

## CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LA RESTINGA, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA.

JUAN VELÁSQUEZ<sup>1</sup>, ARÍSTIDE MÁRQUEZ<sup>2</sup>, IVIS FERMÍN<sup>2</sup>, FABIOLA LÓPEZ<sup>3</sup>, DEUDEDIT HERNÁNDEZ<sup>2</sup> & WILLIAM SENIOR<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>*Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.*

<sup>1</sup>*e-mail: velasquez.juanma@gmail.com.*

<sup>2</sup>*Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.*

<sup>3</sup>*Departamento de Acuicultura, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Boca del Río, Venezuela.*

**RESUMEN:** Esta investigación tuvo como objetivo evaluar algunos parámetros geoquímicos de los sedimentos superficiales de la laguna costera La Restinga, ubicada en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela. Utilizando metodología clásica para estudios geoquímicos, se analizó la composición granulométrica y textura del sedimento, porcentaje de carbono orgánico y materia orgánica total, así como, carbonato de calcio. Adicionalmente, se determinaron las concentraciones de nitrógeno total, fósforo total e hidrocarburos alifáticos. Los resultados mostraron que en la laguna La Restinga predominó la textura sedimentaria arenosa, por encima de la areno-limosa y areno-arcillosa. Los porcentajes de carbono orgánico total, materia orgánica total y carbonato de calcio variaron respectivamente de la siguiente manera: 1,70-25,53%, 2,93-44,01% y 11,10-82,10%. Se determinaron concentraciones de 282,10-1571,80 mg kg<sup>-1</sup> en nitrógeno total, 419,50-2033,70 mg kg<sup>-1</sup> en fósforo total y 5,64-63,18 mg kg<sup>-1</sup> para hidrocarburos alifáticos. La materia orgánica total en la laguna La Restinga se distribuyó en función de las partículas finas del sedimento y la presencia de manglares; a su vez el carbonato de calcio estuvo asociado principalmente a los aportes de organismos con concha calcárea. Los bajos valores de la relación NT/PT (menores a 5), sugieren limitación del nitrógeno en el ecosistema, y un enriquecimiento natural o antrópico de fósforo en el sedimento. Los niveles de los hidrocarburos alifáticos determinados no son considerados como niveles contaminantes de acuerdo a lo establecido por CARIPOL (1980), salvo en el extremo oriental del cuerpo principal de la laguna. De acuerdo a lo planteado en este estudio, se puede inferir que la laguna La Restinga presenta síntomas de degradación, producto de la intervención del hombre en el ecosistema.

Palabras claves: La Restinga, laguna costera, sedimentos, materia orgánica.

**ABSTRACT:** This research aims to evaluate some chemical parameters of surface sediments of La Restinga coastal lagoon, located in Margarita Island, Nueva Esparta State, Venezuela. Using classical methodology for geochemical studies, grain size and texture of sediment percentage of organic carbon and total organic matter, as well as calcium carbonate were analyzed. Additionally, the concentrations of total nitrogen, total phosphorus and aliphatic hydrocarbons were determined. The results showed that in La Restinga lagoon sedimentary sandy texture dominate above sandy-loam and sandy-clay. The percentages of total organic carbon, total organic matter and calcium carbonate respectively varied as follows: 1.70-25.53%, 11.10-82.10% and 2.93-44.01%. Concentrations of 282.10-1571.80 mg kg<sup>-1</sup> in total nitrogen, 419.50-2033.70 mg kg<sup>-1</sup> in total phosphorus and 5.65-63.18 mg kg<sup>-1</sup> for aliphatic hydrocarbons were determined. The total organic matter in the lagoon La Restinga is distributed based on the fine particles of sediment and the presence of mangroves, in turn calcium carbonate, was associated mainly to contributions from organisms with calcareous shell. The low values of the ratio NT/PT (under 5) suggest limitation of nitrogen in the ecosystem, and natural or anthropogenic enrichment of phosphorus in the sediment. The levels found of certain aliphatic hydrocarbons, are not considered as contamination levels as established by CARIPOL (1980), except in the eastern end of the main body of the lagoon. According to the points made in this study, we can infer that La Restinga Lagoon showed symptoms of degradation product of human intervention in the ecosystem.

Key words: La Restinga, coastal lagoon, sediments, organic matter.

### INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas acuáticos, los sedimentos representan el depósito final de muchas sustancias provenientes de la corteza terrestre y de la atmósfera,

las cuales dependiendo de su naturaleza y concentración pueden influenciar el comportamiento de las comunidades biológicas existentes. En general, los sedimentos funcionan como una matriz integradora de todas las aportaciones orgánicas e inorgánicas que suceden (ALAGARSAMY 2006).

Además, los sedimentos pueden constituir una fuente potencial de elementos nutritivos para la biota, ya que los procesos microbianos degradan la materia orgánica que se ha depositado en los sedimentos, enriqueciendo de ese modo, las aguas intersticiales con formas solubles de nitrógeno y fósforo, que luego se transportan a las aguas sobrenadantes por procesos físicos, químicos y biológicos, reintegrando a la columna de agua el fósforo y el nitrógeno necesarios para la producción primaria (VALDÉS & REAL 1997). Por otro lado, el contenido de material biogénico en el sedimento (expresado como materia orgánica o carbono orgánico total) puede ser utilizado como un indicador de la producción media de un lugar, y la acumulación de ésta en el fondo, permite obtener una idea de la biomasa generada en un cuerpo de agua (AHUMADA *et al.* 1996). De forma similar, los carbonatos tienen mucha importancia, porque caracterizan y determinan la actividad biogénica prevaleciente. En ambientes marinos, por otra parte, los hidrocarburos alifáticos constituyen otra fracción importante de los sedimentos superficiales; en general, comprenden mezclas complejas en las que están presentes hidrocarburos tanto autóctonos, por causa biogénica, como alóctonos, de naturaleza petrogénica, que desde la columna de agua llegan al fondo, donde pueden ser alterados o bien unirse con los allí sintetizados mediante procesos bioquímicos bentónicos (BLANCO *et al.* 2006).

Las primeras descripciones de la textura sedimentaria y condiciones geológicas y morfológicas de la laguna La Restinga y su cuenca fueron realizadas por ZARZOZA (1974), seguidamente, MONENTE (1978) en un estudio fisicoquímico de la laguna, hace alusión al tamaño del grano, apariencia y distribución de los sedimentos. Investigaciones que hicieron énfasis en las condiciones sedimentológicas del cuerpo lagunar, relacionando la distribución de la textura, materia orgánica y carbonatos con la velocidad de las corrientes de fondo, fueron realizadas en sedimentos recolectados en febrero de 1994 (SALAZAR *et al.* 2003). Otros estudios sobre la distribución espacial del carbono, nitrógeno y azufre en la fracción limo-arcilla de los sedimentos colectados en abril y septiembre de 2008, en varias zonas de la Isla de Margarita, entre ellas la laguna La Restinga fueron efectuados por VELÁSQUEZ (2013). Investigaciones más recientes determinaron en sedimentos de diciembre de 2010 que en la granulometría de La Restinga, continuaba la predominancia de las arenas y limos; estando la

materia orgánica y los carbonatos asociados al tamaño del grano (MENDOZA 2012).

El objetivo de esta investigación fue actualizar los estudios geoquímicos para verificar las condiciones ambientales de los sedimentos de la laguna La Restinga. Esto proporcionará datos actuales sobre la calidad de sus sedimentos, que posteriormente permitirán establecer políticas adecuadas para la preservación de tan valioso ecosistema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La laguna La Restinga se encuentra localizada en el sureste del Mar Caribe entre 10° 58' 15" y 11° 05' 22" de latitud norte, y entre 64° 01' 32" y 64° 17' 09" de longitud oeste (SALAZAR *et al.* 2003). Fue declarada en 1974 como Parque Nacional según Decreto N° 1591 (REPÚBLICA DE VENEZUELA 1974); presenta gran diversidad de flora, fauna y elementos paisajísticos. Es una laguna costera ubicada en el istmo que conecta a la península de Macanao con el sector oriental de la Isla de Margarita (Fig. 1), con un área de aproximadamente 30 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 5,6 m en el canal de entrada, la cual va disminuyendo a medida que se penetra en ella (GÓMEZ 1991). Posee forma triangular y una configuración bastante compleja, ya que tiene sublagunas, caños, canales y formaciones de mangle intercomunicadas entre sí. Está separada del mar, por el norte, mediante una barra arenosa o restinga de 23,5 km de longitud y una anchura superior a 50 m. La comunicación entre la laguna y el mar se efectúa mediante un canal de 800 m de longitud y entre 200 y 300 m de anchura, situada al sur, en las cercanías del pueblo de Boca de Río, y a través de filtraciones de la barra arenosa. Cuenta con un clima árido cálido, por lo que su vegetación es xerófila. No tiene aportes regulares de agua dulce, recibiendo esporádicamente el agua de las quebradas que en ella desembocan y que permanecen secas la mayor parte del año (RAMÍREZ 1996).

### Recolección y almacenamiento de los sedimentos

Utilizando una draga modelo Eckman de 0,02 m<sup>2</sup> de área, se recolectaron muestras de sedimentos superficiales en 13 estaciones localizadas en el cuerpo principal de la laguna La Restinga, incluyéndose el canal de entrada (Fig. 1), en diciembre de 2010. Las estaciones de muestreo fueron geo-referenciadas con un sistema de posicionamiento global (GPS, Marca Garmin). Las muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno

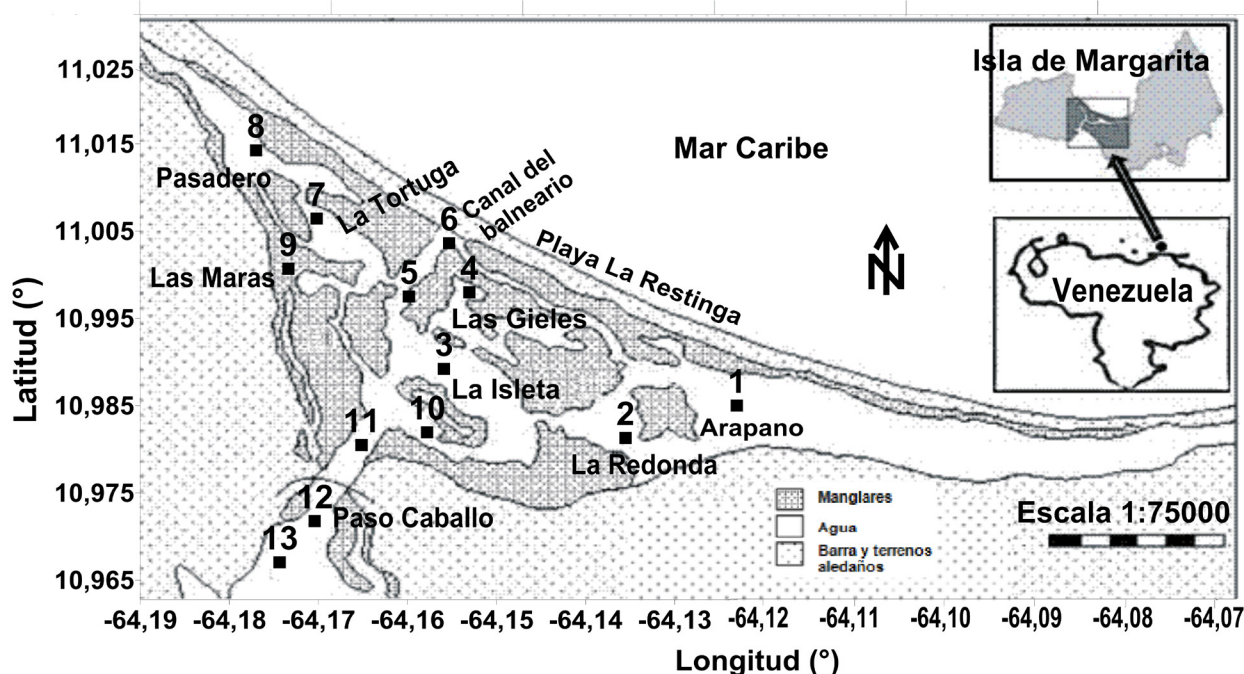


Fig. 1. Área de estudio y localización geográfica de las estaciones de muestreo (mapa tomado de SALAZAR *et al.* 2003).

previamente rotuladas, y refrigeradas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta su procesamiento y análisis en los laboratorios del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente.

En el laboratorio, las muestras fueron descongeladas y divididas en tres porciones, una de las cuales fue secada en una estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para luego ser pulverizada en un mortero de porcelana, y conseguir así un polvo fino, que se conservó en envases limpios de polietileno herméticamente cerrados, con el cual se efectuaron las determinaciones analíticas propuestas. La segunda fracción de las muestras se secó a temperatura ambiente, para realizar el respectivo análisis granulométrico. Finalmente, una tercera fracción de sedimentos se mantuvo húmeda (bajo refrigeración), para la cuantificación de los hidrocarburos alifáticos.

#### Análisis de las muestras

##### Composición granulométrica de los sedimentos

Se tomaron 50 g de sedimento secado a temperatura ambiente previamente pasados por un tamiz de 2 mm de espesor. La cantidad pesada de sedimento se colocó en una copa batidora junto a 10 ml de una solución dispersante de hexametáfosfato de sodio al 5% ( $\text{Na}_6\text{O}_{43}\text{P}_{14}$ ;

comercialmente denominado calgón) y 300 ml de agua destilada, agitándose durante 5 min, y dejando reposar por alrededor de 20 s, para luego transferir la mezcla resultante a un cilindro graduado de 1 l, lavando con agua hasta completar la capacidad del matraz. Seguidamente, el contenido se agitó vigorosamente durante un minuto para homogeneizarlo, momento en el cual fueron introducidos el densímetro de Bouyoucos (escala de  $-5$  hasta  $60\text{ g l}^{-1}$ ) y el termómetro. A los 40 s y a los 120 min se tomaron lecturas de temperatura y densidad de la suspensión. Los porcentajes de las fracciones sedimentarias se calcularon por medio de la introducción de los datos experimentales en las ecuaciones señaladas por PRIMO & CARRASCO (1973). La textura de los sedimentos se determinó según el triángulo modificado por SHEPPARD (1954).

##### Carbono orgánico total (COT) y materia orgánica total (MOT)

El carbono orgánico total se determinó mediante el método de combustión húmeda propuesto por WALKLEY & BLACK (1934) y mejorado por HEANES (1984). Se pesaron aproximadamente 0,02 g de sedimento seco en tubos de ensayo con tapas herméticas, a los cuales se les adicionaron 5 ml del reactivo oxidante (ácido sulfocrómico  $0,5\text{ mol l}^{-1}$ ), para luego digerir en un autoclave a  $270\text{ }^{\circ}\text{C}$

por 40 min, entre 15 y 20 psi de presión, dejándose enfriar posteriormente. Seguidamente, se centrifugaron las soluciones digeridas a 5000 RPM por 5 min, y los extractos obtenidos se diluyeron a 25 ml con agua desionizada. Finalmente, cada extracto diluido se transfirió a una celda, leyendo su absorbancia en un espectrofotómetro UV-Visible Genesys-8, Thermo Spectronic, a la longitud de onda de 590 nm (máximo de absorbancia del complejo de cromo formado). La curva de calibración se preparó a partir de una solución de biftalato de potasio ( $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ).

El contenido de materia orgánica total se determinó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico total obtenido por el factor convencional de Van Bemmelen: 1,724, en virtud de que la materia orgánica contiene en promedio 58% de carbono.

#### Carbonatos

El método utilizado consistió en una titulación por retroceso (VOGEL 1960). Se pesó aproximadamente 0,10 g de sedimento previamente calcinado a 450 °C, para la eliminación de los ácidos húmicos y fúlvicos. Inmediatamente, se añadieron 12,5 ml de solución de HCl 0,50 mol l<sup>-1</sup>, agitándose por un lapso de 12 h con la ayuda de un agitador mecánico, para luego centrifugar y separar el extracto. Finalmente, el extracto se tituló con una solución estandarizada de NaOH 0,50 mol l<sup>-1</sup> hasta el punto final, el cual fue visualizado por la utilización de fenolftaleína como indicador.

#### Nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT)

Las concentraciones de nitrógeno y fósforo total se determinaron por el método propuesto por VALDERRAMA (1981). En el procedimiento, se colocaron aproximadamente 0,035 g de sedimento seco, 50 ml de agua desionizada y 3 ml del agente oxidante (persulfato de potasio, ácido bórico e hidróxido de sodio 1 mol l<sup>-1</sup> en una proporción 6:4:3,5), en botellas de vidrio con tapas herméticas. Las botellas se cerraron para someterlas a digestión en un autoclave durante media hora a 15 psi de presión y a 270 °C. La solución sobrenadante se decantó a erlenmeyers para el posterior análisis de los fosfatos y los nitratos presentes en la solución (VALDERRAMA 1981). Las curvas de calibración para el fósforo total y nitrógeno total, se prepararon empleando fosfato de potasio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) y glicina ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ ), respectivamente.

La cuantificación del fósforo se realizó según el método colorimétrico de MURPHY & RILEY (1962), en

el cual se agregaron 2,50 ml del reactivo de MURPHY & RILEY ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 mol l<sup>-1</sup>, heptamolibdato de amonio, oxitartrato de potasio y antimonio, ácido ascórbico en una proporción de 2:5:2:1) a 25 ml de solución digestada. Al compuesto soluble de azul de molibdeno formado, se le fue medida la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Visible Genesys-8, Thermo Spectronic, a la longitud de onda de 885 nm.

Para determinar el contenido de nitrógeno se tomó una alícuota de 2 ml de solución digestada y se hizo pasar por un autoanalizador modelo Autoanalyzer II Technicon. En el equipo el ion nitrato se reduce a ion nitrito, cuyas concentraciones se determinaron, y a partir de éstas, se calculó estequiométricamente el contenido total de nitrógeno en las muestras. Para el nitrógeno total, la precisión del método oscila alrededor del 4% y la del fósforo alcanza 0,20% (MÁRQUEZ *et al.* 2007).

#### Hidrocarburos alifáticos (HCA)

El análisis se basó en la técnica de extracción propuesta por CARIPOL (1980). Se pesaron de 10 a 13 g de sedimento húmedo en un cilindro con reflujo, luego se añadió 80 ml de metanol y 2 pastillas de hidróxido de potasio, y se dejó en reflujo durante 90 min. La solución sobrenadante se decantó a un embudo de separación, para obtener la fase orgánica se adicionaron 40 ml de hexano. Posteriormente, se evaporó el hexano del extracto por medio de un rotaevaporador. Para purificar y separar los hidrocarburos alifáticos, las muestras se hicieron pasar a través de pipetas Pasteur empacadas con alúmina activada, usando como eluente pequeñas porciones de hexano. La fracción purificada se recogió en un vial, dejándose evaporar el solvente a temperatura ambiente. Para cuantificar los hidrocarburos alifáticos se añadieron a cada vial 4 ml de tetracloruro de carbono, y se trasvasó a una celda para medir a la longitud de onda específica de detección del enlace C-H ( $2930\text{ cm}^{-1}$ ), en un espectrofotómetro de infrarrojo Buck Scientific.

Para verificar la eficiencia y precisión del método empleado en la determinación de hidrocarburos alifáticos, se realizaron pruebas por quintuplicado de una muestra de sedimento tomada al azar (estación 12 de la laguna La Restinga). Los resultados del análisis (Tabla 1), muestran una buena reproducibilidad del método.

Tabla 1. Análisis de precisión para la extracción de los hidrocarburos alifáticos.

Muestra	Concentración (mg kg <sup>-1</sup> )
1	8,52
2	8,44
3	8,43
4	8,49
5	8,50
<b>Promedio</b>	8,48
<b>D.E.</b>	0,04
<b>C.V. (%)</b>	0,47

### Análisis estadístico de los resultados

Se aplicaron las pruebas estadísticas del análisis de varianza multifactorial (ANOVA) para la comparación entre estaciones, análisis de conglomerados para establecer los grados de asociación existentes entre las estaciones de muestreo con respecto a la granulometría del sedimento, y correlación de Pearson para identificar asociaciones entre las distintas variables geoquímicas estudiadas. Esto se realizó a través del paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Granulometría y textura de los sedimentos

De manera general, se apreciaron altos porcentajes de arena en toda la laguna La Restinga, oscilando los valores entre 68,77% (estación 4) y 98,94% (estación 13), (Tabla 2). Aunque en todo el medio lagunar las arenas están ampliamente distribuidas, éstas se acumulan principalmente en la región marina adyacente al cuerpo lagunar y canal de entrada, asimismo, en el extremo occidental (Pasadero) y oriental del cuerpo principal de la laguna (Fig. 2A), este último, comprende parte de la zona de Arapano y todo el sector de La Redonda. En una sublaguna de la región central denominada Las Gieles, canal del balneario, zonas circundantes a la isleta del sector central (estaciones 3 y 10), tramo inicial del canal de entrada (Paso Caballo) y sublagunas occidentales (La Tortuga y Las Maras), los porcentajes de arena experimentaron un descenso, relacionado con un aumento gradual en las fracciones limosas (Fig. 2B). Los porcentajes de limos estuvieron comprendidos entre 0,71% en la estación 13, y 22,70% en la estación 4 (Tabla 2); a su vez las arcillas reflejaron una mínima de 0,35%

(estación 13) y un máximo de 15,92% (estación 7) (Tabla 2). Este tipo de partícula se concentró mayoritariamente en las sublagunas occidentales del ecosistema (Fig. 2C). El predominio de las arenas en este ambiente, denota que la zona es de alta energía. En las lagunetas del sector central las corrientes son más débiles, por lo que se facilita la deposición de las partículas más finas. En cambio, en los canales y boca de la laguna no pueden depositarse los granos más pequeños, porque intervienen corrientes más fuertes.

El análisis estadístico de conglomerados respecto a la composición granulométrica de las estaciones (Fig. 2D), evidencian la presencia de cuatro grupos principales. El primer grupo está conformado por dos subgrupos, uno conformado por las estaciones orientales del cuerpo principal de la laguna (estaciones 1 y 2), y la estación ubicada en las afueras de La Restinga (estación 13), en donde, los sedimentos están compuestos en su mayoría por arenas. Un segundo grupo está constituido por las estaciones del sector central (estaciones 3 y 10), extremo occidental (estación 8) y tramo final del canal de entrada (estación 11). Este último subgrupo presenta también altos porcentajes de arena.

En el segundo grupo principal se incluyen dos subgrupos. El primero formado por las estaciones ubicadas en la sublaguna de la región central (estaciones 4 y 5), y el canal de desembarco de un balneario de playa La Restinga (estación 6), así como por la estación 12 localizada al inicio del canal de entrada. Estos puntos se caracterizan por tener porcentajes moderados de fracciones limosas y arcillosas. El segundo subgrupo lo constituyen las estaciones de las sublagunas occidentales, en las cuales se encuentran los mayores porcentajes de arcillas del ecosistema (estaciones 7 y 9). A pesar de estas distribuciones, el ANOVA ( $\alpha=0,05$ ) no indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones, con respecto a los porcentajes de arenas (0,59;  $p>0,05$ ), limos (0,21;  $p>0,05$ ), y arcillas (0,84;  $p>0,05$ ).

Los sedimentos de la laguna La Restinga pueden ser clasificados básicamente como arenosos (Fig. 3). No obstante, en ciertas zonas existen variantes, como en una sublaguna central (Las Gieles) y en un sector adyacente al canal de entrada y a una isleta (estación 10), donde los sedimentos presentaron una textura areno-limosa. Igualmente, los sedimentos de una sublaguna del oeste

Tabla 2. Porcentajes (%) de arenas, limos, arcillas, carbono orgánico total (COT), materia orgánica total (MOT) y carbonatos de los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga.

Estación	arenas	limos	arcillas	Textura	COT	MOT	Carbonatos
1	98,30	1,25	0,45	Arenosa	5,09	8,78	37,40
2	96,08	2,00	1,92	Arenosa	4,79	8,26	64,40
3	76,08	18,00	5,92	Arenosa	4,15	7,15	79,10
4	68,77	22,70	8,53	Areno limosa	25,53	44,01	16,80
5	70,53	22,21	7,26	Areno limosa	23,40	40,34	19,10
6	75,67	17,40	6,93	Arenosa	18,79	32,39	62,00
7	74,45	9,63	15,92	Areno arcillosa	11,99	20,67	17,40
8	94,79	3,24	1,97	Arenosa	3,64	6,28	82,10
9	76,80	11,28	11,92	Arenosa	11,44	19,72	15,70
10	72,80	17,28	9,92	Areno limosa	7,39	12,74	58,40
11	93,17	4,52	2,31	Arenosa	5,71	9,84	59,00
12	77,15	16,93	5,92	Arenosa	2,17	3,74	11,10
13	98,94	0,71	0,35	Arenosa	1,70	2,93	31,30
<b>Mínimo</b>	68,77	0,71	0,35	-	1,70	2,93	11,10
<b>Máximo</b>	98,94	22,70	15,92	-	25,53	44,01	82,10

resultaron ser areno-arcillosos (estación 7). Los patrones de distribución obtenidos conservan similitud con los reportes de ZARZOSA (1974) y MENDOZA (2012), para la misma zona de estudio.

SALAZAR *et al.* (2003) reportaron resultados similares para esta laguna, e indicaron, que en el área marina cercana a la entrada del ecosistema, y en los canales de comunicación entre lagunetas, existen acumulaciones importantes de grava o arena. Sin embargo, en esta última investigación se señala que en toda la región occidental y oriental del ecosistema, los sedimentos son de composición fina, lo cual discrepa de los resultados del presente estudio, debido a que se determinaron altos porcentajes de arena tanto en el extremo occidental como en la zona oriental del sector principal de la laguna. Para explicar estas diferencias en la textura sedimentaria, MENDOZA (2012) indicó que el aumento en la intensidad y duración del periodo lluvioso, registrado en las últimas décadas en la Isla de Margarita, pudo ocasionar la aparición de torrentes con alto poder erosivo, capaces de arrastrar material terrígeno hacia el interior de la laguna La Restinga, con lo que se incrementan las fracciones gruesas en el sedimento.

Es necesario aclarar que por razones de logística no se pudo obtener sedimentos del sector este de la laguna

La Restinga, sino que el muestreo inició en el extremo oriental del cuerpo principal de la laguna La Restinga. A diferencia de los trabajos precedentes a éste, en los que se muestran resultados de una mayor extensión oriental de la laguna.

Carbono orgánico total (COT) y materia orgánica total (MOT)

El porcentaje de carbono orgánico total osciló entre 1,70% (estación 13) y 25,53% (estación 4), mientras que la materia orgánica varió desde 2,93% hasta 44,01% en las estaciones antes señaladas (Tabla 2). La distribución espacial para el COT (Fig. 4A) y la MOT (Fig. 4B), mostró que los mayores porcentajes se encuentran localizados en zonas cercanas a la barrera arenosa, es decir, la sublaguna conocida como Las Gieles y el canal del balneario, en las que los sedimentos contienen los porcentajes más altos de limo, y las condiciones de producción y deposición de material orgánico son favorables, puesto que son áreas netamente protegidas, someras, de escasa circulación y con abundancia de manglares, los cuales pueden constituir importantes aportes vegetales y hábitat para diversas aves marinas las cuales contribuyen con sus excretas, cuyos productos de desecho junto a los del plancton, y niveles tróficos superiores son fuente de materia orgánica

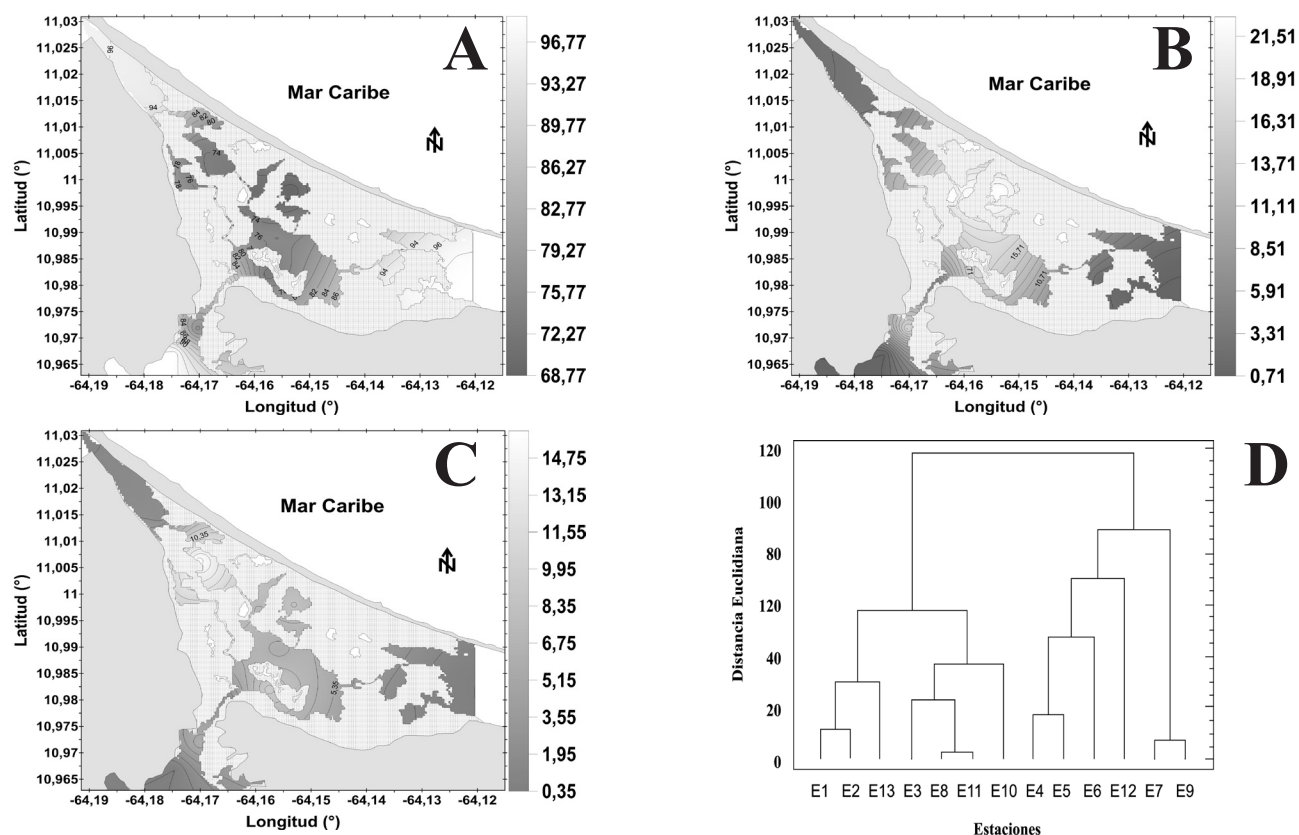


Fig. 2. Distribución granulométrica (A=arenas; B=limos; C=arcillas) y dendrograma de similitud (método de Ward; D) entre las estaciones de muestreo para los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga.

Al norte de la zona de máxima concentración de materia orgánica total se ubica playa La Restinga, allí se encuentra la comunidad de El Portillo de Leonardo y un balneario turístico, desde donde se presume que hay contribuciones de materia orgánica hacia la laguna, a través de la descarga de aguas residuales. Por otra parte, los altos valores observados en la sublaguna La Tortuga (estación 7), podrían asociarse a los parches de fanerógamas marinas en esta zona. El carbono orgánico total y materia orgánica total presentaron correlaciones estadísticamente significativas con los limos ( $r=0,68$ ), y una correlación positiva, aunque baja, con las arcillas ( $r=0,48$ ) (Tabla 4), lo cual sugiere una afinidad de las sustancias orgánicas por el menor tamaño de la partícula del sedimento.

Los sedimentos del canal de entrada y de los extremos occidental y oriental del cuerpo principal de la laguna La Restinga, mostraron bajos porcentajes de COT y de MOT, debido a su alto contenido de arenas que básicamente son constituidas por cuarzo. Estas no

poseen cargas negativas superficiales como los limos y arcillas, que pudieran facilitar la interacción y adsorción de la materia orgánica con estas partículas mientras se movilizan en la columna de agua (ROJAS & SILVA 2003). Esto explica la correlación negativa significativa entre el COT y la MOT con las arenas ( $r=-0,68$ ) (Tabla 4). La hidrodinámica de la región puede influir directamente en las aguas de superficie y en los sedimentos de fondo, ocasionando un efecto de lavado y arrastre de los componentes orgánicos (PINEDA 2009). A pesar de ello, el análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) reveló que entre estaciones no existen diferencias estadísticamente significativas respecto al COT y MOT entre estaciones ( $0,27$ ;  $p>0,05$ ).

Para los sedimentos de la laguna La Restinga, VELÁSQUEZ (2013) indicó que los niveles más elevados de COT se disponen en las estaciones rodeadas por vegetación de manglar, y los mínimos niveles en el canal de entrada. Esta observación está en concordancia con lo observado en esta investigación. La autora señaló en su

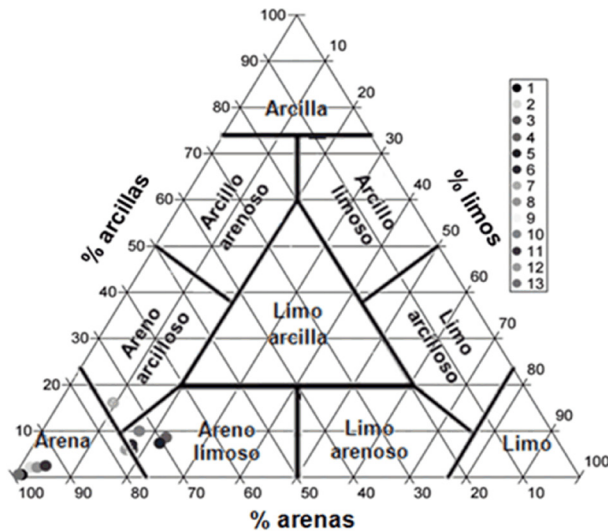


Fig. 3. Clasificación de los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga según el triángulo textural modificado por Sheppard (1954).

estudio para el mes de abril, una variación de 0,78-8,75%, con los mayores valores hacia el noroeste de la laguna, y para el mes de septiembre un intervalo de concentración entre 1,10-13,80%, registrándose los máximos en el canal del balneario. Las variaciones anteriores estuvieron muy por debajo de las reportadas en el presente estudio, por lo cual, se infiere que, actualmente existe un sostenido aporte de carbono orgánico a la laguna La Restinga, y un mayor estancamiento de sus aguas (sobre todo en las lagunetas) que limita la circulación de las sustancias que ingresan y posibilita la sedimentación del COT.

Los porcentajes de MOT determinados en esta investigación son superiores a los reportados en la zona por ZARZOSA (1974) quien obtuvo valores que oscilaron entre 0,30% a 15% y SALAZAR *et al.* (2003) quienes indicaron valores inferiores a 5% y mayores a 10%. MENDOZA (2012) señaló una variación de 1% a 42% y una distribución espacial para la MOT de los sedimentos de la laguna La Restinga, similares a las determinadas en este estudio. Los evidencian un aumento progresivo en el flujo de materia orgánica a la laguna La Restinga, causado bien sea por fuentes naturales o por incrementos de las actividades antrópicas.

#### Carbonatos

La distribución de los porcentajes de carbonatos (Fig. 4C), mostró varias zonas de altas concentraciones, tales

como, el sector oriental y central del cuerpo principal de la laguna, el tramo final del canal de entrada, la sección norte del canal del balneario, y el extremo occidental, en cuyos sedimentos arenosos se registró el máximo porcentaje de carbonatos (82,10% en la estación 8). En el canal de entrada, específicamente en la estación 12, se ubicó el mínimo porcentaje de 11,10% (Tabla 2). Valores menores al 20% se determinaron en las zonas más internas de la laguna (estaciones 4, 5, 7 y 9). Los altos niveles de carbonatos en el extremo occidental (estación 8), y sector oriental del cuerpo principal de la laguna (estación 2), están asociados con la presencia de fanerógamas marinas en estas áreas, ya que este tipo de vegetación constituye un hábitat o refugio para organismos bentónicos de naturaleza carcinológica o malacológica, los cuales al morir, incorporan al sedimento cantidades importantes de material calcáreo. Otro posible aporte de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o equivalentes al sedimento de La Restinga, lo representan las escorrentías que transportan fragmentos de rocas carbonáticas como la caliza hacia la laguna, si se considera que en los últimos años la pluviosidad en la Isla de Margarita se ha incrementado. El análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) mostró la no existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones, con respecto al contenido de carbonatos (0,93;  $p>0,05$ ).

Porcentajes altos de carbonatos, entre 6,5% y 96,3%, fueron reportados por ZARZOSA (1974) en sedimentos de la laguna La Restinga. El autor indicó que, los valores de  $\text{CaCO}_3$  inferiores al 50% se ubicaron en los extremos (este y noroeste). SALAZAR *et al.* (2003) reportaron resultados similares, señalando valores de carbonato de calcio superiores al 50% en los sectores de mayor profundidad de la laguna, como es el caso del canal de entrada. VELÁSQUEZ (2013) determinó en sedimentos de La Restinga, una oscilación en los porcentajes de carbonato de calcio de 0,38-4,63% y 0,57-4,00%, para los meses de abril y septiembre, respectivamente. MENDOZA (2012) determinó para los sedimentos de esta laguna, valores de carbonatos entre 7% y 63%, señalando que en las zonas internas y septentrionales del ecosistema se encuentran los mayores niveles.

Al comparar los resultados de ZARZOSA (1974), SALAZAR *et al.* (2003), VELÁSQUEZ (2013) y MENDOZA (2012) con los de la presente investigación, se evidencian diferencias en las concentraciones, las cuales posiblemente estén asociadas al modo de distribución de los organismos con

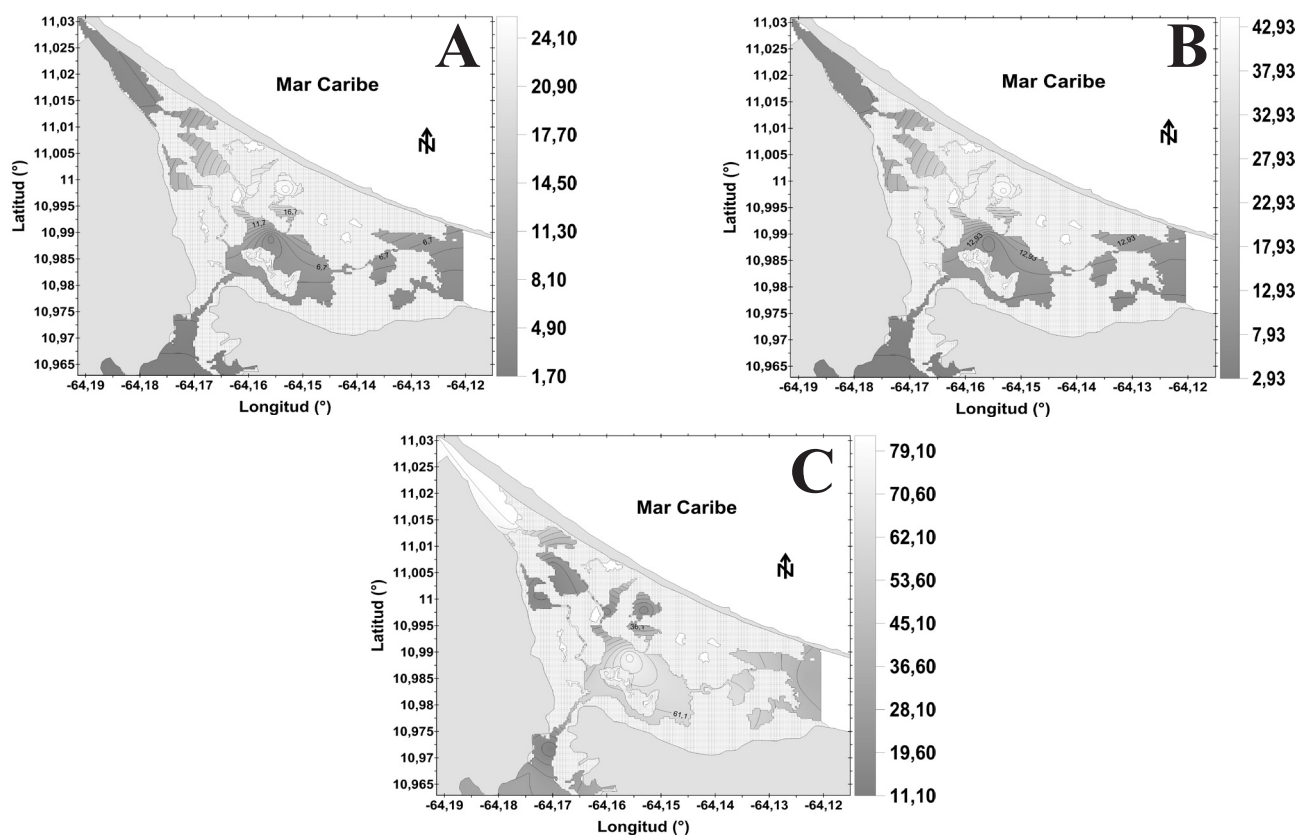


Fig. 4. Distribución espacial del porcentaje de carbono orgánico total (A), materia orgánica total (B) y carbonatos (C) en los sedimentos superficiales de la Laguna La Restinga.

conchas de carbonato de calcio en el fondo de la laguna. En este estudio, al igual que en los de VELÁSQUEZ (2013) y MENDOZA (2012) se detectaron significativos porcentajes de carbonatos en las secciones norte del canal de acceso al balneario (estación 6) y del canal de entrada de la laguna (estación 11). En estos puntos, es probable que exista un enriquecimiento causado por la acción de las corrientes, y la frecuente incidencia de las embarcaciones, que erosionan las formaciones de antiguas barras carbonáticas de la laguna, tal como lo señala ZARZOSA (1974).

#### Nitrógeno total (NT)

Las concentraciones de nitrógeno total, variaron entre 282,10 mg kg<sup>-1</sup> y 1571,80 mg kg<sup>-1</sup>, en las estaciones 12 y 6, respectivamente (Tabla 3; Fig. 5A). La distribución espacial mostró que las mayores concentraciones se ubicaron en el canal de desembarco del balneario y las regiones más internas y confinadas del cuerpo lagunar, es decir, las sublagunas denominadas como Las Gieles,

La Tortuga y Las Maras, en las cuales se acumulan los más altos porcentajes de MOT, limos y arcillas de todo el ecosistema.

El nitrógeno total describió una relación lineal significativa con la arcilla ( $r=0,65$ ) y una correlación altamente significativa ( $r=0,82$ ) (Tabla 4) con el carbono orgánico total y la materia orgánica total, lo que hace suponer, que la materia orgánica y los compuestos de nitrógeno que ingresan a los sedimentos de La Restinga provienen de fuentes similares. Estas fuentes pudieran ser los aportes vegetales, las excretas de las aves que se refugian en los manglares, o las aguas residuales de la comunidad de El Portillo de Leonardo y un balneario turístico ubicados al norte de la laguna La Restinga. En referencia a esto, PELLERIN *et al.* (2004) indicaron que la principal fuente de nitrógeno en el medio marino es la materia orgánica, y mediante su descomposición bacteriana se libera el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que puede ser retenido

por las arcillas presentes en el sedimento a través de intercambio catiónico.

Tabla 3. Concentraciones de nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), hidrocarburos alifáticos (HCA) y relación NT/PT en los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga.

Estación	Concentración (mg kg <sup>-1</sup> )			NT/PT
	NT	PT	HCA	
1	719,90	487,50	43,48	1,48
2	490,70	580,20	63,18	0,85
3	422,80	778,20	13,42	0,54
4	1368,40	846,70	7,64	1,62
5	941,80	522,30	8,38	1,80
6	1571,80	748,80	8,73	2,10
7	1344,30	762,60	7,68	1,76
8	575,70	1259,90	14,30	0,46
9	1088,50	657,30	5,64	1,66
10	719,80	2033,70	10,07	0,35
11	397,00	889,40	12,55	0,45
12	282,10	419,50	8,47	0,67
13	316,40	553,20	10,54	0,57
<b>Mínimo</b>	282,10	419,50	5,64	0,35
<b>Máximo</b>	1571,80	2033,70	63,18	2,10

Se apreció una reducción en los contenidos de NT hacia el extremo occidental, además, desde el extremo oriental de la laguna, las concentraciones de este nutriente mostraron una disminución hacia la región interna; sin embargo, en el área cercana al canal de entrada se observó un aumento, que luego se minimizó hacia las estaciones adyacentes al mar, probablemente debido a los bajos porcentajes de MOT existentes en los sedimentos de esta zona. El ANOVA ( $\alpha=0,05$ ) mostró que estadísticamente no existieron diferencias significativas entre las diferentes estaciones, con respecto a las concentraciones de nitrógeno total (0,67;  $p>0,05$ ).

Observaciones similares a las presentadas en esta investigación, fueron realizadas por VELÁSQUEZ (2013) en sedimentos de La Restinga, quien indicó la existencia de correlación entre el nitrógeno y el carbono orgánico total. Por otra parte, MÁRQUEZ *et al.* (2007) reportaron para los sedimentos recientes de la laguna Los Patos (estado Sucre, Venezuela), valores promedios de nitrógeno

total de 1380,63 mg kg<sup>-1</sup> en la zona sur del ecosistema, próxima a las descargas de una planta de tratamiento de aguas servidas, indicando problemas de contaminación en esa laguna. Los autores sugieren que los altos niveles de nitrógeno total en el sedimento, dependen de los vertidos de la planta de tratamiento, y de la intensidad de los procesos biogeoquímicos que prevalecen por la descomposición del material orgánico. Las más altas concentraciones de nitrógeno total determinadas en sedimentos de la laguna La Restinga se aproximan al valor antes citado, y en el caso de la estación 6, este nivel es superado, por lo que no puede descartarse cualquier incidencia antrópica derivada de los poblados aledaños, la cual está contribuyendo a eutrofizar este sistema lagunar.

#### Fósforo total (PT)

Las concentraciones de fósforo total oscilaron entre 419,50 mg kg<sup>-1</sup> (estación 12) y 2033,70 mg kg<sup>-1</sup> (estación 10; Tabla 3). Los máximos valores de PT se ubicaron en el extremo occidental, y en la región central de la laguna, concretamente cerca de la boca y de la isleta del sector central (Fig. 5B). Las franjas de manglares en las regiones central y oeste del cuerpo principal de la laguna La Restinga, sustentan a una gran diversidad de especies de aves marinas, por lo que es posible atribuir las altas concentraciones de fósforo en estas zonas, a la descomposición de restos vegetales provenientes de la abundante macrovegetación, y las excretas de la avifauna, las cuales contienen un alto porcentaje de fósforo y nitrógeno.

El fósforo que se incorpora a los sedimentos de la laguna La Restinga puede ser también litogénico: las corrientes pluviales o fluviales desintegran las rocas que contienen los minerales de apatita y fosforita, y liberan el P en forma de ortofosfato, para luego transportarlo al ecosistema. No obstante, los aportes antrópicos pueden constituir otra fuente factible de fósforo, si se considera que entre el PT y la MOT existe una correlación negativa ( $r=-0,06$ ; Tabla 4). Las fuentes de fósforo antropogénicas puntuales incluyen las aguas servidas, domésticas e industriales, y las fuentes de fósforo no puntuales están asociadas con las escorrentías agrícolas y domésticas. Las concentraciones de fósforo total determinadas en el extremo occidental y sector cercano a la boca de la laguna La Restinga superaron ampliamente el valor promedio de 950,63 mg kg<sup>-1</sup> indicado por MÁRQUEZ *et al.* (2007) para los sedimentos del extremo sur de la

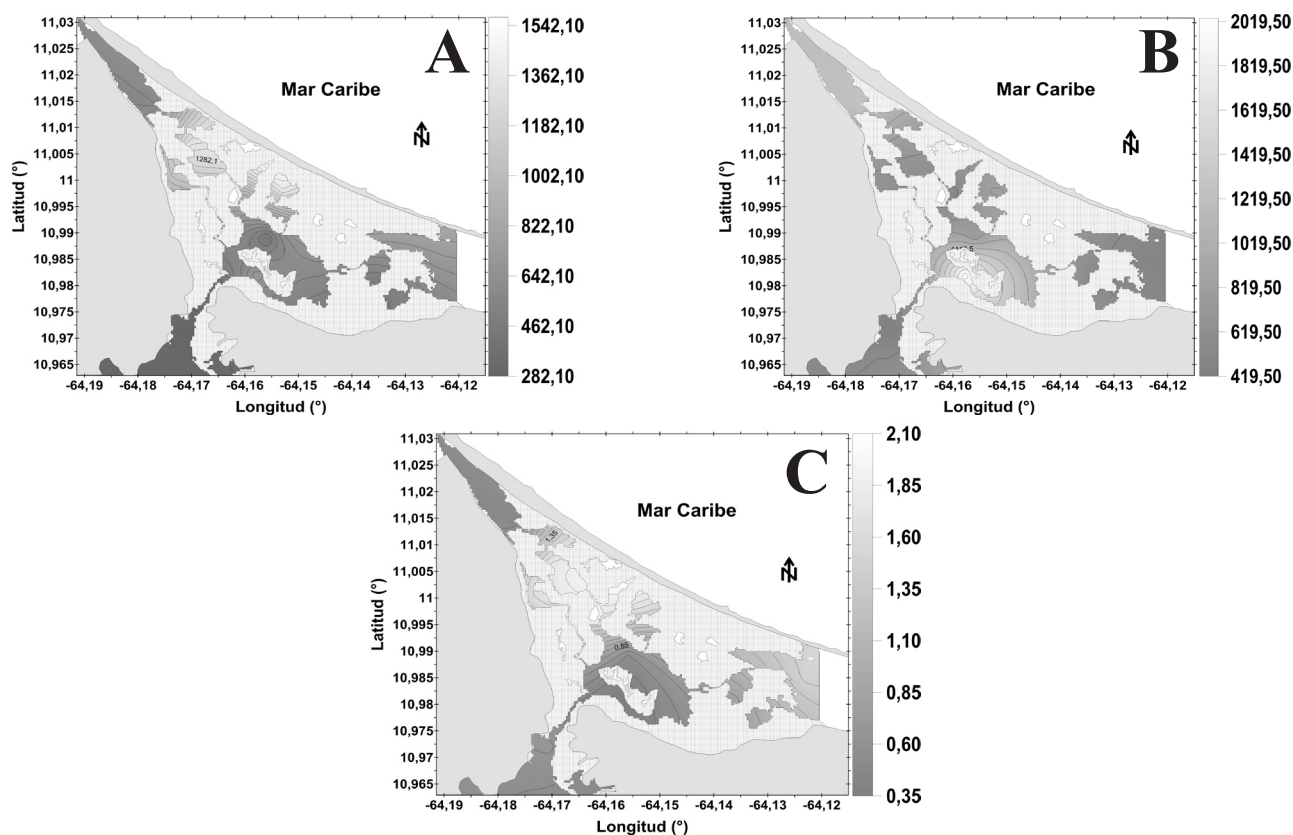


Fig. 5. Distribución espacial de la concentración ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de nitrógeno total (A) y fósforo total (B), y la relación NT/PT en los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga.

laguna Los Patos, ocasionado por el vertido de las aguas de una planta de tratamiento cercana, lo cual sugiere que existe un enriquecimiento de tipo antropogénico, especialmente en estas zonas de La Restinga. El análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo, con respecto a las concentraciones de fósforo total ( $0,96$ ;  $p>0,05$ ).

#### Relación NT/PT

La relación NT/PT en sedimentos de la laguna La Restinga varió entre  $0,35$  (estación 10) y  $2,10$  (estación 6) (Tabla 3). La relación NT/PT en este ecosistema se distribuyó de manera similar a los porcentajes de materia orgánica total (Fig. 5C). La distribución mostró que los mayores valores se determinaron en las lagunetas internas, en las que existen altos porcentajes de MOT y espesa vegetación de manglar. De igual forma, en el extremo oriental del cuerpo principal de la laguna (estación 1), se evidenció un nivel alto de la relación NT/

PT, con una tendencia a disminuir en la región central, canal de entrada, y extremo occidental de la laguna. Los sedimentos de estas dos últimas subzonas mencionadas, presentaron un bajo contenido de materia orgánica total, lo que hace inferir que los bajos valores en la proporción NT/PT están influenciados por estas observaciones. El análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ), indicó que no existen diferencias significativas entre las estaciones de esta laguna, con respecto a la relación NT/PT ( $0,81$ ;  $p>0,05$ ). El nitrógeno y el fósforo son requeridos por los organismos, y actúan como nutrientes limitantes, controlando la producción de los hábitat (MOKAYA *et al.* 2004). Los valores de la relación NT/PT da un estimado de la disponibilidad de estos nutrientes para los organismos, una relación menor que 5 se interpreta como una limitación de nitrógeno y una mayor que 10 es considerada limitación de fósforo (RINALDI *et al.* 1992). Tomando en consideración esto, la productividad biológica de la laguna La Restinga está limitada por el nitrógeno, puesto que los valores de la razón NT/PT fueron inferiores a 5.

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los parámetros estudiados en sedimentos superficiales de la laguna La Restinga.

	Arenas	Limos	Arcillas	COT	MOT	Carbonatos	NT	PT	HCA
Arenas	1,00								
Limos	-0,94**	1,00							
Arcillas	-0,81**	0,57*	1,00						
COT	-0,68*	0,68*	0,48	1,00					
MOT	-0,68*	0,68*	0,48	1,00**	1,00				
Carbonatos	0,37	-0,27	-0,44	-0,38	-0,38	1,00			
NT	-0,58*	0,45	0,65*	0,82**	0,82**	-0,29	1,00		
PT	-0,19	0,14	0,21	-0,06	-0,06	0,45	0,03	1,00	
HCA	0,60*	-0,55*	-0,52*	-0,33	-0,33	0,31	-0,29	-0,22	1,00

Para  $p < 0,05$ :  $|r| > 0,50$ =significativo (\*);  $|r| > 0,70$ =altamente significativo (\*\*).

La baja magnitud de las razones NT/PT deducidas, podría sugerir que el fósforo está siendo incrementado en el ecosistema, ya sea por vía natural o antropogénica; lo que conduce a un enriquecimiento progresivo de P en los sedimentos. Para otras lagunas costeras venezolanas, se han determinado valores de la razón NT/PT comparables a los de este estudio, tal es el caso de la laguna de Chacopata en el estado Sucre, en la cual FUENTES *et al.* (1997) indicaron un valor medio de 1,80. Igualmente en el sector sur de la laguna Los Patos, zona adyacente a las descargas de una planta de tratamiento de aguas, MÁRQUEZ *et al.* (2007) reportaron un valor medio de 1,45 indicando aportes de fósforo.

#### Hidrocarburos alifáticos (HCA)

La concentración de hidrocarburos alifáticos en los sedimentos de la laguna La Restinga varió entre un mínimo de 5,64 mg kg<sup>-1</sup> en la estación 9, y un máximo de 63,18 mg kg<sup>-1</sup> en la estación 2 (Tabla 3). La disposición espacial indicó que hacia el este del cuerpo principal de la laguna se hallaron los mayores valores. En el resto del ecosistema los niveles de hidrocarburos alifáticos fueron inferiores, sobre todo en la región de las sublagunas y canal de entrada (Fig. 6). Las altas concentraciones de hidrocarburos alifáticos en el extremo oriental del cuerpo principal de la laguna La Restinga, pudieran tener su origen en las emisiones derivadas de las descargas de residuos de gasolina y diesel, aceites lubricantes, aceites combustibles y/o algún otro carburante utilizado por las lanchas a motor que circulan frecuentemente la zona, considerando que los hidrocarburos alifáticos

se encuentran en los principales productos del crudo refinado (CALVA *et al.* 2005).

Este tipo de suposiciones puede ser válida, ya que en esta zona de la laguna, los porcentajes de materia orgánica total fueron bajos, y por consiguiente, los hidrocarburos que provienen de la biosíntesis de micro y macroalgas, restos de manglares, bacterias y de la descomposición y condensación de las fracciones de la materia orgánica remanente de los procesos productivos (AHUMADA *et al.* 2008), pudieran no ser representativos. Esto hace suponer que las descargas antrópicas constituirían la fuente más probable de hidrocarburos alifáticos en este sector.

Debido a que la legislación venezolana carece de un valor estándar que indique la contaminación por hidrocarburos alifáticos en sedimentos, los resultados se compararon con el rango permisible de toxicidad de 20 mg kg<sup>-1</sup> propuesto por CARIPOL (1980) para sedimentos. En sedimentos de La Restinga, las estaciones que registraron las mayores concentraciones de hidrocarburos alifáticos (estaciones 1 y 2), superaron ampliamente el nivel de referencia anterior, lo cual pone en evidencia alguna intervención antropogénica en este ecosistema, sin embargo, esta apreciación constituye sólo un foco aislado de contaminación.

De acuerdo a la tabla 4, los hidrocarburos alifáticos en la laguna La Restinga se correlacionaron de manera positiva y significativa con la arena ( $r=0,60$ ), lo que establece que tanto las arenas como los hidrocarburos

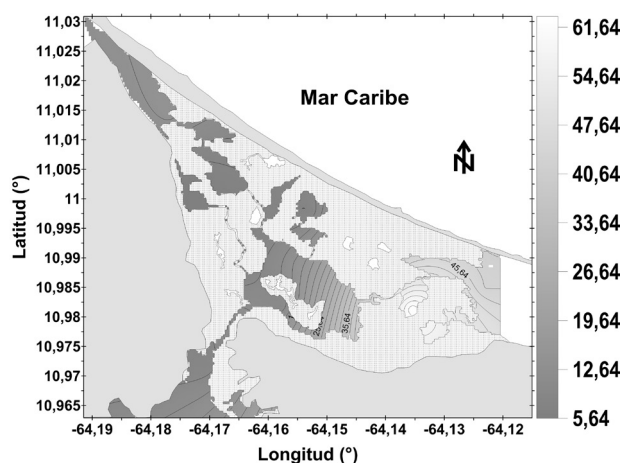


Fig. 6. Distribución espacial de la concentración de hidrocarburos alifáticos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga.

alifáticos comparten el mismo medio de transporte, siendo una posibilidad las corrientes de viento que exportan material arenoso, junto a compuestos hidrocarbonados de naturaleza antrópica desde los alrededores de la laguna. Además, la ausencia de correlación positiva entre la MOT y los HCA ( $r=-0,33$ ) puede confirmar que el origen de estos últimos no es exclusivamente biogénico. El ANOVA ( $\alpha=0,05$ ) indicó que entre las estaciones de muestreo de la laguna, no existieron diferencias significativas con respecto al contenido de hidrocarburos alifáticos en sus sedimentos ( $0,17$ ;  $p>0,05$ ).

Concentraciones de HCA inferiores a las señaladas en el presente estudio, fueron reportadas por CALVA *et al.* (2005) en los sedimentos superficiales de la laguna costera mexicana de Sontecomapán. Allí, los valores oscilaron entre  $0,21 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $12,75 \text{ mg kg}^{-1}$ . A pesar de ello, los autores indicaron que los hidrocarburos alifáticos en esa laguna tuvieron un origen biológico, y que además procedían de la quema de mangle y del constante tráfico de embarcaciones que emplean gasolina, aceites y lubricantes.

## CONCLUSIONES

En la granulometría de los sedimentos del cuerpo principal de la laguna La Restinga, las fracciones arenosas prevalecieron ante las fracciones limosas y arcillosas, evidenciando una alta energía en la zona,

lo cual no favorece la deposición de las partículas más finas.

El carbono orgánico total y la materia orgánica total mostraron asociaciones con las texturas sedimentarias areno-limosa y areno arcillosa de las lagunetas internas de La Restinga, donde los factores biológicos y ambientales permiten la acumulación de componentes orgánicos. Los carbonatos presentaron sus máximos valores en los sedimentos de las regiones oeste, este y central del cuerpo principal de la laguna, y los de la sección norte del canal del balneario, debido fundamentalmente a la presencia de conchas de organismos.

Las altas concentraciones de nitrógeno total y fósforo total en sectores específicos de la laguna, evidencian un incremento autóctono y/o alóctono en la composición orgánica del sedimento. Sin embargo, los bajos valores de la relación NT/PT demuestran que los aportes de las especies fosforadas predominan sobre los aportes de las especies nitrogenadas. Se detectaron concentraciones de hidrocarburos alifáticos consideradas como contaminantes hacia el oriente del cuerpo principal de La Restinga, lo cual evidencia actividad antrópica en este sector de la laguna.

El análisis estadístico del ANOVA indica un comportamiento bastante homogéneo entre las estaciones de muestreo, con respecto a las variables geoquímicas estudiadas. De acuerdo a los resultados de este estudio se sugiere que la laguna La Restinga muestra indicios de degradación, causados en parte por la influencia de la actividad antropogénica de los alrededores, y por la sobreexplotación de la laguna como recurso pesquero y turístico.

## REFERENCIAS

- AHUMADA, R., M., JEGOM, A. RUDOLPH. & R. LOYOLA., 2008. Hidrocarburos lineales como marcadores en el sedimento de procesos naturales y contaminación. *Cienc. Tecnol. Mar* 31 (1): 53-65.
- \_\_\_\_\_, A. RUDOLPH & N. SILVA. 1996. Contenido de carbono orgánico total, carbono orgánico inorgánico, nitrógeno inorgánico y fósforo total en los sedimentos de los fiordos de Campos Hielo Sur. *Cienc. Tecnol. Mar* 19: 123-132.

- ALAGARSAMY, R. 2006. Distribution and seasonal variation of trace metals in surface sediments of the Madovi estuary, west coast of India. *Est. Coast. Sh. Sci.* 67: 333-339.
- BLANCO, C., R. PREGO, M. AZPIROZ. & I. FERNÁNDEZ. 2006. Caracterización de hidrocarburos en sedimentos de la Ría de Laxe y su relación con el vertido del Prestige (NO de la península Ibérica). *Cienc. Mar.* 32 (02B): 429-437.
- CALVA, L., A. BOTELLO & G. PONCE. 2005. Composición de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de la laguna de Sontecomapán, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 15 (1): 97-108.
- CARIPOL. 1980. *Manual para la vigilancia de la contaminación por petróleo. Comisión Oceanográfica Intergubernamental.* UNESCO. 83 pp.
- FUENTES, M., J. BONILLA & J. FERMÍN. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 36 (1 y 2): 69-79.
- GÓMEZ, A. 1991. Interacción entre un estuario negativo (laguna La Restinga, Isla de Margarita) y el mar Caribe adyacente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 30: 47-55.
- HEANES, D. 1984. Determination of total organic-C in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 15: 1191-1213.
- MÁRQUEZ, A., W. SENIOR, G. MARTÍNEZ. & A. GONZÁLEZ. 2007. Concentraciones de nitrógeno y fósforo en sedimentos recientes de la Laguna Los Patos, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 46 (2): 137-145.
- MENDOZA, S. 2012. *Caracterización de los sedimentos superficiales de la laguna La Restinga, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela.* Trab. Grad. Lic. Biología Marina, Universidad de Oriente. Boca del Río, Venezuela. 80 pp.
- MOKAYA, S., J. MATHOOKO. & M. LEICHTFRIED. 2004. Influence of anthropogenic activities on water quality of a tropical stream ecosystem. *Afri. J. of Ecol.* 42: 281-288.
- MONENTE, J. 1978. Estudio Químico Físico de laguna de La Restinga. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 83 (110): 227-309.
- MURPHY, J. & H. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta* 12: 162-170.
- PELLERIN., B., W. WOLHEIM, C. HOPKINSON, W. McDOWELL, M. WILLIAMS, C. VÖRÖMARTY & M. DALEY. 2004. Role of wetlands and developed land use and dissolved organic nitrogen concentrations and DON/TDN in northeastern U.S. river and streams. *Am. Soc. Limnol. Oceanogr.* 49: 910- 918.
- PINEDA, V. 2009. Granulometría y geoquímica de los sedimentos marinos en el área comprendida entre el seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar* 32: 27-47.
- PRIMO, E. & J. CARRASCO. 1973. *Química agrícola I. Suelos y fertilizantes.* Alhambra S.A. Madrid, España. 480 pp.
- RAMÍREZ, P. 1996. *Lagunas costeras venezolanas.* Benavente & Martínez. Porlamar, Venezuela. 275 pp.
- REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1974. *Creación de Parque Nacional "Laguna La Restinga".* Decreto presidencial N° 1591. Gaceta oficial N° 30325 de fecha 08 de febrero de 1974.
- RINALDI, A., G. MONTANARI, A. GHETTI, C. FERRARI & A. FERRARI. 1992. *Marine coastal eutrophication. Eutrophy and dystrophy in the Goro lagoon.* Elsevier Science Publications. Bologna, Italy 56 pp.
- ROJAS, N. & N. SILVA. 2003. Distribución espacial de textura, carbono y nitrógeno en sedimentos recientes en canales y fiordos chilenos. Golfo Corcovado (43° 50' S) a Golfo Elefantes (46° 30' S), Chile. *Cienc. Tecnol. Mar* 26 (1): 15-31.
- SALAZAR, J, J. ROSAS. & J. RODRÍGUEZ. 2003. Condiciones sedimentológicas de la laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Interciencia* 28 (1): 44-50.

- SHEPPARD, F. 1954. Nomenclature based on the sand-silt-clay ratios. *J. Sedim. Petrol.* 24: 151-158.
- VALDERRAMA, J. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10: 109-122.
- VALDÉS, D. & E. REAL. 1997. Balance de nitrógeno y fósforo en la laguna Río Lagartos. Proyecto B003. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida. Informe Final. México D.F. 69 pp (Informe técnico).
- VELÁSQUEZ, J. 2013. *Estudio de la distribución de carbono, nitrógeno y azufre en los sedimentos marinos de la Isla de Margarita-Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Química, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 106 pp.
- VOGEL, A. 1960. *Química analítica Cuantitativa*. Vol. 1. Kapelus, S.A. (Ed.). Buenos Aires, Argentina. 812 pp.
- WALKLEY, A. & I. BLACK. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci. Am. Proc.* 37: 29-38.
- ZARZOSA, J. 1974. Características sedimentológicas y geomorfológicas de la laguna La Restinga, Isla de Margarita-Venezuela. *Cuadernos Azules*, 9: 1-59.

RECIBIDO: Noviembre 2015

ACEPTADO: Abril 2016