano de los distintos

depósitos detríticos de la laguna. Estos depósitos presentaron las cuatro fracciones estudiadas: grava, arena, limo, arcilla. De acuerdo a este parámetro, el 15,40% de los sedimentos del cuerpo lagunar resultaron mal clasificados y el 84,60% muy mal clasificados.

ASIMETRÍA CUARTICULAR Φ (SKq Φ)

La SKq Φ marca la posición de la media (Mz) respecto a la mediana (Md). Este desplazamiento relaciona la textura granulométrica con las variaciones de la energía cinética media (ecm), como sigue: si la SKq Φ es negativa, la media se desplaza hacia tamaños gruesos y la variación de la ecm tiende a valores más altos que lo normal; en cambio, si es positiva, la media se desplaza hacia tamaños más finos, indicando que la ecm oscila hacia valores más bajos que lo normal (MARTÍNEZ, 1986).

En la laguna de Chacopata, la asimetría hacia el tamaño grueso (ATG) y las oscilaciones de ecm altas se encontraron en la boca (Est. 1), canal de entrada (Est. 2), nororiente (Est. 10), sur externo (Est. 16). Los sedimentos casi simétricos (CS) se ubicaron en el occidente (Est. 3), ligeramente al centro-sur (Est. 6), centro (Est. 7), nororiente (Est. 11, 12) donde las oscilaciones de ecm fueron nulas (Tabla 2). Los desplazamientos de la media hacia el tamaño fino (ATF) y variaciones de ecm bajas se presentaron en el suroriente interno (Est. 13), y en el suroriente continental (Est. 15) y las mayores asimetrías hacia el tamaño de grano fino (MATF) y oscilaciones más bajas de ecm se evidenciaron en la región noroccidental (Est. 5), centro (Est. 8), suroriente (Est. 9) y el oriente externo (Est. 14). Este conjunto de asimetrías y oscilaciones de ecm destacan claramente como la energía aumenta desde la boca al canal de entrada, paso obligado de las corrientes entrantes y salientes, donde ocurre la sedimentación del material grueso (grava y arena) y el arrastre del fino, salvo en aquellos casos donde, por cambios de dirección, se deposita muy poca cantidad. Esta variación de ecm genera una mala clasificación en las zonas anteriormente dichas. En el occidente, cerca del canal de entrada, se presentaron pocas o nulas variaciones de ecm, probablemente debido a que está geomorfológicamente protegida y bordeada de abundantes manglares, actuando la depresión de aproximadamente 2,00 m como trampa de sedimentos, con la consiguiente deposición de material más fino que en las Ests. 1 y 2 (LLANO, 1986), comprobado por la sumatoria de las fracciones arena fina, arena muy fina, limo y arcilla, mayor que 50%.

Las oscilaciones de ecm nulas y muy bajas, durante un tiem-

po superior al normal, en las Ests. 4 y 5, así como sus sedimentos limoarenosos, señalan que son los ambientes más plácidos de la laguna. En estas zonas de aguas tranquilas, abundantes manglares, fanerógamas y macroalgas se favorece la retención de sedimentos, particularmente los de grano más fino.

Una amplia zona de la laguna constituida por sedimentos arenolimosos (Ests. 6, 7, 9, 11, 12) presentó variaciones de ecm desde nulas a bajas, durante un tiempo superior al normal, indicando la existencia de corrientes débiles, propias de aguas tranquilas, muy suave oleaje, gobernadas por los vientos alisios que soplan con intensidad variable durante todo el año. La muy mala clasificación de los sedimentos indica su origen heterogéneo: aportes continentales arrastrados por vientos, particularmente arenas finas y muy finas, aportes continentales arrastrados por escorrentías y aportes biogénicos autóctonos: carbonatos de calcio de esqueletos planctónicos y restos calcáreos de organismos bentónicos, que no han sido redistribuidos debido a las energías bajas de las corrientes en el cuerpo de agua.

La región central (Est. 8) y la suroriental (Est. 13), también son ambientes quietos, particularmente la Est. 13, por su morfología. La asimetría de la Mz hacia el tamaño de grano fino tiene su explicación en el alto porcentaje de arenas finas y muy finas arrastradas por el viento desde el continente y por escorrentías esporádicas y violentas, corroborado por la comparación de la composición arenosa de las Est. 8 con la de la Est. 16, y Est. 13 con la de las Ests. 14 y 15.

A pesar de presentarse variaciones de ecm más altas y ATG en la Est. 10, hay retención de limos por la vegetación típica de manglares, fanerógamas y macroalgas. LINERO (1994) señala que en dicha estación se presenta el final de un canal mareal que se extiende desde la entrada de la laguna y se desplaza por el norte.

La composición granulométrica, clasificación, asimetría y variaciones de ecm de los sedimentos de las estaciones 15 y 16 comprueban su contribución al interior del humedal, siendo el transporte desde la región central-sur más intenso, debido a escorrentías y quebradas.

En general, el importante porcentaje de arenas finas indica la carencia de corrientes fuertes que evitan la remoción de la población gruesa o su transporte por saltación, relacionándose la población fina suspendida con la cantidad de material en suspensión y con la arrastrada por efecto del viento a la interfase acuosa del sedimento (VISHER, 1969).

Estudio sedimentológico de la Laguna de Chacopata

TABLA 3. Composición mineralógica de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata

Est: Estación Caolin + Clor: Caolinita + Clorita Feld. Pl: Feldespato plagioclásico Feld. K: Feldespato potásico

Est.	Aragonito	Calcita	Cuarzo	Arcillas				Feld. Pl	Feld. K	Yeso	Halita
				Caolin+Clor	Caolinita	Illita	Esmectita				
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	39	17	35	1.96		3.36	1.68	7	1		1
2	50	17	25	1.20		1.32	3.48	6			Trazas
3	46	14	33	1.54		1.96	3.50	7			Trazas
4	49	6	20	2.40		4.92	4.68	12		5	6
5	28	30	29	2.43		1.89	4.68	9	2	2	
6	49	7	30	1.82		2.52	2.66	7	1	1	5
7	55	6	27	1.96		2.66	2.38	7			5
8	62	5	24	1.60		1.40	2.00	5			4
9	63	6	17	3.19		2.42	5.39	11	3		
10	48	8	18	4.80		7.80	7.40	20	1		5
11	57	8	21	2.86		4.42	5.72	13	1		
12	57	8	23	1.89		2.52	2.59	7	1		4
13	76	3	10	2.10		1.75	3.15	7			4
14	43	28	23		3.30	1.70		5			1
15			94		2.76	3.24		6			
16			69		4.00	21		25	6		
X	52	12	31	2.29	3.35	4.06	3.79	10	2		
σ	12	9	21	0.93	0.62	4.81	1.68	6	2		

ANGULOSIDAD GRÁFICA O KURTOSIS (Kg)

Tomando como base las trece muestras analizadas en el interior de la laguna, se encontró un 61,53% de sedimentos leptokúrticos (53,80% de distribución aguda y 7,73%, muy aguda), 30,77% de sedimentos mesokúrticos o normales y 7,70% muy platikúrticos. En el exterior, los sedimentos resultaron muy leptokúrticos (Ests. 15, 16) y extremadamente leptokúrtico (Est. 14).

El comportamiento leptokúrtico de las Ests 1, 3 y 8, probablemente, se debe a que son principalmente arenas gruesas, medias y finas, indicando que existe un transporte por rodamiento, saltos y muy poca suspensión, característicos de ambientes de playa, aunque las Ests. 3 y 8 presentaron un ligero aumento del transporte por suspensión y una reducción del transporte por rodamiento. Por otro lado, en las Ests. 6, 7 y 10, el comportamiento leptokúrtico, es debido al predominio de arenas finas, arenas muy finas y limos, y en las Ests. 5 y 12 al de arenas finas, muy finas, limos y arcillas que señalan transporte por suspensión (usualmente los granos mayores de 3,00φ, VISHNER, 1969).

La abundancia de arenas finas, muy finas y limos, y la ausencia, prácticamente, de gravas, explicó el comportamiento

muy leptokúrtico de los sedimentos de las Ests. 15 y 16, sin embargo, en la Est. 13, se explicó por los porcentajes comparables de arena muy gruesa y gruesa, arenas medias y arenas finas y bajos contenidos de limos y arcillas, notándose similitud entre los contenidos de arcilla y grava, provocando una distribución aguda, similar a las de las Ests. 1 y 2.

El comportamiento extremadamente leptokúrtico de los sedimentos de la Est. 14 es debida a la riqueza de la fracción arena fina y a la escasez de grava. En general, una distribución aguda o muy aguda se presenta en sedimentos donde abundan una o dos fracciones texturales de tamaño próximo, en detrimento de un porcentaje menor o ausencia de otra fracción (LLANO, 1986).

Los sedimentos muy platikúrticos de la Est. 11 se deben a los porcentajes crecientes de las distintas fracciones texturales presentes: grava, AMG, AG, AM, AF, AMF y limos, indicando un aporte sedimentario eólico y auctóctono.

La kurtosis de los sedimentos de muy mala clasificación se corresponde con materiales acumulados en áreas de corrientes débiles propias de aguas tranquilas gobernadas por los vientos y con aportes de diferentes fuentes de suministro: terrígenos

transportados por vientos y escorrentías, en suspensión llevados por el viento y biogénicos (CARABALLO, 1982; LLANO, 1986; RAMÍREZ, 1997), comprobados por la composición mineralógica de estos sedimentos, en la cual la fracción arena está constituida, en promedio, 31% de cuarzo, 52% aragonito y 12% calcita (Tabla 3), caracterizando los sedimentos como arenas predominantemente biocalcáreas.

MINERALOGIA

ARAGONITO Y CALCITA

Los sedimentos marinos son un reservorio de iones calcio y carbonato, sobre todo en los sedimentos costeros de los trópicos y subtropicales, donde las temperaturas cálidas favorecen su deposición, biogénica e inorgánica. La disolución y precipitación de minerales autogénicos, como los carbonatos, controlan la concentración del calcio en el agua de mar y en los sedimentos (SADIQ, 1992).

El contenido de aragonito y calcita, polimorfismos de CaCO_3 , es abundante en los sedimentos del interior del humedal de Chacopata, predominando el aragonito con valores comprendidos entre 28% (Est. 5) y 76% (Est. 13), valor promedio de 52% y desviación estándar de 12% (Tabla 3). La distribución horizontal de este mineral (Fig. 3a) mostró un aumento desde la boca, noroccidente al suroccidente y centro hasta alcanzar un valor de 50%, comparable con el de la Est. 10 (48%). A partir de la isólinea de 50%, en el centro del humedal, el contenido de aragonito se incrementó aún más, observándose las concentraciones más elevadas en la región oriental, particularmente, hacia el suroriente, donde se ubica el valor más alto de aragonito. Los porcentajes más bajos se ubican en la Est. 5 y en el ambiente marino. En el exterior del humedal, no presentó evidencias de deposición de aragonito, a excepción de la Est. 14, debido probablemente a la presencia de excretas de flamencos y aves limnícolas, aportes de la misma laguna por reboso, durante las mareas vivas, o por influencia de sedimentos marinos en el período de formación del istmo.

Los elevados porcentajes de aragonito, en el interior, tienen su explicación en la abundancia de material calcáreo esquelético, que se encuentra en los sedimentos como foraminíferos bentónicos, tubos de anélidos, moluscos y crustáceos. LINERO (1994) reporta una gran abundancia de *Gemma gemma*, especialmente en la parte oriental del ecosistema. Los pterópodos y esqueletos de zooplankton, en sedimentos someros como los de la laguna de Chacopata, pueden favorecer la formación de aragonito (WRIGHT, 1984).

La calcita, de contenido inferior que el aragonito, presentó un comportamiento inverso al de éste en su distribución espacial, observándose en la Fig. 3b valores superiores a 7%, en la boca, región suroccidental y noroccidental, comprendidos entre 14% (Est. 3) y 30% (Est. 5). En el resto del ecosistema, las concentraciones de calcita fueron inferiores a 7%; comprendidas entre 3% (Est. 13), donde el aragonito es máximo, hasta 8% (Ests. 10, 11, 12). No existe evidencia de calcita en las estaciones externas, a excepción de la Est. 14 (Tabla 3). Esto puede explicarse debido a que, probablemente, al formarse la franja terrestre que separa a la laguna de Playa Brava (Mar Caribe), se produjo un transporte de sedimentos desde aguas abajo por deriva continental en tiempos pasados o por una sedimentación posterior a máximos rebosos. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por RAMÍREZ (1997), quien señala que los valores de CaCO_3 , para los alrededores de los Islotes Caribes y Los Lobos, están comprendidos entre 22,23% y 71,43%.

La calcita, de formación biogénica, es producida por microorganismos como esqueletos de fitoplancton (coccolitofóridos) y zooplankton (foraminíferos). Las más altas concentraciones, se presentaron en las zonas aledañas al mar abierto donde las corrientes favorecen el transporte sedimentario, por lo tanto, parece ser que la calcita, presente en la laguna, proviene de un aporte marino (plataforma continental), aunado al aporte autóctono de foraminíferos planctónicos, puesto que las condiciones ecológicas favorecen la proliferación de plancton. La distribución de la calcita, también depende de la infauna, en las zonas donde las corrientes son débiles y el grano sedimentario fino; y de la epifauna, donde las corrientes son débiles y el grano más grueso (WRIGHT, 1984). El bentos no solamente contribuye al aporte de carbonato esquelético de los sedimentos; sino que también los retrabaja formando pelotas fecales de carbonato (D' CROZ *et al.*, 1998).

La formación de carbonatos está favorecida por la sobresaturación, dependiendo del producto de solubilidad, alta temperatura y baja presión, en este ambiente somero. En aguas sobresaturadas de CaCO_3 , los organismos formadores de esqueletos calcáreos generarán el material de más fácil precipitación de estos dos polimorfismos, aunque los pterópodos favorecen la formación de aragonito (WRIGHT, 1984, D' CROZ *et al.*, 1998).

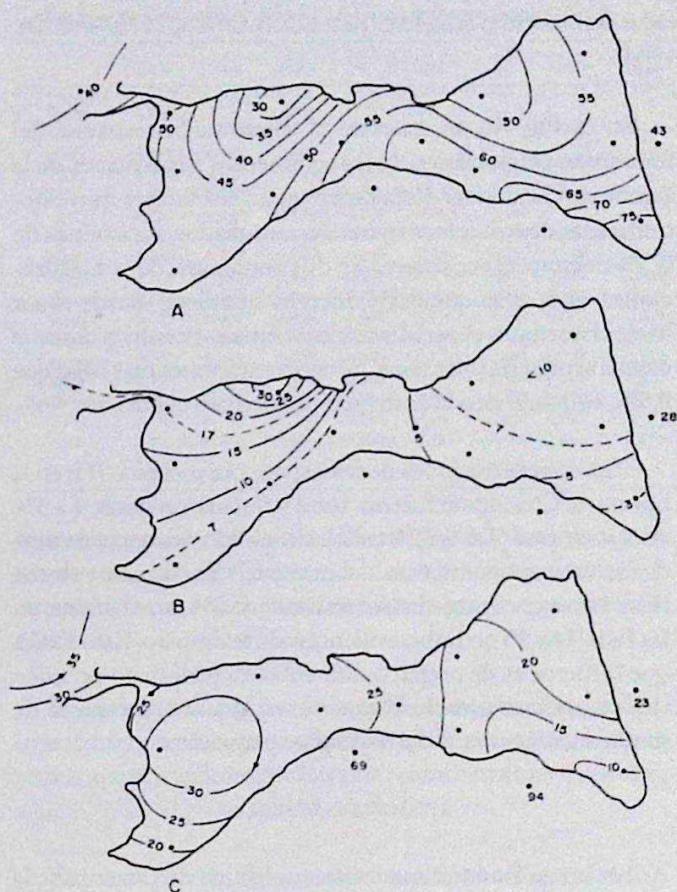


Fig. 3. Distribución horizontal del aragonito (a), calcita (b), cuarzo (c), en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, en porcentaje (%).

CUARZO

El cuarzo (SiO_2), mineral más común de las rocas ígneas y metamórficas, químicamente estable en la superficie terrestre, se encontró distribuido en los sedimentos de la laguna de Chacopata (Fig. 3c) en una forma diferente a la de aragonito y calcita. En el exterior, el cuarzo presentó su mayor contenido, comprendido entre 23% (Est. 14) y 94% (Est. 15). En el medio marino, área de la boca, se encontró una concentración de 35% (Tabla 3), valores similares se ubicaron desde la región noroccidental hacia el sur y centro del ecosistema, zonas donde las corrientes de marea son relativamente fuertes, lo que indica que el aporte es fundamentalmente marino, comprobado por el 65,80% de arena reportado por RAMÍREZ (1997) para los alrededores de los islotes Caribe y Los Lobos. A partir del centro del ecosistema, hacia las partes más internas y en la

región suroccidental, donde las corrientes son débiles, las concentraciones de cuarzo son menores, por lo que se puede decir que el aporte es predominantemente siliclástico terrígeno, arrastrados por el viento y escorrentías continentales, que se forman durante la época lluviosa, especialmente en la zona sur que es la menos protegida por los manglares. La justificación de la presencia de cuarzo, segundo en abundancia en los sedimentos internos de la laguna y primero en los externos, reposa en la existencia de rocas sedimentarias que afloran a todo lo largo y extenso de los extremos occidental y oriental de la Península de Araya (CARABALLO, 1982).

ARCILLAS

Las arcillas, ricas en sílice y aluminio, son sedimentos clásticos finos ($< 4\text{mm}$) producidos por meteorización (BONILLA & GONZÁLEZ, 1992). La distribución espacial de las arcillas (Fig. 4a), en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, es diferente a la de los minerales aragonito, calcita y cuarzo. El contenido de las arcillas totales en el ecosistema estuvo comprendida entre 5% (Ests. 8, 14) a 25% (Est. 16), promedio de 10% y desviación estándar de 6% (Tabla 3). La isolínea de 7% separa el ecosistema en dos regiones; una de valores inferiores que se desplaza desde la boca hacia el suroccidente, centro, norte y suroriente del ecosistema; y otra de concentraciones superiores al suroccidente, norte y centro dirigiéndose hacia el nororiente.

En general, las arcillas presentes en los sedimentos de la laguna de Chacopata están constituidas por esmectita (montmorillonita), illita o mica y caolinita + clorita. Son provenientes de fragmentos detríticos del continente, a excepción de la esmectita, que se forma por meteorización de las rocas básicas del piso lagunar. La esmectita, ausente en las estaciones continentales, es un producto autogénico de reacciones químicas del basalto desvitrificado e hidratado (WRIGTH, 1984). Tanto la illita como la esmectita son arcillas expansibles, altamente impermeables que retienen agua y materia orgánica, esto explica su distribución espacial similar a la del C-org y el contenido hídrico, en las zonas más internas de la laguna (FUENTES *et al.*, 1997), dado que es allí donde se presentan las concentraciones más elevadas de esmectita e illita. Además, son las zonas donde la sedimentación está favorecida por las condiciones de calma.

La caolinita, arcilla no expansible presente en todas las estaciones analizadas de los sedimentos de la laguna de Chacopata, proviene del continente. Dicho origen está confirmado por su

predominancia en las Est. 14, Est. 15 y Est. 16. La caolinita se forma por rompimiento del aluminosilicato terrestre, feldespato (BONILLA & GONZÁLEZ, 1992), especialmente bajo las condiciones de alta temperatura imperante en la zona, características de regiones ecuatoriales.

Las cloritas se forman por meteorización física de rocas ígneas o metamórficas, reacciones de rompimiento químico, o neotransformaciones de esmectitas, mediante la inserción de una capa de magnesio, aluminio y grupos oxhidrilosos (BONILLA & GONZÁLEZ, 1992).

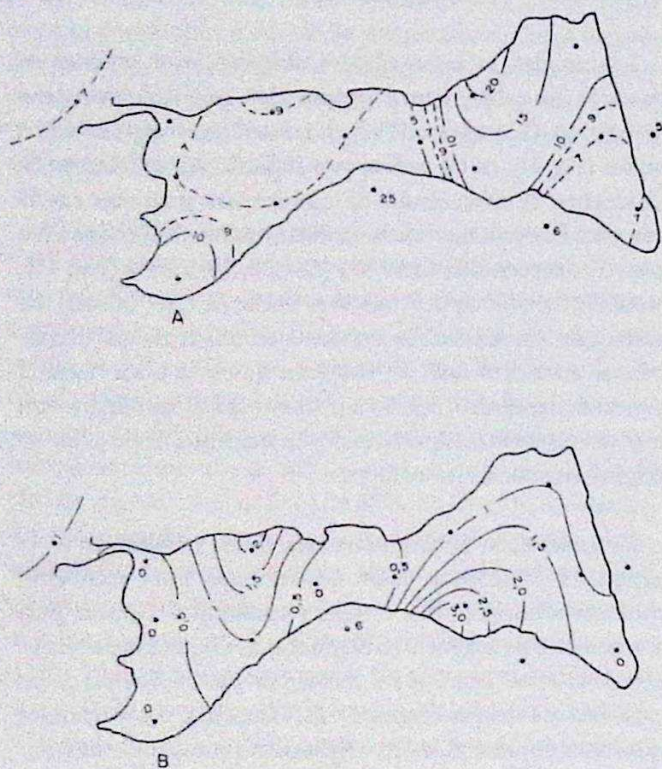


Fig. 4. Distribución horizontal de arcillas (a) y feldespatos (b), en porcentaje de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, en porcentaje (%).

FELDESPATO

Los feldespatos son silicatos abundantes en la litosfera y se encuentran en casi todas las rocas cristalinas o sedimentarias. La mayoría de ellos originados a altas temperaturas (detriticos), así como sobrevivientes de la meteorización y diagénesis. Sin embargo, los feldespatos autogénicos, como los feldespatos plagioclásico y potásico, pueden formarse a bajas temperaturas

y presiones en la superficie terrestre o a profundidades moderadas de la corteza terrestre (REINECK & SINGH, 1975; WRIGTH, 1984).

En la Fig. 4b se muestra la distribución espacial del feldespato plagioclásico de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata. Esta distribución se muestra muy diferente a las de los demás minerales estudiados. La isolínea de 0,5% delimita el ecosistema en dos zonas: una de concentraciones más altas que 0,5%, incrementándose desde el sur hacia el norte, en el occidente y en forma concéntrica desde el centro al oriente. Otra zona, de concentraciones más bajas que 0,5%, se ubica hacia la costa más occidental y centro.

Las concentraciones de feldespato plagioclásico (Pl) en la laguna de Chacopata fueron bajas y fluctuaron desde 1 a 3% de la roca total (Tabla 3), localizándose exclusivamente en siete de las estaciones internas del humedal. En la zona externa (Est. 16) se encontró el valor máximo de 6%, no obstante, en las Ests. 14 y 15 no hubo evidencias de feldespato. Esto indica que la fuente es de origen continental. El feldespato potásico (K) se evidencia, exclusivamente, en la Est 4, producto de modificaciones *in situ* del feldespato plagioclásico.

EVAPORITAS MARINAS

En la región donde se localiza la laguna de Chacopata, la evaporación es muy alta comparada con la precipitación (CARABALLO, 1982; RAMÍREZ, 1997). Este hecho, aunado al reflujo de la salmuera, a través del material poroso y permeable de los sedimentos, favorece la precipitación de yeso (CaSO_4) y halita (NaCl). Los depósitos de yeso se evidencian solamente en la región suroccidental (Est. 4), noroccidental (Est. 5) y surcentral (Est. 6), mientras que la halita es más abundante, encontrándose concentraciones desde trazas hasta 6%. En el exterior, hacia el sur, no hubo evidencia de halita. La ausencia de yeso, en algunas estaciones, puede deberse a la actividad microbiana que disminuye los iones SO_4^{2-} , particularmente en la fase inicial de evaporación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Las correlaciones positivas de limo con arena fina, esmectita, illita, caolinita y clorita, agua y C-org; y negativas entre este mismo parámetro, grava y arena, indican una

Estudio sedimentológico de la Laguna de Chacopata

TABLA 4. Matriz de correlación de Pearson. AMG: arena muy gruesa AG: arena gruesa AM: arena media AF: arena fina AMF: arena muy fina Caolin+Clor: Caolinita + Clorita C-org: carbono orgánico.

	Grava	Arena	AMG	AG	AM	AF	AMF	Limo	Arcilla	Argonito	Calcita	Cuarzo	Esmectita	Illita	Caolin+Clor	C-org	Agua
Grava	1,000																
Arena	0,828	1,000															
AMG	0,898	0,946	1,000														
AG	0,825	0,847	0,928	1,000													
AM	0,882	0,942	0,941	0,912	1,000												
AF	0,760	0,949	0,887	0,739	0,845	1,000											
AMF	-0,823	-0,777	-0,870	-0,864	-0,863	-0,790	1,000										
Llano	-0,845	-0,976	-0,940	-0,846	-0,944	-0,910	0,778	1,000									
Arcilla	-0,599	-0,682	-0,467	-0,576	-0,609	-0,692	0,556	0,518	1,000								
Argonito	-0,327	0,168	0,223	0,294	0,432	0,049	-0,404	-0,249	0,084	1,000							
Calcita	-0,003	0,093	0,014	-0,052	-0,136	0,109	0,292	-0,050	-0,166	-0,836	1,000						
Cuarzo	-0,099	0,199	0,087	-0,074	-0,094	0,320	0,127	-0,159	-0,120	-0,113	-0,736	1,000					
Esmectita	-0,347	-0,443	-0,439	-0,189	-0,331	-0,469	0,227	0,516	0,913	-0,090	0,024	-0,462	1,000				
Illita	-0,439	-0,424	-0,364	-0,194	-0,353	-0,354	0,101	0,537	0,919	-0,159	-0,206	-0,234	0,851	1,000			
Caolin+Clor	-0,427	-0,461	-0,484	-0,271	-0,374	-0,427	0,258	0,569	0,948	-0,023	-0,146	-0,453	0,951	0,834	1,000		
C-org	-0,730	-0,792	-0,798	-0,553	-0,641	-0,829	0,595	0,779	0,720	0,148	-0,328	-0,469	0,686	0,574	0,722	1,000	
Agua	-0,420	-0,576	-0,602	-0,537	-0,625	-0,556	0,653	0,628	0,643	-0,084	-0,066	-0,404	0,660	0,505	0,643	0,890	1,000

acumulación favorable del material orgánico en sedimentos de textura fina e impermeables, y un comportamiento antagónico con sedimentos de textura gruesa y permeables (Tabla 4).

La afinidad del Corg con limo, arcilla, esmectita, illita, caolinita más clorita y agua, además de la de arcilla con agua, demuestran la apetencia de las arcillas por retener materia orgánica y agua.

La calcita correlacionó negativamente con el aragonito, señalando origen y ubicación geográfica diferente. La calcita, proveniente del plancton, predominó en las regiones más dinámicas, mientras que el aragonito, en áreas más tranquilas, donde proliferan los organismos bentónicos.

Estudios realizados por SALAZAR *et al.* (1986) en los sedimentos de la laguna de Las Marites registraron una correlación positiva entre materia orgánica acumulada y sedimentos finos limosos y limo-arenosos. SADIQ (1992) registra valores altos de C-org correlacionados con elevados contenidos de partículas finas. Los resultados obtenidos por estos investigadores coinciden con los encontrados en este estudio.

ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

El dendrograma resultante del análisis de conglomerados (Fig 5), que incluyó los parámetros mineralógicos consistió en dos conglomerados principales (I y II) que se subdividen en dos conglomerados secundarios de asociación (1-4), derivándose los conglomerados 1 y 2 del conglomerado principal I, y los conglomerados 3 y 4 del II.

Los conglomerados principales se distinguieron basados en los contenidos de aragonito y cuarzo y probablemente a la influencia mareal, la cual determina, en cierta manera, el comportamiento de sus características mineralógicas. El conglomerado I asoció a las estaciones internas de la laguna (Ests. 4 - 13, exceptuando la 5). Zonas geomorfológicamente protegidas, con altos porcentajes de aragonito y poca calcita. Por el contrario, el conglomerado II asoció la Ests. 1-3, ubicadas cerca de la boca, zona de mayor influencia mareal, y las Ests. 14-16, localizadas en el continente. La asociación de la Est. 5 con las anteriores quizás sea consecuencia de sus altos contenidos de cuarzo y calcita y a su proximidad a la zona más dinámica de la laguna.

Los conglomerados secundarios corresponden a cuatro ambientes de características propias:

Conglomerado 1: ambientes muy plácidos, sedimentos muy mal clasificados, limoarenoso (Est. 4) y areno limosos (Ests. 9 y 10) y altos contenidos de arcilla.

Conglomerado 2: Ambientes de sedimentos arenosos (Ests. 8, 13) y arenolimosos (Ests. 6,7,12), muy mal clasificados, con porcentajes de arcillas, aproximadamente, la mitad de los pertenecientes a los sedimentos que constituyen el conglomerado 1.

Conglomerado 3: sitios que reciben la mayor influencia mareal (Ests. 1-3 y 5), por lo tanto mayor porcentaje de plancton exportado, lo que se traduce en altos contenidos de cuarzo y calcita, sin embargo los valores de aragonito están entre medios a bajos. La inclusión de la Est. 14 en este conglomerado

corroborar la suposición de que el istmo que une al Morro de Chacopata con el continente se formó por sedimentos transportados desde aguas arriba.

Conglomerado 4: constituido por sedimentos de las estaciones continentales (Ests. 15, 16), mal clasificados, con oscilaciones de energía cinética entre bajas y altas dependiendo del viento y escorrentías, ausencia de aragonito y calcita, evidenciándose su origen clástico.

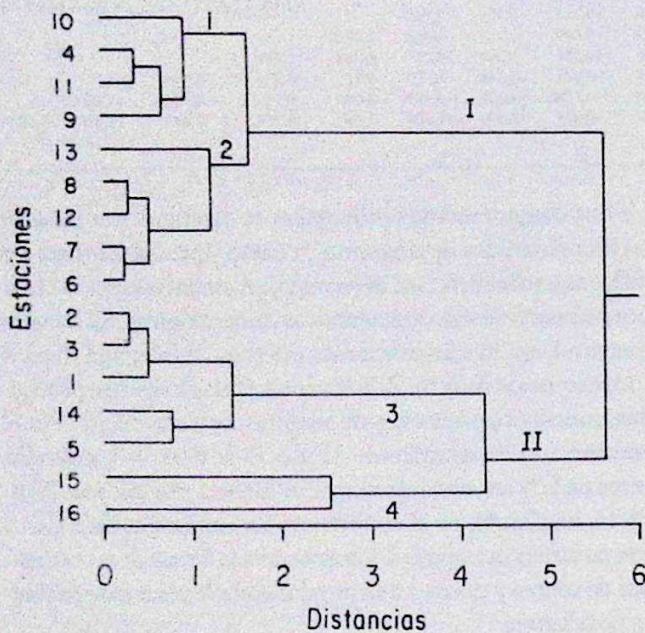


Fig. 5. Dendrograma basado en la mineralogía de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata

CONCLUSIONES

1. La granulometría registrada en el área de estudio presentó un decrecimiento en su textura desde la boca hacia el suroccidente y oriente, coincidiendo con la disminución de la corriente, mostrando una amplia gama de arenas desde gruesas a muy finas, limo y arcillas, predominando la arena muy fina y el limo, que evidencian el transporte de sedimentos por el viento desde el continente.
2. Se evidencia que los sedimentos superficiales son altamente calcareníticos (aragonito, calcita y cuarzo), especialmente en su parte interna, donde la deposición es clástica y bioclástica; mientras que externamente, la deposición es clástica (cuarzo), excepto en el oriente donde se evidencia su origen mixto.

3. Los sedimentos finos e impermeables adsorben abundante materia orgánica, sin embargo, los de textura gruesa, mostraron un comportamiento antagónico. Las características mineralógicas permitieron distinguir dos ambientes sedimentarios principales: uno con alto contenido de aragonito y poca calcita, y otra de situación inversa, evidenciándose la influencia mareal, de escorrentías y vientos.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a la Coordinación General de Postgrado de la Universidad de Oriente por la ayuda económica que permitió la realización de este trabajo, al Prof. JULIO C. SALAZAR, por su asesoría profesional y a los Laboratorios Geológicos Corpoven - Guanta por la asistencia tecnológica en la ejecución de los análisis mineralógicos.

REFERENCIAS

- BIDET, J. C., CARRUESCO, C. & A. KLINGEBIEL. 1982. *L'Approche géologique des environnements Lagunaires*. Edit. Centre International pour la Formation les Echanges Géologiques. Paris. Francia. 195 pp.
- BONILLA, J. & C. GONZÁLEZ. 1992. Algunos aspectos geoquímicos de la laguna de Píritu, Estado Anzoátegui. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 31(1&2): 27-44.
- CARABALLO, L. F. 1982. El Golfo de Cariaco. Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 21(1&2): 37-65.
- D'CROZ, L., JACKSON, J. & M. BEST. 1998. Siliclastic - carbonate transitions along shelf through the Cayos Cochinos Archipiélago, Honduras. *Biol. Trop.* 46(4): 57-66.
- FOLK, R. 1966. A review of grain size parameters. *Sedimentology* 6: 73-93.
- . 1969. *Petrología de las rocas sedimentarias*. Instituto de Geología de la UNAM. México, D. F., 300 pp.
- & WARD. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petr.* 27(1): 13-26.

- FUENTES, M.V., J. BONILLA, & J. FERMÍN. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 36 (1&2): 69-79.
- . 1998. *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grado. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 130 pp.
- HAVACH, S & L. COLLINS. 1997. The distribution of recent benthic foraminifera across habitats of Bocas del Toro, Caribbean Panama. *J. Foram. Res* 27(3): 232-236.
- INMAN, D. 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. *J. Sed. Petrol.* 22(1) 13-26.
- KRUMBEIN, W. C. 1936. Size frequency distribution of sediments. *J. Sed. Petrol.* 4: 65-77.
- . 1964. Some remarks on the phi notation. *J. Sed. Petrol.* 34(1):195-197.
- & F.J. PETTIJOHN. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton, New York, USA, 549 pp.
- LIÑERO, I. 1994. *Variations spatio - temporelles de la structure des pleuplements benthiques dans une lagune côtière tropicale*. Trab. Grado. PhD. Biología Marina. Universidad de Quebec, Canadá, 177 pp.
- LLANO, M. 1987. Dinámica sedimentaria de la laguna de Punta de Piedras I: época de mareas mínimas. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 47 (127-128): 37-35.
- MARTÍNEZ M., J. 1986. *Metodología Granulométrica*. Seguimiento de Playas. Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España, Serie 2 (1). 58pp.
- . 1997. *Geomorfología Ambiental*. Univ. de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. 196 pp.
- RAMÍREZ, P & P. GONZÁLEZ. 1974. Ecología y distribución de los octocoralarios de la Isla de Coche, Venezuela Nor-oriental. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 31 (128-129):33-62
- . 1997. *Islotes Caribe y Los Lobos*. Gobernación del Estado Nueva Esparta, Porlamar, Venezuela, 270 pp.
- REINECK, H. E. & I. B. SINGH. 1975. *Depositional Sedimentary Environments with Reference to Terrigenous Clastics*. Springer Verlag, Berlín, Alemania, 500 pp.
- SADIQ, M. 1992. *Toxic Metal Chemistry in Marine Environments*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, 389 pp.
- SAHU, B. K. 1965. Theory of sieving. *J. Sed. Petrol.* 35(3): 750-753.
- SALAZAR, J. C., J. BONILLA & B. GAMBOA. 1986. Metales pesados y materia orgánica en los sedimentos superficiales de la laguna de Las Marites. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 25 (1&2): 137-154.
- SHEPPARD, F. 1954. Nomenclature based on the sand-silt-clay ratios. *J. Sed. Petrol.* 24(3): 151-158.
- TANNER, W. 1964. Modification of sediments distribution. *J. Sed. Petrol.* 34(1): 156-164.
- VISHER, G. 1969. Grain size distributions and depositional processes. *J. Sed. Petrol.* 39(3):1074-1106.
- WENWORTH, C. 1936. Discussion: the method of moments. *J. Sed. Petrol.* 6(3): 158-159.
- WRIGHT, J. B. 1984. *Oceanography*. First edition. Units 7, 8, 11, 12. The Open University Press. Milton Keynes, England, 100 pp.