



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES
DEL SECTOR ORIENTAL DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE,
VENEZUELA

(Modalidad: Tesis de grado)

DEUEDIT RAFAEL HERNÁNDEZ BRITO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA


CUMANÁ, 2013

FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES
DEL SECTOR ORIENTAL DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE,
VENEZUELA

APROBADO POR:



Gregorio Martínez Campos M.Sc.
(Asesor)



Jurado Principal



Jurado Principal

DEDICATORIA

Con devoción y mucho amor en el corazón dedico este trabajo:

A Sofía.
A Marcos.
A Luisa.

Deude.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Padre Creador, Señor y sustentador de la vida siempre mis primeros agradecimientos.

A mi querida familia: Marcos, Sofía y Luisa por su apoyo, ayuda y fortaleza.

Al Profesor Gregorio Martínez Campos, un excelente asesor y buen amigo, por su valiosa ayuda en la realización de este trabajo.

A la Universidad de Oriente, La Casa Más Alta, por recibirme y darme su aceptación por tanto tiempo.

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), en particular al personal del Departamento de Oceanografía, entre los que cabe destacar:

Al TSU Antonio Ramón Benítez por su valiosa ayuda en la construcción de los mapas.

Al TSU Edimyr Parra por la colaboración prestada con los instrumentos del laboratorio de metales trazas.

Al personal del IOV que labora en el Buque Oceanográfico GUAQUERI II, marineros, maquinista, mecánicos y otros, que hicieron posible la expedición para la toma de estas muestras, en una de las campañas más agradables, en que haya participado.

A mis amigos, los profesores Daisy Romero y Ernesto Rodríguez.

A mis amigos y compañeros de estudios, los que estuvieron presente en estos tiempos de trabajo de tesis: Berenice Aguado, Yolimar Marcano, Rosanny López, Anakarina Martínez, Irmina Molinet y María Salas.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	8
ÁREA DE ESTUDIO	8
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	11
ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.....	12
Determinación de la granulometría y textura de los sedimentos.....	12
Determinación de la materia orgánica total (MO).....	13
Determinación del carbono orgánico total.....	13
Determinación del contenido de equivalentes de carbonato de calcio.....	14
Determinación de las fracciones de fósforo en el sedimento	14
Extracción del fósforo adsorbido	14
Extracción del fósforo asociado a óxidos	15
Extracción del fósforo autogénico	15
Extracción del fósforo detrítico	16
Extracción del fósforo orgánico.....	16
Determinación del fósforo total	17
Procesamiento y análisis de los resultados	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
Granulometría y textura de los sedimentos.....	19
Materia Orgánica Total (MO)	26
Carbono Orgánico Total (C _{org.})	29
Carbonato de calcio	32
Fraccionamiento geoquímico de fósforo en sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco	35
Fósforo total (PT)	37
Fósforo adsorbido (F1).....	42
Fósforo asociado a óxidos (F2).....	45
Fósforo autogénico (F3).....	47
Fósforo detrítico (F4)	50
Fósforo orgánico (F5)	53
Análisis Multivariante	58
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
APÉNDICE.....	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Ubicación geográfica de las estaciones muestreadas en el Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.	10
2. Composición textural de los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco. Frecuencia de aparición y porcentajes de cada una.....	24
3. Matriz de Correlación Pearson para sedimentos superficiales del área oriental del Golfo de Cariaco.	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Localización geográfica de las estaciones de muestreo.	9
2. Draga tipo PETERSEN para la recolección de sedimentos marinos.	11
3. Triángulo de Shepard usado para la clasificación de los sedimentos marinos en sus diferentes texturas.	12
4. Batimetría de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	18
5. Valores porcentuales de granulometría y estaciones.	20
6. Distribución espacial de la fracción de arenas en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	21
7. Distribución espacial de la fracción de limos en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	23
8. Distribución espacial de la fracción de arcillas en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	24
9. Triángulo de Shepard con la composición textural de las muestras de sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	25
10. Distribución espacial de la materia orgánica en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	27
F11. Distribución espacial de carbono orgánico total ($C_{org.}$) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	30
12. Distribución espacial de carbonato de calcio ($CaCO_3$) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	33
13. Grafica de valores de concentraciones de fósforo total determinados por el método SEDEX y por oxidación de Valderrama.	38
14. Prueba estadísticas de Box and Wisker para la comparación de los métodos en la determinación de fósforo total en sedimentos.	38
15. Distribución espacial de fósforo total (P.T.) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	39

16. Representación porcentual de cada una de las fracciones que componen el fósforo total en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.....	41
17. Distribución espacial de fósforo adsorbido (F1) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.....	43
18. Distribución espacial de fósforo asociado a óxidos (F2) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	46
19. Distribución espacial de fósforo autogénico (F3) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.	49
20. Distribución espacial de fósforo detrítico (F4) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.....	52
20. Distribución espacial de fósforo orgánico (F5) en los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco.....	56

RESUMEN

Se realizó un estudio de fraccionamiento geoquímico de fósforo en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, Edo. Sucre. Para tal fin, fueron fijadas 34 estaciones para la recolección de las muestras de sedimentos superficiales, las que se preservaron a -20°C hasta su procesamiento y análisis. Fueron determinados: Composición granulométrica, contenido de material volátil a 450°C para estimar la materia orgánica (MO), contenido de carbono orgánico ($C_{\text{org.}}$), equivalentes de carbonato de calcio (eq- CaCO_3) y fósforo total (PT). Asimismo se separaron y analizaron cada una de las fracciones que componen el PT, tales como: Fósforo adsorbido (F1), fósforo asociado a óxidos o asociado al hierro (F2), fósforo autogénico o asociado al calcio (F3), fósforo detrítico (F4) y fósforo orgánico (F5). Los resultados indicaron una composición granulométrica donde el 50% de las muestras fueron de textura arenosa; 38% de tipo areno-limosa, 9% de tipo limo-arenosa y 1% de textura areno-arcillosa. Los valores estimados de MO fueron considerablemente altos, oscilando entre un mínimo (Min.) de 1,22%, un máximo (Max.) de 15% con promedio (Prom.) de 7,79%. Los valores de $C_{\text{org.}}$ fueron también altos comprendidos entre: 0,36; 7,27 y 3,92% de Min, Max. y Prom., respectivamente. Los valores de eq- CaCO_3 fueron generalmente bajos, con valores que oscilaron entre 0,05 y 89,63 %. con un promedio de 14,16%. Este valor máximo de 89,63 % y otro de 70,16 % fueron dos anomalías al promedio. Los resultados del fósforo total (PT), son elevados y estuvieron comprendidos entre: 216,86 mg/kg (miligramos de fósforo por kilogramos de sedimento seco), como Min. y 1483,08 como Max., con un Prom. de 609,04 mg/kg. Los valores más elevados de PT se ubicaron principalmente en el área central y a todo lo largo del área costera norte, mientras que los menores se hallaron principalmente en el área costera sur. La fracción geoquímica con menor abundancia fue la F2, con valores muy bajos y cercanos al límite de detección del método utilizado. La fracción más abundante fue la F4 con valores entre 98,34 y 1093,44 mg/kg. La fracción más lábil F1, presentó valores bajos, hallados básicamente en las zonas cercanas a la costa. Estos valores fueron de: 0,91; 31,19 y 7,75 mg/kg de valores Min, Max. y Prom., respectivamente. La fracción F3, presentó valores moderados comprendidos entre 8,85 y 225,44 mg/kg, con altas abundancias en algunos sitios. La fracción F5, aparentemente lábil, presentó valores igualmente moderados, comprendidos entre 25,49 y 340,13 mg/kg. Las mayores abundancias de esta fracción se localizaron principalmente en las estaciones profundas y asociadas a altos contenidos de MO y $C_{\text{org.}}$.

INTRODUCCIÓN

El fósforo juega un papel importante en el desarrollo de la vida acuática, ya que es imprescindible para el desarrollo de la misma. Cuando su concentración aumenta, actúa como inhibidor del desarrollo de ciertas especies. Dicho elemento es limitante o regulador de la productividad de algunos ecosistemas. Por otro lado, los ecosistemas marino costeros son receptores de una gran carga de desechos procedentes del continente, por lo que pueden ser utilizados como un indicador sensible en el monitoreo espacial y temporal de contaminantes o de estudios geoquímicos en general (Dawes, 1986). Tanto Lebo (1991) como Golterman (2001) indicaron que el fósforo que entra a los océanos proveniente de los ríos se encuentra en el orden de: Fósforo inorgánico disuelto (PID), fósforo total orgánico (POT): $PID+POT = (0,29 + 0,45) \times 10^{12}$ mol P/año con una proporción en moles de N: P de 12:1, la cual es menor que la proporción de Redfield N: P de 16:1 en el fitoplancton. Señalan ambos autores que, al parecer, hay una cierta cantidad de fósforo particulado orgánico no disponible para la producción biológica que se almacena en los sedimentos y es transportado, posteriormente, hacia el océano abierto.

Las mayores reservas de fósforo del mundo se encuentran en las rocas denominadas fosforita y apatita. A medida que estas rocas se descomponen, por medio del ciclo hidrogeológico, se introducen grandes cantidades de fosfato a las aguas costeras, mientras que una parte se queda en el sedimento.

Las fosforitas son minerales de origen sedimentario, amorfas de poca dureza y de aspecto térreo. Las apatitas en cambio, son sustancias de origen rocoso de estructura cristalina y dura. La apatita es el principal mineral de los fosfatos naturales, se presenta en dos variedades, la fluorapatita de fórmula $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ y la cloroapatita cuya fórmula es $Ca_{10}(PO_4)_6Cl_2$. Las apatitas se encuentran en rocas ígneas y metamórficas. El fósforo utilizable del sedimento, se halla en forma de ión fosfato (PO_4^{3-}), los vegetales lo absorben y lo

transforman en fósforo orgánico que se transporta a lo largo de la cadena trófica hasta que los descomponedores (bacterias, hongos, etc.) lo vuelven a transformar en fosfato inorgánico (De Stefano, *et al.*, 1998). Por lo general, el contenido de fósforo total en sedimentos puede ser un buen indicador del potencial de eutrofización en cualquier ecosistema marino costero (Rydin y Welch, 1998).

El fósforo se encuentra tanto disuelto como particulado, ya sea en forma orgánica o inorgánica y su disponibilidad para la biota vegetal está condicionada por reacciones fisicoquímicas y biológicas. Lijkleman (1980) señala que, en las aguas marinas, la forma disuelta inorgánica del fósforo predomina en un 87% como fosfato monoácido (HPO_4^{2-}), mientras que los fosfatos u ortofosfatos (PO_4^{3-}) alcanzan un 12% y el diácido (H_2PO_4^-) un 1%. Este elemento es considerado como un nutriente crítico y complejo en los ciclos biogeoquímicos; además, forma parte de compuestos vitales como fosfonucleótidos, fosfoamino azúcares, fosfolípidos y de los complejos energéticos (ADP, ATP) en la célula (De la Lanza, 1994).

El fósforo orgánico presenta una parte asociada a la materia orgánica que, mediante la actividad bacteriana, se transforman en forma inorgánica. La especie química $\text{CaCO}_3\text{-P}$ (fósforo asociado a carbonatos) es la más importante en los ambientes marinos y lacustres que controla el contenido de fósforo en el agua y sedimentos (Sadiq, 1992; Aranda, 1999).

La sedimentación continental está relacionada con las aguas de los ríos, glaciares, lagos y el viento. Es un proceso de deposición de materiales transportados que resultan de la meteorización de las rocas por agentes geológicos externos como el agua, aire y viento. Los sedimentos dependen de la composición de la roca erosionada, del agente de transporte, de la duración del transporte y de las condiciones físicas de las cuencas sedimentarias (López, 2003).

Los sedimentos pueden tener dos tipos de texturas depositacionales: clásticos y no-clásticos. Los sedimentos clásticos son aquellos depositados por

sedimentación física, la cual ocurre cuando termina el transporte del material debido a una disminución de la energía de los agentes de transporte, por ejemplo: disminución de la fuerza del viento, culminación del movimiento de una masa de hielo o disminución de la energía de un río o una corriente marina. Esta sedimentación se puede considerar como un proceso gravitacional. Los sedimentos no clásticos se refieren al resultado de sedimentación química, debido a que pueden depositarse por precipitación química (óxidos, carbonatos y fosfatos) o por evaporación de aguas en cuencas de circulación restringida (cloruros, sulfatos, carbonatos, nitratos y boratos) (Arenas y De la Lanza, 1990).

El sedimento marino tiene una significancia relevante en las investigaciones geoquímicas, ya que su caracterización puede ayudar a comprender ciertas condiciones de gran importancia, como son las concentraciones de contaminantes y su relación con las características generales y típicas de cada zona, principalmente en las áreas marino costeras, debido a que ellas tienen una interacción más dinámica con todos los procesos físicos, químicos y biológicos, que se desarrollan en el medio ambiente marino. Heling *et al.*, 1990; Sadiq, 1992; Chapman *et al.*, 1996; Dassenakis *et al.*, 1997).

Los ecosistemas marino costeros son los receptores de la mayoría de los desechos procedentes del continente, y por esta razón pueden ser utilizados como un indicador sensitivo en el monitoreo espacial y temporal de contaminantes o de estudios geoquímicos en general (Cortesao y Vale, 1995; Schneider y Davey, 1995; Balls *et al.*, 1997; Rubio *et al.*, 1995). Por otra parte, los sedimentos son considerados como fuente secundaria de contaminación ambiental, debido principalmente a la acumulación de contaminantes de todo tipo, algunos de los cuales pueden retornar a la columna de agua o pueden pasar a la biota, por una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos (Attrill y Thomes, 1995; Schneider y Davey, 1995; Slotton y Reuter, 1995).

Esto ha traído como consecuencia que los estudios geoquímicos de los sedimentos sean un componente esencial en muchos programas de monitoreo internacional, en particular de la contaminación por fósforo, tomando en

consideración que es uno de los elementos fundamentales en el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos en el medio ambiente marino (Rubio *et al.*, 1995; Schneider y Davey, 1995; Alongi *et al.*, 1996; Balls *et al.*, 1997; Dassenakis *et al.*, 1997).

El fraccionamiento químico del fósforo (P), consiste en extracciones secuenciales con diferentes soluciones, con el fin de separar y cuantificar las distintas formas de fósforo en sedimentos (Carrasco y Primo, 1973). Para conocer la distribución del fósforo en sus distintas formas, se han utilizado varios métodos químicos de fraccionamiento. Algunos miden la cantidad de fósforo orgánico respecto al contenido total, como el método de Mehta *et al.* (1954) y Saunders y Williams (1955). Otros investigadores utilizan técnicas que separan las distintas formas del fósforo, como la de Chang y Jackson (1957), que separa las distintas fracciones de fósforo inorgánico y estima el fósforo orgánico por la diferencia entre la suma de todas las fracciones inorgánicas extraídas y el fósforo total cuantificado. Este método sin embargo, no da información acerca de la labilidad de las fracciones orgánicas. Una alternativa mejor fue propuesta por: Ruttemberg 1992; Andersen y Delany 2000 y Akhurst 2004, quienes diseñaron un método de fraccionamiento secuencial que remueve progresivamente desde las fracciones más lábiles hasta las menos disponibles en el sedimento. Este método es conocido comúnmente como método SEDEX. Este esquema permite establecer las proporciones del fósforo en distintas formas: Adsorbido, asociado a óxidos, autogénico, detrítico y orgánico. Además, todos ellos dan información acerca de la cantidad y disponibilidad de la porción inorgánica y orgánica del fósforo en el sedimento. En general, dicho procedimiento ha mostrado ser adecuado para estudios de génesis de sedimentos marinos cuando se quiere conocer la distribución del fósforo en diferentes formas (Sharpley y Smith, 1985; Duffera y Robarge, 1996; Urioste *et al.*, 1996; Fang *et al.*, 2007; Guillot, .2008).

En esta investigación se estudia el fraccionamiento del fósforo en sedimentos superficiales marinos, de gran importancia para conocer las

distintas formas en que se encuentra el fósforo en los sedimentos perteneciente a la zona elegida. Generalmente, este elemento posee una gran influencia en los ecosistemas marinos costeros. Por tanto, es un elemento fundamental en el crecimiento de microorganismos, ya que es transferido a los organismos consumidores en forma orgánica y es devuelto al sedimento por las excreciones de animales y por la acción de los degradadores de detritus. Por consiguiente, la identificación de los compuestos de fósforo en los sedimentos de la zona de estudio puede servir para estimar o entender el origen, la transformación, distribución y la regeneración del fósforo.

El Golfo de Cariaco es uno de los cuerpos de agua más ricos del país y del Mar Caribe; esta riqueza radica en su elevada productividad primaria, que es producto del efecto de los vientos alisios sobre las aguas superficiales favoreciendo la surgencia que aporta plancton y nutrientes profundos que es el origen de la gran riqueza sardinera del golfo (Sant y Véliz, 1996).

En el Golfo de Cariaco los contaminantes llegan al mar a través de efluentes industriales y domésticos, de las aguas de escorrentías y arroyos que son producidos en los períodos de lluvias, así como también por el río Carinicua, el aliviadero del río Manzanares, el río Manzanares y otros riachuelos de menor importancia, además del tráfico marítimo de diferentes embarcaciones que surcan sus aguas (Acosta *et al.*, 2005).

La agricultura es una de las actividades que se desarrollan en las regiones circundantes del Golfo de Cariaco, lo que conlleva a que los componentes de los fertilizantes como el nitrógeno y el fósforo, alcancen las aguas del golfo, depositándose finalmente en los sedimentos. Con el incremento del tráfico marino, descargas de desechos de actividades agrícolas y otras actividades, se podrían producir alteraciones en las condiciones naturales de los diferentes ecosistemas que conforman el golfo y que pueden causar una disminución sensible en los recursos pesqueros, afectando las principales fuentes pesqueras y alimentarias del estado Sucre.

El área elegida para este estudio es el sector oriental del Golfo de Cariaco en el estado Sucre, Venezuela, desde la zona central del golfo hasta la parte oriental conocido como Saco del Golfo. En la actualidad, los estudios en el Golfo de Cariaco son muy abundantes en distintas áreas del conocimiento. En sedimentos se han realizado estudios acerca de cuantificación y fraccionamiento de metales pesados, estudios de hidrocarburos, caracterizaciones geoquímicas y otros. Estos estudios del golfo comienzan en el año 1961, cuando Roa y Ottoman realizaron el primer estudio topográfico y geológico del Golfo de Cariaco. En ese mismo año, Kato (1961) reportó las condiciones hidrográficas y químicas del golfo. En 1963 Seiglie y Bermúdez hicieron un estudio sistemático de foraminíferos. Okuda y Gómez (1964) hicieron un estudio de distribución de carbono y nitrógeno en sedimentos de la región de oriental del golfo. García y Bonilla (1971) hicieron un estudio de características químicas del agua y de los sedimentos en la laguna de Campoma sector importante cercano al golfo. Para 1979, Bonilla y Lin llevaron a cabo un estudio de la materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco. Caraballo (1982), hizo un estudio de contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos, su distribución por el fondo y fauna característica. Para 2002, Martínez realizó un estudio de metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco. En el año 2005, Márquez *et al.*, efectuaron un estudio geoquímico de los sedimentos superficiales del litoral norte del Golfo de Cariaco. En 2005 y 2007, Quintero *et al.*, llevaron a cabo estudios de morfología costera del Golfo de Cariaco y sedimentos marinos costeros del Golfo de Cariaco, respectivamente.

En vista que en la actualidad, los estudios sobre el fraccionamiento de fósforo son escasos en los ecosistemas venezolanos e inexistentes en la zona de estudio, se desarrolló la presente investigación, con el propósito de conocer las distintas especies geoquímicas fosforadas que se encuentran en los sedimentos superficiales de esta región. Los resultados obtenidos serán una referencia de línea base para futuras investigaciones; Para entender el

comportamiento geoquímico del fósforo en los sedimentos de este ecosistema y además se pueden usar para inferir sobre futuros impactos que pudiera ocasionar la introducción de cambios químicos en el ambiente como producto de actividades humanas. Podrían, además, ayudar a entender su comportamiento geoquímico, así como a crear programas de monitoreo para el control del ingreso de contaminantes en tan importante ecosistema.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de Cariaco se encuentra situado en la región nororiental de Venezuela, al este de la Fosa de Cariaco entre los 10° 25' y 10° 35' de latitud norte y los 63° 13' 40" y 63° 39' 50" de longitud oeste. El mismo tiene aproximadamente 62 km de longitud este-oeste y un máximo de 15 km en su parte más ancha. El golfo cubre un área de 642 km², su volumen se estima en 31,5 km³ aproximadamente, y está separado de la depresión oriental por un umbral submarino entre 60 y 70 m de profundidad. Su entrada se encuentra ubicada por el Oeste, con un ancho aproximado de 5,5 km y su característica topográfica principal es la presencia de una cuenca anóxica sedimentaria ubicada en la parte sur de la región central, con una profundidad cercana a los 93 m, denominada Depresión de Guaracayal (Okuda *et al.*, 1978; Audemar *et al.*, 2007).

El área de estudio se ubica en el sector oriental del golfo, también conocido como saco del Golfo de Cariaco, el cual se encuentra afectado por las descargas del río Carinicuao o Cariaco y por los efluentes domésticos de la ciudad de Cariaco y otros centros poblados establecidos en sus márgenes. Entre estos poblados se encuentran: Guacarapo, los Cachicatos y Chiguana en la región norte y Muelle de Cariaco, Pericantar, San Antonio del Golfo y Mariguitar entre otros ubicados en la costa sur. Además del río Carinicuao, recibe el aporte de quebradas y pequeños riachuelos por el sur. La zona elegida para el estudio no tiene afluentes tributarios permanentes por el norte, pero sí una cadena montañosa o serranía que le separa del Mar Caribe, lo que lo hace receptor de las escorrentías de lluvia de esa zona. La zona terrestre inmediatamente adyacente a la zona en estudio es mayoritariamente seca y rocosa por la parte norte, mientras que la parte sur presenta una considerable vegetación. En cuanto a la topografía submarina o batimetría, se puede

mencionar que las profundidades de esta zona varían desde muy someras con profundidades de 1,5 m, hasta profundidades que alcanzan los 60 m.

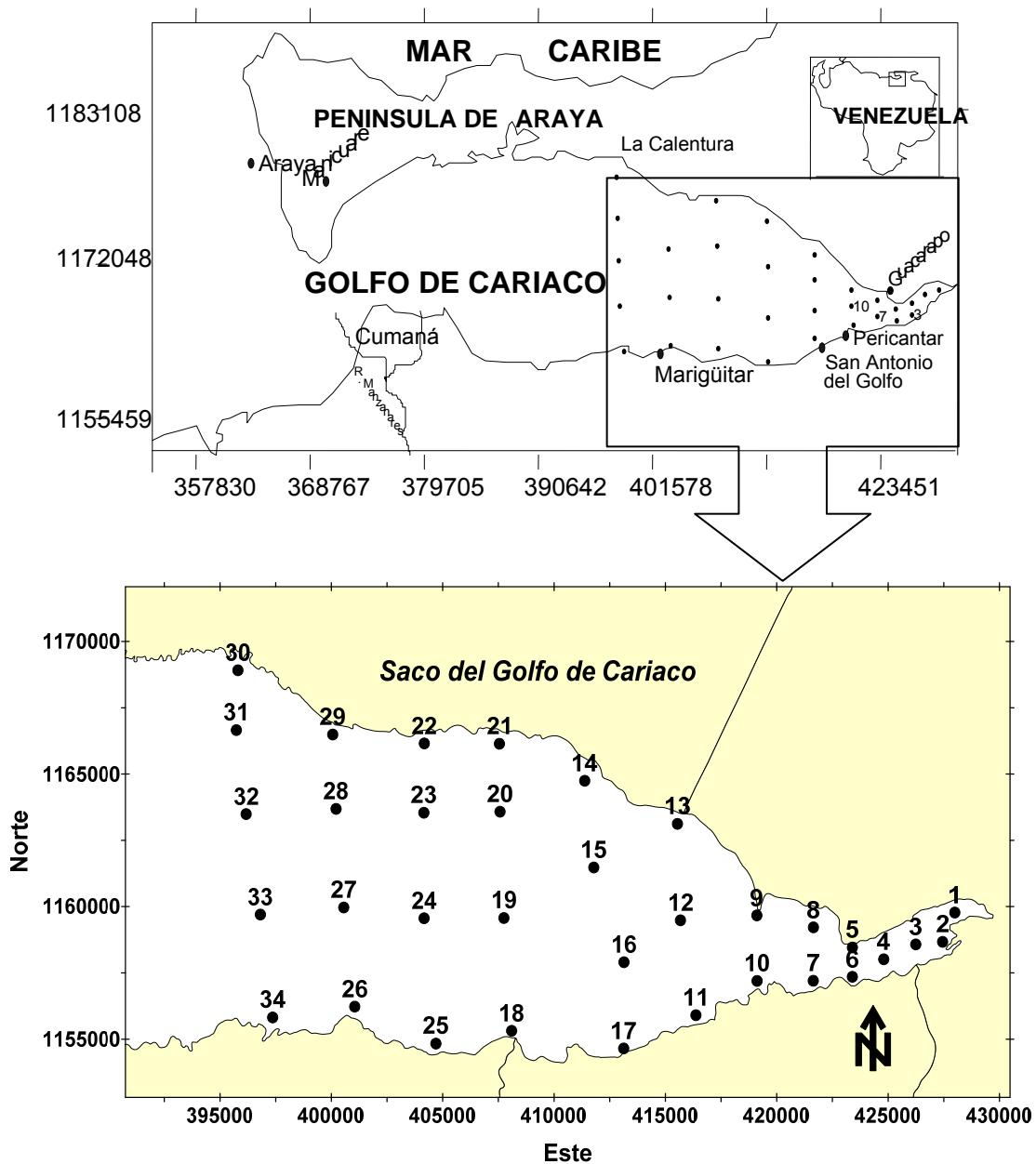


Figura 1. Localización geográfica de las estaciones.

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones muestreadas en el Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Prof.(m)	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
		Norte	Este	Lat. Norte	Long.Oeste
1	1,5	1159775	427996	10,4910000	-63,658000
2	1,8	1158671	427446	10,4810000	-63,663000
3	2,0	1158574	426242	10,4801000	-63,674000
4	2,5	1158013	424804	10,4750000	-63,687133
5	5,0	1158458	423396	10,4790000	-63,700000
6	3,6	1157353	423394	10,4690000	-63,700000
7	21,0	1157202	421639	10,4676000	-63,716033
8	9,0	1159218	421647	10,4858333	-63,716000
9	11,4	1159668	419107	10,4898500	-63,739217
10	24,4	1157196	419116	10,4675000	-63,739083
11	26,4	1155904	416370	10,4557500	-63,764150
12	30,3	1159483	415676	10,4881000	-63,770567
13	7,3	1163121	415541	10,5210000	-63,771883
14	8,6	1164746	411378	10,5356000	-63,809967
15	26,4	1161475	411785	10,5060333	-63,806167
16	40,8	1157902	413139	10,4737500	-63,793717
17	29,0	1154649	413127	10,4443333	-63,793750
18	31,8	1155315	408095	10,4502333	-63,839733
19	39,5	1159569	407747	10,4887000	-63,843017
20	35,8	1163580	407574	10,5249667	-63,844700
21	16,8	1166142	407546	10,5481333	-63,845017
22	20,0	1166155	404174	10,5481667	-63,875833
23	48,9	1163541	404154	10,5245333	-63,875950
24	47,7	1159561	404163	10,4885333	-63,875767
25	14,2	1154832	404696	10,4457833	-63,870783
26	34,1	1156226	401049	10,4583000	-63,904133
27	57,8	1159967	400556	10,4921167	-63,908733
28	60,8	1163685	400212	10,5257333	-63,911983
29	43,8	1166491	400061	10,5511000	-63,913433
30	41,8	1168914	395805	10,5729000	-63,952400
31	50,6	1166657	395734	10,5524833	-63,952983
32	65,0	1163491	396173	10,5238667	-63,948883
33	60,5	1159700	396813	10,4896000	-63,942933
34	48,5	1155819	397365	10,4545167	-63,937783

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

La plataforma de trabajo para la recolección de las muestras fue el buque oceanográfico Guaiquerí II perteneciente al Instituto Oceanográfico de Venezuela y a la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre. Se recolectaron 76 muestras de sedimentos superficiales ubicadas en sitios diferentes dentro del Golfo de Cariaco, de las cuales sólo se tomaron las 34 ubicadas en el mapa (Figura 1). Las muestras fueron recolectadas durante los días 10, 11 y 12 de diciembre de 2007. Los sedimentos se colectaron mediante la utilización de una draga tipo PETERSEN y almacenados en bolsas de polietileno a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su procesamiento y análisis en los laboratorios del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Las coordenadas geográficas fueron tomadas con el GPS del buque y las profundidades con el ecosonda.

El secado de las muestras se realizó con una estufa P SELECTA a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante, luego se pulverizaron y homogenizaron en un mortero de porcelana, almacenándose posteriormente en viales de vidrio, herméticamente cerrados y guardados en desecador.

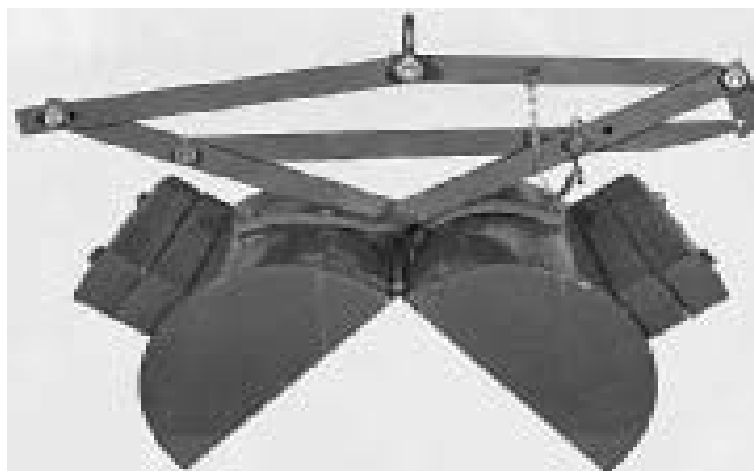


Figura 2. Draga tipo PETERSEN para la recolección de sedimentos marinos.

Para el análisis granulométrico se secaron aparte, a temperatura ambiente otras cantidades de muestra por varios días.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Determinación de la granulometría y textura de los sedimentos

El análisis de la fracción gruesa fue realizado por tamizado, según la metodología descrito por Roa y Berthois (1975), Dyer (1979) y Gray (1981), usando la secuencia de tamices U.S. Standard. La agitación fue efectuada durante 10 minutos en un equipo Ro-Tap Testing Sieve Shaker Modelo B (Combustión Engineering. Inc). La fracción fina fue analizada según el método de la pipeta, usando cilindros de 1000 ml que contenían agua a temperatura ambiente (27 °C) y una solución dispersante de heptametafosfato de sodio al 4,0 %. Este procedimiento se basa en la tasa de sedimentación de los granos, a diferentes intervalos de tiempo, según la Ley de Stokes (Roa y Berthois , 1975; Gray ,1981; Prego *et al.*, 1999). La textura fue realizada según la nomenclatura propuesta por Sheppard (1954), la cual es ampliamente usada en la actualidad (Fermín, 2002; López, 2002).

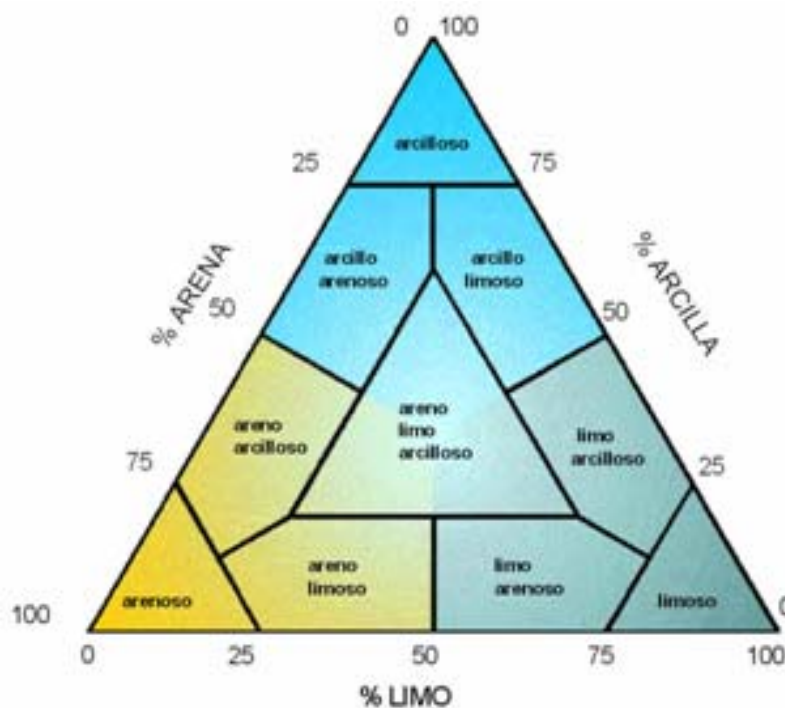
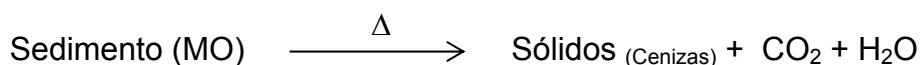


Figura 3. Triángulo de Shepard usado para la clasificación de los sedimentos marinos en sus diferentes texturas.

Determinación de la materia orgánica total (MO)

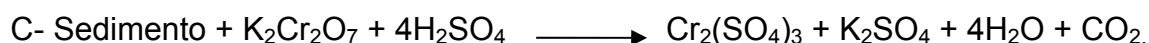
El contenido de materia orgánica fue determinado por el método descrito por De la Lanza (1980) y utilizado recientemente por Santos *et al.* (2005), el cual se fundamenta en la mineralización total de la materia orgánica que se encuentra contenida en los sedimentos marinos. Esto es posible por la calcinación de las muestras a altas temperaturas, de tal manera que es obtenida una fracción libre de materia orgánica. Aproximadamente 1,0000 g de sedimento seco fue colocado en crisoles de porcelana previamente tarados, y puestos en una mufla a 420°C durante 12 horas. Después de enfriados en desecador, los crisoles fueron pesados, obteniéndose por diferencia de masa el contenido de materia orgánica.



Determinación del carbono orgánico total

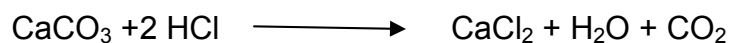
El carbono orgánico fue determinado por el método de combustión húmeda (Walkley y Black, 1934; Schumacher, 2002; Miyazawa *et al.*, 2000); modificado por Grahan (1948), Metson (1956) y Heanes (1984). Este método se fundamenta en la medición espectrofotométrica del color verde de los iones del Cr^{3+} , formados a partir del dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) durante la oxidación del carbono orgánico a dióxido de carbono (CO_2). Para ello se pesaron entre 0,050 y 0,1000 g de sedimentos, se le añadieron 10 ml de solución de reactivo oxidante (ácido sulfocrómico $0,5 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$), se calentó hasta ebullición por dos minutos; se dejó enfriar y luego centrifugado a 5000 RPM por 5 minutos. El extracto se diluyó a 25 ml con agua químicamente pura y fue leída la absorbancia A 590 nm, en celdas de vidrio de 1 cm de trayecto óptico, en un espectrofotómetro GENESYS 8. Paralelamente se preparó una curva de calibración de carbono a partir biftalato de potasio. Se secaron y pesaron exactamente 0,265 g de $\text{KH}_5\text{C}_8\text{O}_4$ y fueron disueltos en 100 ml de agua químicamente pura (AQP). De esta solución se tomaron volúmenes de: 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; y 8,0 respectivamente y se le hizo un procedimiento similar a las

muestras. Los valores para la curva de calibración se ubican en un rango de valores con un mínimo de 0,625 hasta un máximo de 4,80 mg de equivalente de carbono orgánico respectivamente.



Determinación del contenido de equivalentes de carbonato de calcio

Los equivalentes de carbonato de calcio fueron obtenidos por titulación con solución de NaOH estandarizado (Vogel, 1960). Para ello se pesaron 0,1500 g de sedimentos previamente calcinados a 420°C durante 12 horas, les fueron añadidos 12,5 ml de solución de HCl 0,4 mol·l⁻¹ y se sometieron a agitación en un agitador mecánico Thermolyne modelo Aros 160 por 6 horas. Posteriormente, fueron centrifugadas a 5000 RPM, y se separaron los extractos. Finalmente fueron titulados con solución de NaOH 0,5 mol·l⁻¹ previamente valorado con ácido oxálico. Para determinar el punto final se utilizó fenolftaleína como indicador. Paralelamente se procesó una cantidad similar de CaCO₃ para análisis, con el fin de verificar la eficacia de la titulación.



Determinación de las fracciones de fósforo en el sedimento

El método empleado fue el de SEDEX (Ruttenberg, 1992; Andersen y Delaney, 2000), el cual consiste en una extracción secuencial de fósforo en sedimentos y suelos. Para tal fin, se procedió de la siguiente manera:

Extracción del fósforo adsorbido

Se pesó aproximadamente 1,0000 g de sedimento, colocándose en un erlenmeyer de 125 ml, le fueron añadidos 10 ml de solución de MgCl₂ 1 mol·l⁻¹ a pH 8. con NaOH 0,5 mol·l⁻¹, se agitó durante dos horas en un agitador mecánico Thermolyne modelo Aros 160 y fue separado el extracto mediante centrifugación a 5000 RPM. El mismo procedimiento fue repetido por segunda vez, con solución de MgCl₂ y finalmente se le añadieron 10 ml de agua

desionizada al sólido remanente, esto para lavar y recoger cualquier porción de fósforo adsorbido en la muestra decantada. Las tres fracciones fueron reunidas y diluídas hasta 50 ml con agua desionizada, se les añadieron 5 ml de una mezcla reactiva (reactivo de fosfato) compuesta de: H_2SO_4 5 mol.l^{-1} , heptamolibdato de amonio, tartrato de potasio y ácido ascórbico y finalmente medidas para la determinación del fósforo por espectrofotometría, en un espectrofotómetro GENESYS 8, haciendo las medidas a 885 nm, en celdas de vidrio de 1 cm de trayecto óptico.

Extracción del fósforo asociado a óxidos

Al residuo sólido remanente del paso anterior, al cual se le había extraído el fósforo adsorbido, le fueron añadidos 10 ml de una solución compuesta de: citrato de sodio 0,22 mol.l^{-1} , ditionito de sodio 0,14 mol.l^{-1} y bicarbonato de sodio 1 mol.l^{-1} a pH 7,6; fue agitado durante seis horas en un agitador mecánico Thermolyne modelo Aros 160. Se separó el extracto mediante centrifugación a 5000 RPM. Posteriormente el procedimiento fue repetido con 10 ml de una solución de MgCl_2 1 mol.l^{-1} a pH 8 y recogido el extracto. Finalmente con 10 ml de agua desionizada. Fueron reunidos los tres extractos, diluidos a 50 ml, les fue añadida la mezcla reactiva (reactivo de fosfato) descrita anteriormente y leídos los valores de absorbancia en el espectrofotómetro para determinar las concentraciones de fosforo asociado.

Extracción del fósforo autogénico

Al residuo del sedimento del paso anterior les fueron añadidos 10 ml de solución de acetato de sodio 1 mol.l^{-1} a pH 4, fue agitado durante dos horas en un agitador mecánico. El extracto fue separado por centrifugación a 5000 RPM. Al residuo de sedimento se le agregaron 10 ml de solución de MgCl_2 1 mol.l^{-1} a pH 8, y fue repetido el procedimiento descrito anteriormente. Finalmente con 10 ml de agua desionizada para obtener el último extracto de esta fracción. Se juntaron los 3 extractos, fueron diluídos 50 ml, añadida la mezcla reactiva de

fosfato y hecha la lectura en el espectrofotómetro GENESYS 8 para determinar las concentraciones de fósforo autogénico.

Extracción del fósforo detrítico

Al sedimento remanente de la extracción anterior le fueron añadidos 13 ml de solución de HCl 1 mol.l⁻¹, fue agitado durante 16 horas en un agitador mecánico, posteriormente separada la fase líquida y sólida mediante centrifugación a 5000 RPM. Después se le añadieron los 10 ml de agua desionizada, se agitó nuevamente y separó por centrifugación. Los dos extractos fueron diluidos hasta 50 ml con agua desionizada, les fue añadida a cada muestra los 5 ml de la mezcla reactiva de fosfatos y realizada la lectura en el espectrofotómetro para determinar la concentración del fósforo detrítico.

Extracción del fósforo orgánico

Las muestras de sedimentos de la extracción anterior, remanentes del el fósforo detrítico, fueron puestas en crisoles de porcelana, secadas en una estufa P SELECTA a 80 °C. Se les añadió a cada una 1 ml de solución de Mg(NO₃)₂, fue secado nuevamente el sedimento en la estufa antes mencionada a 80°C. Después de secadas, las muestra se incineraron a 550 °C en una mufla marca TERMOLYNE TYPE 1300. A las cenizas les fueron añadidos 13 ml de una solución de HCl 1 mol.l⁻¹. Fueron agitadas durante 24 horas en un agitador mecánico, separadas la fase líquida y sólida mediante centrifugación a 5000 RPM. Se les añadieron los 10 ml de agua desionizada y fueron lavadas y centrifugadas nuevamente. Los dos extractos se unieron y diluyeron a 50 ml con agua desionizada. Finalmente se les añadió la mezcla reactiva de fosfatos y hechas las lecturas en el espectrofotómetro para determinar los valores de fósforo orgánico.

Determinación del fósforo total

El fósforo total fue determinado por oxidación a altas temperaturas y altas presiones, según el método de Valderrama (1981), adaptado y aplicado para sedimentos. Fueron pesados 0,0500 g de muestras y colocados en viales PYREX de 125 ml con tapas, se les añadieron 100 ml de agua desionizada y 6 ml de reactivo compuesto de: Peroxodisulfato de potasio, ácido bórico y solución 1 mol.l⁻¹ de hidróxido de sodio. Luego fueron colocados en un autoclave marca ALL AMERICAN Model No 25X a una temperatura de 250 °C y a una presión de 103,42 kPa por 30 minutos. Después de enfriado a temperatura ambiente. Alícuotas de 50 ml fueron tomadas, se les añadió la mezcla reactiva de ácido sulfúrico, heptamolibdato de amonio, oxitartrato de potasio y antimonio y ácido ascórbico. Finalmente fueron hechas las lecturas en el espectrofotómetro. GENESYS 8 a 885 nm, en celdas de vidrio de 1 cm de trayecto óptico, para determinar el fósforo total.

La cuantificación del fósforo inorgánico en todos los extractos se determinó colorimétricamente por el método de Murphy y Riley (1962). En este método el fósforo reacciona con el molibdato de amonio, en presencia de antimonio (II), para formar un complejo que es luego reducido por el ácido ascórbico; esta forma reducida, de coloración azul, tiene un máximo de absorción a 885 nm. En cada caso se realizó una curva de calibración estándar a base de KH₂PO₄, de concentraciones de: 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 y 10,0 μmol.l⁻¹ respectivamente.

Procesamiento y análisis de los resultados

Fue empleado el programa Microsoft Office Excel 2007 para los cálculos de las concentraciones, diseño de tablas y algunos gráficos de barras. Surfer 9.0, para las distribuciones espaciales de los parámetros geoquímicos evaluados en el saco del Golfo de Cariaco. XLSTAT Versión 7,5 pro. para el análisis estadístico multivariante y TRIDRAW 4.5. para la determinación de la textura de los sedimentos mediante el triángulo de Shepard.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de establecer relación entre la granulometría, textura y las demás variables analizadas en los sedimentos y la condición de la cuenca, se presenta una estructura batimétrica de la zona en estudio. Esta zona del Golfo de Cariaco muestra una topografía submarina irregular, donde las profundidades varían desde 1,5 m hasta 60 metros, con valores promedio de 35 m. La parte noreste tiende a ser somera, de 5 a 10 m. A medida que presenta un desplazamiento en dirección oeste, las profundidades aumentan considerablemente, hasta alcanzar valores hasta de 60 m. Las zonas intermedias presentan profundidades comprendidas entre 30 a 45 m.

Se ha mencionado que las características de los sedimentos dependen de: la composición de la roca erosionada, el agente de transporte, la duración del transporte y las condiciones físicas de las cuencas sedimentarias (López, 2003). Los sedimentos almacenados en una cuenca como la que se describe, tendrán propiedades intrínsecas con este medio que los deposita y características propias de las fuentes rocosas presentes en esta área del golfo que los generan; así como también de otros factores ambientales en el área de estudio.

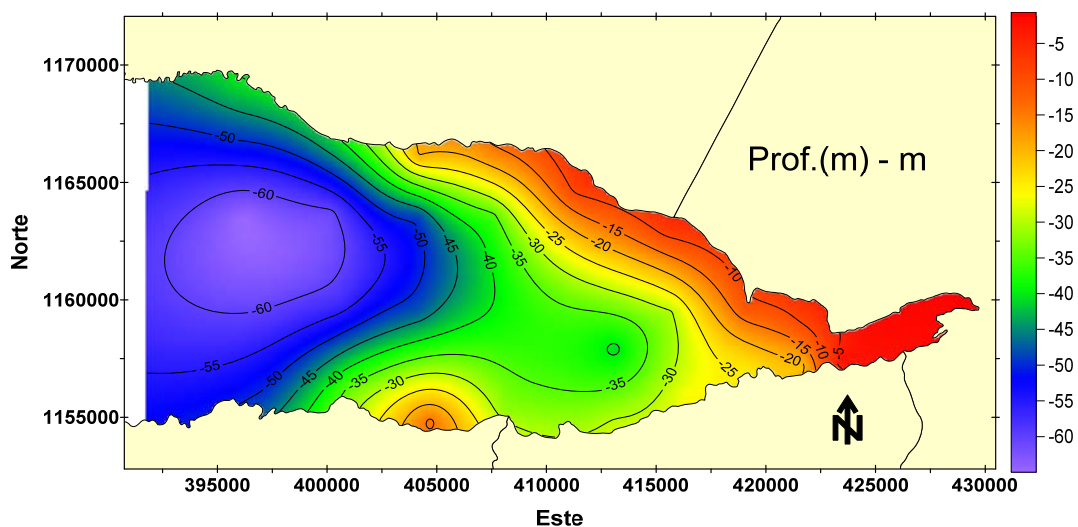


Figura 4. Batimetría de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Granulometría y textura de los sedimentos

El sedimento, es un agregado de partículas minerales y restos orgánicos de diversos tamaños. Estos tamaños pueden variar desde granos muy grandes (de diámetros promedio de partículas mayores de 256 mm), conocidas como aglomerados, hasta muy pequeños de diámetros promedio de partícula inferiores a 0,0020 mm denominadas arcillas. En el intermedio de estas clasificaciones mencionadas, se ubican las gravas, arenas y limos. Las gravas tienen entre un diámetro promedio de partícula comprendido entre 5 hasta 256 mm, con sus respectivas clasificaciones de: Finas, medianas y gruesas. Las arenas entre diámetros promedio de partículas comprendidos entre: 5,000 y 0,0063 mm, igualmente con sus respectivas clasificaciones de finas, medianas y gruesas. Los limos con diámetro promedio entre 0,0063 y 0,0020 mm, y finalmente si el diámetro promedio de la partícula es menor a 0,0020 mm son conocidos como arcillas. (Carrasco y Primo, 1973; Roa y Berthois, 1975). Para los estudios geoquímicos de esta competencia, tienen atención especial solamente las arenas, limos y arcillas.

Según sea el porcentaje predominante de gránulos o partículas, se pueden clasificar los sedimentos como de texturas: Arenosas, limosas o arcillosas. Una clasificación más específica es dada por Shepard (1954), donde discrimina, además de las ya mencionadas, otras intermedias, tales como: Areno-limosa, limo-arenosa, areno-arcillosa, arcillo-arenosas, limo-arcillosa y arcillo-limosa.

En el estudio llevado a cabo en esta investigación, los porcentajes arrojados para cada una de las fracciones analizadas se presentan en la tabla (A1). Los valores de arena, están comprendidos entre: Un mínimo (Min.) de 36,72%, un máximo (Máx.), de 99,79% con un promedio (Prom.) de 72,72%. Los valores para los limos se distribuyen entre: Un Min. de 0,02%, y un Máx. de 57,03%, con un Prom. de 21,35%, mientras que para las arcillas se distribuyen entre: Un Min. de 0,10%, y un Máx. de 21,71% con un Prom de 5,63%. Estos valores pueden ser visualizados en la figura 5. El gránulo predominante en todo

el estudio fue el arenoso; muy escasa la presencia de arcilla, mientras que los limos presentaron un valor de abundancia considerable.

Se puede apreciar que en estaciones tales como la 12, 13, 19, 22 y 25, el grano arenoso es prácticamente el único componente del sedimento y en todas las 34 estaciones con la excepción de la 2, 4, 6 y 7, presentan una composición superior al 50%. En estaciones tales como: 2, 3, 4 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 24, 26 y 28, es notoria la presencia de limos. Las únicas estaciones con un porcentaje considerable de arcillas fueron la 18 y 21.

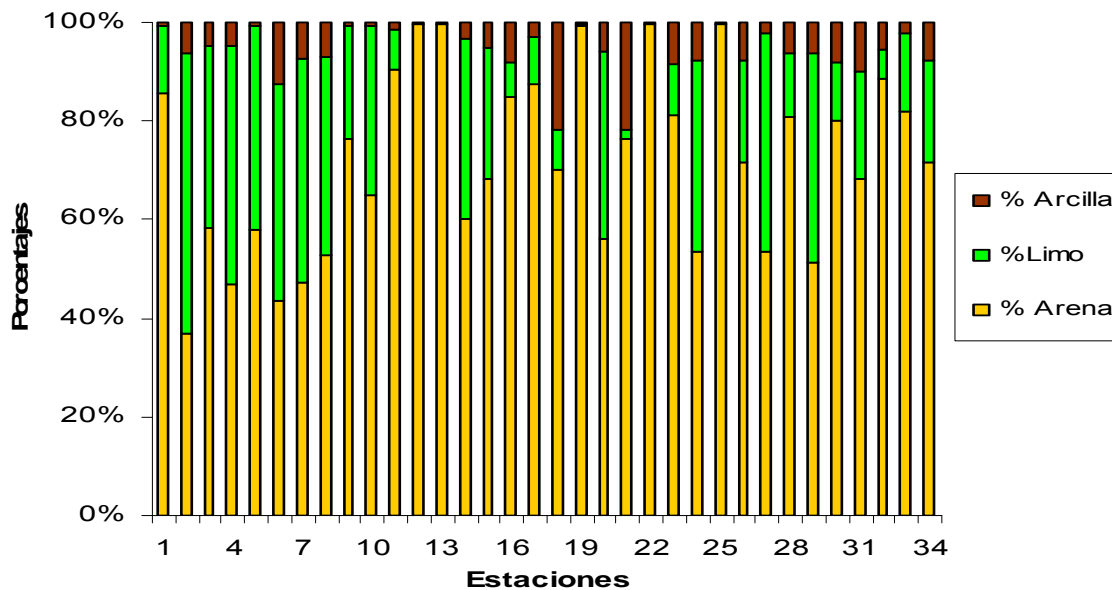


Figura 5. Valores porcentuales de granulometría y estaciones.

Estos valores se distribuyen en el espacio estudiado de la manera que a continuación se exponen:

En la figura 6 se señala la distribución de las arenas en el área estudiada. Los mayores porcentajes de la fracción de arena, valores comprendidos entre 90 y 98% se observan en 4 núcleos. Un primer núcleo en la zona costera norte, circundante con la estación 22. Esta es una zona de playa de muy poca profundidad. Un segundo núcleo de valores similares está ubicado en la zona central del área en estudio, concretamente en los alrededores de la estación 19. Esta es un área con una profundidad aproximada de 30 m (Fig.3).

Un tercer núcleo de este rango de concentraciones está ubicado en la zona costera sur, en la estación 25 y alrededores, esta estación se halla en las adyacencias de la población de Tarabacoa, y cerca de allí existe una descarga de un río del mismo nombre. Es posible que estos valores elevados de arena sean debidos a la descarga de dicho río. Un cuarto núcleo está ubicado en la zona centro oriental del área estudiada. Comprende este las estaciones: 12, 13, 16 y 19., cubriendo una gran superficie. Debida a la cercanía con las descargas del río Carinicua, puede atribuírsele a esta causa, estos elevados porcentajes.

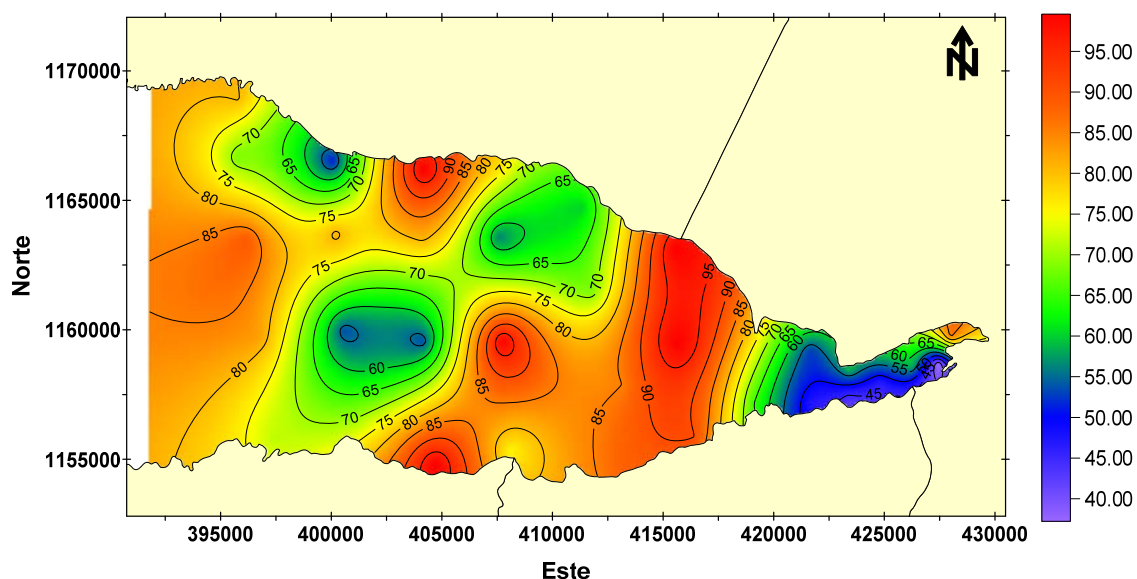


Figura 6. Distribución espacial de la fracción de arenas en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Las zonas centrales y occidental del área estudiada, de mayores profundidades, las cuales cubren las estaciones 32 y 33, presentan valores que comprenden un rango entre: 80 y 85%. Núcleos con valores medianos de arenas, valores entre: 20 y 30%, se observan en algunas áreas de la zona central y de a zona costera norte, específicamente en la estación 14. Los menores valores de arenas, los cuales comprenden de: 40 hasta 55%, se observan en las estaciones: 2, 3, 4 y 6, correspondiendo con valores elevados de limos y cercanas a la zonas de manglares, a la población de Muelle de

Cariaco y muy cercanas a la desembocadura del río Carinicua. Contenidos bajos de arena también son observados en las zonas profundas del área estudiada. Estos valores se ubican en las estaciones: 24, 27 y 29, las cuales presentan profundidades mayores a 25 m.

En la figura 7 se presentan las distribuciones espaciales de la fracción limo del área estudiada. Los valores porcentuales de limos más altos: Entre 50 y 55% se ubican en la zona oriental, en las estaciones 2, 3, 4 y 6, correspondiendo estos con los valores más bajos de arenas. Es importante recalcar algunos hechos relevantes acerca de estos valores. En primer lugar es preciso mencionar que esta zona es la más estrecha del área estudiada, es una zona de baja energía y ubicada justo es la desembocadura del río Carinicua. En segundo lugar esta es una zona rica en vegetación de manglares y, aparte del río Carinicua, también desembocan allí algunos riachuelos de menor importancia. Un hecho relevante que se debe puntualizar, es que las zonas aledañas a la población de Muelle de Cariaco, contienen depósitos de barros de alfarería, siendo la alfarería una actividad muy común de esta zona.

Lo antes expuesto puede explicar de cierta manera el hecho de que la fracción de limo y, en menor proporción la arcilla, sea abundante en esta área. Tal vez son llevadas estas fracciones por escorrentías hasta las aguas de esta zona del Golfo de Cariaco. Valores entre 35 a 40% son observados en las estaciones 8 y 9, También se observan valores de limo similares a los anteriores cercanos a los poblados de Pericantar y Guacarapo respectivamente, en la zona central y en la zona costera norte, concretamente en las estaciones 24, 27 y 29. Estas estaciones, presentan valores comprendidos entre 40 y 45% de limos; las zonas que le circundan, presentan valores entre 20 y 30%. El resto de la zona muestreada presenta valores bajos comprendidos entre 5 y 15% de limos.

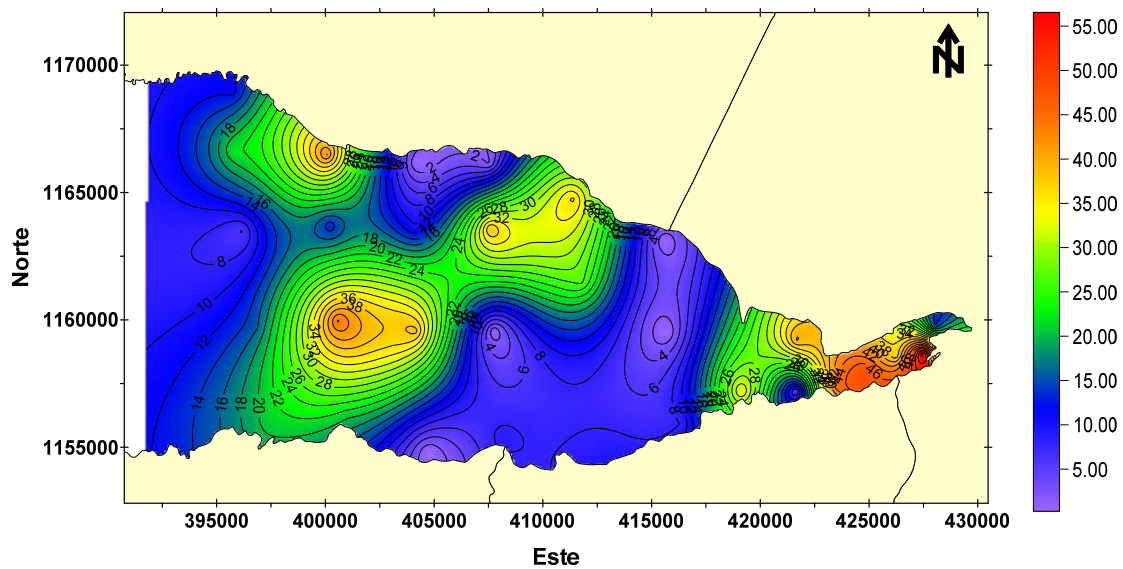


Figura 7. Distribución espacial de la fracción de limos en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

En la figura 8 se presentan las distribuciones espaciales de la fracción arcilla en el área estudiada. Los valores porcentuales de esta fracción son bastante bajos, con valores mínimos entre 0 y 6% que abarcan la casi totalidad del área estudiada. Núcleos de valores relativamente altos, comprendidos entre 8 y 20% de arcillas, se ubican en dos sitios muy puntuales. El primero en la zona costera sur, en la estación 18, cuyas áreas circundantes tienen valores que van desde 8 a 12%. Es importante puntualizar que esta estación está cercana a las poblaciones de Tarabacoa y Marigüitar, donde riachuelos y quebradas descargan en esta zona. Es posible que los aportes de arcillas provengan de estas fuentes. El otro núcleo de valores porcentuales altos, está ubicado en la región costera norte, concretamente en la estación 21 y zonas circundantes con valores entre 15 y 20%. Es difícil precisar las causas por las cuales se presenta este núcleo de estas concentraciones. Los valores entre 7 y 12%, cubren un área notable de la región costera norte hacia el extremo occidental y una buena área de la región costera sur. En la zona de la desembocadura del río Carinicua, en las estaciones 5 y 6, también se observan valores de arcillas entre 7 y 12%.

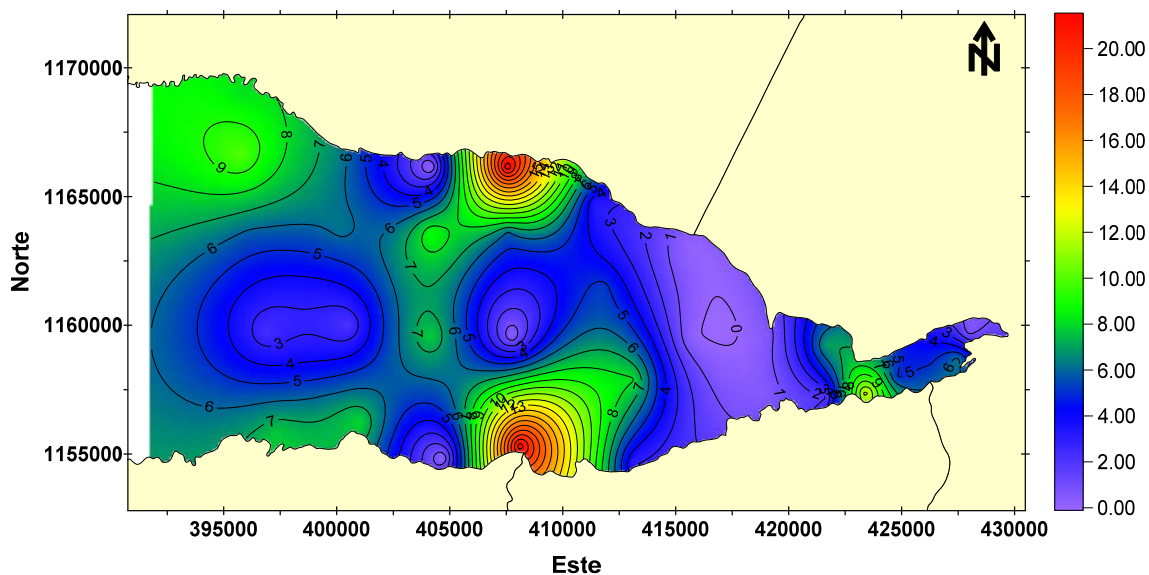


Figura 8. Distribución espacial de la fracción de arcillas en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

A partir de las composiciones granulométricas se pueden determinar las texturas de los sedimentos analizados. Mediante la utilización del programa TRIDRAW 4,0 se determinaron estas texturas. En la figura 9, se aprecian los resultados halladas para los sedimentos superficiales de la región oriental del Golfo de Cariaco. Estos valores se resumen en la tabla 2. La textura arenosa se halla en 17 estaciones, representando un porcentaje de 50%. La textura arenolimosa se encuentra en 17 estaciones lo cual es un 38%, la textura limo arenosa se encuentra 3 veces lo cual es un 9% y en un valor muy escaso, casi insignificante se halla la textura areno-arcillosa, con un porcentaje de 1%.

Tabla 2. Composición textural de los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco. Frecuencia de aparición y porcentajes de cada una.

Textura	Frecuencia	Porcentaje (%)
Arenosa	17	50
Areno-limosa	13	38
Limo-Arenosa	3	9
Areno-arcillosa	1	1
Total	34	100

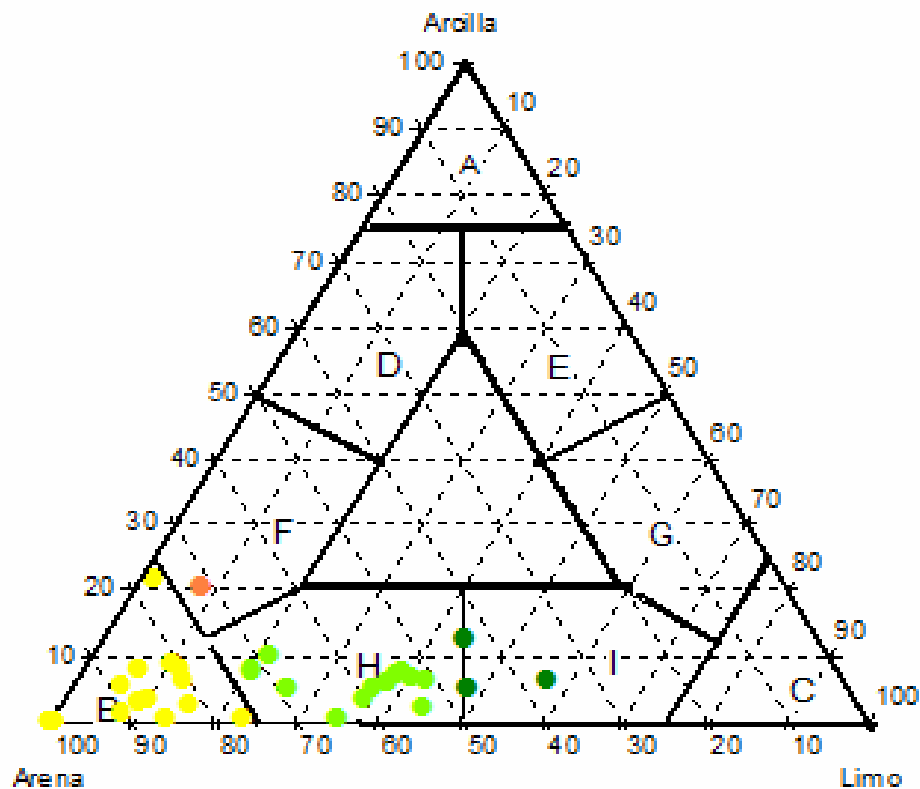


Figura 9. Triángulo de Shepard con la composición textural de las muestras de sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

En anteriores estudios, los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco, han sido caracterizados como sedimentos arenosos en algunas áreas pequeñas. En las zonas central y oriental han sido localizadas texturas arenolimosas y limo arenosas respectivamente (Velásquez, 2005; Caraballo, 1982; Martínez, 2002). Velásquez (2005) realizó un estudio similar en la región del saco del golfo, hallando texturas parecidas a las reportadas en esta investigación. Sus resultados difieren solamente en lo tocante a la abundancia de limo, hallando valores máximos de 69%, mientras que los máximos de la presente investigación fueron de 55%. Al respecto de la aparición de granulometría fina más abundante en las estaciones cercanas al río Carinicua, (mayor abundancia de gránulos de limos y arcillas). Y también una notable concentración mayor de esta granulometría fina en la costa sur, Martínez (2002)

halló comportamientos similares atribuyendo este comportamiento a la desembocadura de cursos de aguas (34 en total) en la zona costera sur.

Quintero *et al.* (2006) señalan, que los mecanismos de transporte de los sedimentos de la costa sur es producto del efecto del viento que sopla sobre una mayor área en sentido este-oeste. En el saco del Golfo, predomina como mecanismo de transporte de las partículas de sedimentos la suspensión, pues señalan que allí las aguas son someras, las corrientes débiles y hay poco oleaje. Además, la topografía no permite un mayor desarrollo de estos elementos hidrodinámicos. Por otra parte, los bosques de manglar que recubren buena parte de la ribera de la zona absorben energía, amortiguando el movimiento de las aguas y el oleaje y constituyen trampas de sedimentos finos. En la costa norte el mecanismo de transporte de sedimentos es la sedimentación, pues las corrientes en la zona son débiles y favorecen este mecanismo. (Quintero *et al.*, 2006; Romero, 2010). Lo anteriormente descrito podría explicar en cierta manera los resultados obtenidos.

Materia Orgánica Total (MO)

Los componentes orgánicos que están presentes en cada gota de agua oceánica, en cada partícula de material en suspensión, han sido primero creados por organismos fotosintéticos, micro plantas u organismos plantónicos (materia orgánica autóctona), o han sido transportados al océano procedentes de las zonas terrestres (materia orgánica alóctona) la cual, a su vez, también ha sido creada por un principio inicial de fotosíntesis (Romankevich; 1984). La materia orgánica producida por fotosíntesis es asimilada por otros organismos de la cadena trófica, de tal manera que la MO presente en los sedimentos, está compuesta de organismos tanto de la flora como de la fauna acuática y terrestre, así como también de los productos de secreción, autólisis y digestión (Klaus-Gerhard *et al.*; 2004; Rodríguez, 2007).

La productividad primaria es el medio principal por el cual se crea materia orgánica. Puede ser definida como el proceso por el cual se transforman sales

inorgánicas y gases en materia viviente, la cual ocurre en grupos de organismos fitoplanctónicos vivos, compuestos de algas microscópicas, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos capaces de efectuar el proceso de fotosíntesis de la misma manera que los vegetales terrestres. (Chávez, 1974).

En atención a lo anteriormente descrito, la distribución de la materia orgánica sedimentaria mantiene generalmente el mismo comportamiento que la productividad primaria y depende tanto del origen como de la textura, los niveles de oxígeno en las aguas de fondo, la tasa de sedimentación y descomposición orgánica que se presenta en sedimentos de los diferentes ecosistemas, así como también de las condiciones hidrográficas, hidroquímicas y biogeoquímicas del ambiente sedimentario (Bonilla *et al.*, 2003).

Los valores de materia orgánica determinados en el área de estudio se presentan en la tabla A2. El valor máximo fue de 15,40% para la estación 8, un mínimo de 1,22% para la estación 12 y un promedio de 7,79%. La distribución espacial de estas concentraciones en el área de estudio se muestra en la figura 10.

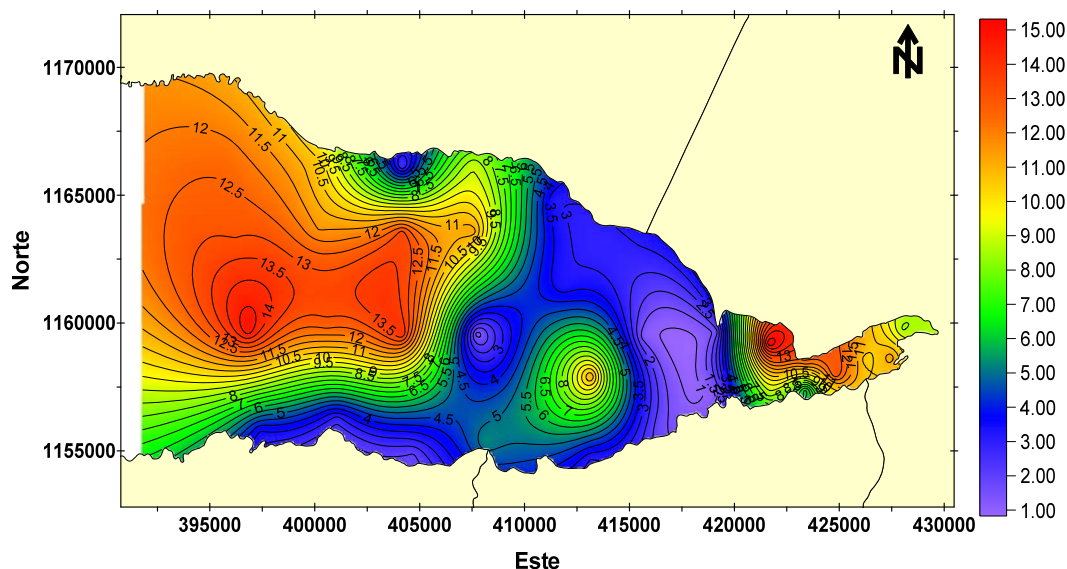


Figura 10. Distribución espacial de la materia orgánica en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Las concentraciones más altas de MO, cuyos valores están comprendidos entre un 11% y un 15%, se hallaron en dos áreas principales: La primera con una mayor superficie, se ubica en la zona central occidental y zona costera norte occidental, comprendiendo las estaciones: 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31,32 y 33. Esta zona es de gran profundidad. (Fig.4), con profundidades entre 45 a 60 m. Es probable que esta abundancia de MO en esta zona se deba principalmente a actividad biológica y productividad primaria. Gran parte de las altas concentraciones de MO coinciden con la mayor abundancia de limos lo cual facilita su retención (Fermín, 2002). Otro núcleo de altas concentraciones, se da en la región norte oriental, concretamente en las estaciones: 3, 4, 5 y 8. Estas estaciones están cercanas a la desembocadura del río Carinicua. Pueden estos altos porcentajes ser atribuidos a aportes alóctonos productos de las descargas del río antes mencionado. Valores intermedios, cuyas concentraciones se ubican entre: 6 y 10% se hayan en contornos circundantes a los valores altos antes mencionados y en los alrededores de la estación 16. Los valores bajos, comprendidos entre: 1 y 5% se hayan mayoritariamente en la zona costera sur y en la región centro oriental en casi toda el área. Estos valores mínimos están asociados con altos valores de arenas (fig.6). Estudios realizados por De la Lanza y Cáceres (1984) y Páez-Osuna *et al*, (1992), señalan como zonas de alta contaminación, aquellas que presentan contenidos de MO iguales o superiores a 20%. Los valores obtenidos en el presente estudios están muy por debajo de los señalados por estos autores, por lo cual se puede señalar que esta zona en estudio no presenta contaminación por materia orgánica.

En comparación con estudios similares, los valores hallados de MOT, son parecidos a los encontrados por Rodríguez, (2007), quien reportó valores promedios de 7,49% y 9,06 % para dos muestreos diferentes en la zona costera de Cumaná. Velázquez (2005), halló valores promedios de 11,65 % y 11,22 %, respectivamente en dos muestreos diferentes realizados en parte en el sector oriental del Golfo de Cariaco; Castellar (2004) obtuvo valores promedio de 8,01

% para sedimentos superficiales de la Bahía de Santa Fe y Landaeta (2002), reportó valores de 9,59% para la región marino costera frente a Cumaná. En cambio, valores superiores fueron presentados por Ramírez (1999), quien reportó valores 13,11% para sedimentos de Punta Arenas; Márquez (2003) halló valores de 14,84 % para el Golfo de Santa Fe, mientras que Aranda (1999), reportó valores de 19,35% en la Ensenada Grande del Obispo.

Carbono Orgánico Total (C_{org}-)

La materia orgánica está compuesta principalmente de carbono. Se estima que un 58% de ella es carbono orgánico, motivo por el cual la totalidad de ésta, en ciertas condiciones puede ser estimada a partir del porcentaje de C_{org}. a partir de un factor conocido como factor de Vammelen, el cual tiene un valor de 1,724. ($MO = 1,724 \times \% C_{org}$). La abundancia de carbono es un parámetro que refleja el índice de fertilidad de los sedimentos de un ecosistema costero y de los sedimentos profundos de mares y océanos. Aproximadamente el 80% del C_{org}. de los océanos está acumulado en los sistemas litorales (Hedges, 1992).

La MO en los sedimentos marinos juega un papel importante, debido a que proporciona un reservorio en el ciclo global del carbono. Esta materia Orgánica en los sedimentos abisales es de origen predominantemente marino (Chester 2000), generada por la fijación fotosintética del carbono inorgánico a partir del CO₂ atmosférico por las plantas superiores en la tierra y el fitoplancton en el ambiente marino. Esta producción primaria del fitoplancton (PP) es suficientemente grande para sostener consumidores, y descomponedores, y se ha estimado en el orden de 40 a 50 Gt C año⁻¹ (Langhurst *et al.* 1995). Sólo una pequeña cantidad del carbono orgánico (1,5% de la PP en mar abierto y >17% en el talud) se deposita en el sedimento superficial. El flujo de C_{org}. disminuye rápidamente conforme aumenta la profundidad en la columna de agua ya que éste es remineralizado (Suess, 1980).

Diversos factores se han reconocido que afectan la preservación del C_{org} . Entre estos se pueden mencionar los siguientes: El origen de la MO (Hedges *et al.*, 1999), la profundidad de la columna de aguas (Suess, 1980), los niveles de la columna de agua (Canfiel, 1984 y Hartnet *et al.*, 1998), la tasa de sedimentación Berner, 1980; Aller y Mackin, 1984), y el tiempo de exposición en la masa de agua oxigenada (Hartnett *et al.*, 1998 Keil *et al.*, 2004), entre las más importantes. En los sedimentos se van depositando diferentes materiales en varios estados de descomposición y diferentes formas químicas. La cantidad de carbono orgánico total (% C_{org} .) ofrece la idea de la demanda de oxígeno de estos sedimentos y del potencial redox de los mismos. Esta es una variable importante para conocer la calidad de los mismos (Leong y Tanner. 1999).

El carbono orgánico en los sedimentos en estudios se presenta en la tabla A2. Estos valores están comprendidos entre un máximo de 7,27% en la estación 31 y un mínimo de 0,36% en la estación 25, con un promedio de 3,92%. La distribución espacial de estas concentraciones en el área de estudio se muestra en la figura 11.

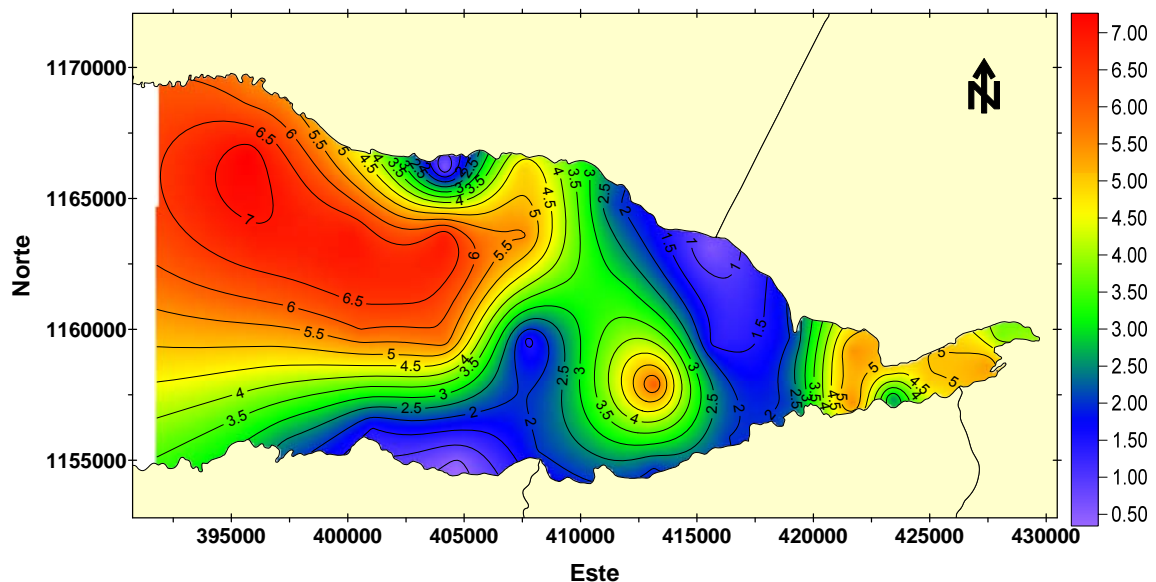


Figura 11. Distribución espacial de carbono orgánico total (C_{org} .) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

En la figura 11, se aprecia la distribución y comportamiento del carbono orgánico, la cual presenta una gran similitud con la distribución de la MO. Los más altos valores (comprendidos entre 5,5% y 7,00%) se presentan en la región centro norte, coincidiendo con las mayores profundidades (figura 4); Los valores más bajos (comprendidos entre 0,50% y 2,50%) se ubican en la región costera sur y en la región oriental que presentan mayor abundancia de arenas (Figura 6), con un pequeño núcleo en la región costera norte (estación 22). Valores intermedios (2,50% y 5,50%), se ubican entre las zonas de mayor y menor abundancia. Estos valores intermedios también pueden ser apreciados en las estaciones cercanas a la descarga del río Carinicuaao en la zona más oriental. También un pequeño núcleo con estas características es observado en la estación 16 y en sus adyacencias.

Los altos valores de C_{org} en la zona central y en la zona costera norte occidental, se pueden atribuir a la producción primaria de esta zona; y por estar ubicados en una zona muy profunda (Figura 4), tienen poca o ninguna posibilidad de ser degradados óxicamente. Un examen visual y de propiedades organolépticas de estas muestras frescas arroja como resultados que presentan un fuerte hedor sulfuroso y son de color negro, lo cual es una evidencia de anoxia o ausencia de oxigenación en ellas. Los valores relativamente altos en la zona oriental y que están ubicadas en el área de influencia de las descargas del río Carinicuaao, puede ser atribuido, como en el caso de la MO, a los aportes fluviales en este sector. También como se mencionó acerca de la MO, los altos valores de C_{org} coinciden con altas abundancias de limos y arcillas, mientras que los valores bajos, tanto de la zona oriental como la zona costera sur, están relacionados con altas abundancias de arenas.

Comparando el estudio realizado con estudios similares, los valores hallados son semejantes a los encontrados por Velásquez (2005), quien halló valores promedio de 2,99% y 3,11% en dos muestreos diferentes en parte de la zona acá estudiada. Bonilla y Lin (1979) encontraron valores promedio de 4,18% en algunas zonas del Golfo de Cariaco. Bonilla (1982) halló en la

cuenca de Cariaco valores de 5,56%. Mudarra (2002), quien dio valores de 4,06% para la Ensenada de Puerto Escondido. En tanto que valores inferiores a los hallados en el presente estudio fueron hallados por López y Okuda (1968) en la Ensenada Grande del Obispo quienes registraron valores de 1,96%; Bonilla (1993) para el Criogénico de Jose, reportó 1,86%; Bonilla y Lin (1979) en los sedimentos del Golfo de Paria 1,18%; Aranda (1999) en la Ensenada Grande del Obispo 1,07% y Márquez (2003) en el Golfo de Santa Fe 1,94%, Silva y Astorga (2010) en la Zona Puerto Montt y Boca de Guafo (Chile), 1,42%, respectivamente.

Carbonato de calcio

La mayor abundancia de carbono en la tierra está concentrada en las rocas sedimentarias. Una pequeña proporción se encuentra como carbono orgánico, mientras que otra alta proporción se halla en forma de carbonatos (Tissot, 1984; Zuloaga, 2002). En el océano, el carbono experimenta dos transformaciones principales: La conversión del CO_2 atmosférico a C_{org} , mediante la fotosíntesis, y la precipitación del carbonato (generalmente como carbonato de calcio, CaCO_3) por organismos pelágicos y arrecifales. El carbono en forma de carbonato es incorporado a los sedimentos por medio de la precipitación de partículas que contienen aragonita y calcita (Zuloaga, 2002).

El carbonato se encuentra en numerosos ambientes sedimentarios marinos, pero es en los ecosistemas marinos tropicales donde presenta su mayor abundancia. Los carbonatos se forman a partir de aguas abundantes en CO_2 por procesos bioquímicos, en los cuales se desarrollan las partes esqueléticas y conchas de los organismos calcáreos, así como por precipitación química de aguas sobresaturadas en ambientes de alta evaporación (Mucci et al., 2000).

Además del carbonato de calcio, los sedimentos marinos presentan en menor proporción los minerales de carbonato de calcio (CaCO_3) y de calcio y

magnesio o dolomitas ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$), y otros carbonatos, tales como de sodio, potasio y magnesio. Se suelen expresar los carbonatos como equivalentes de carbonato de calcio, debido al empleo del HCl para su determinación.

Las variaciones del contenido de carbonato de calcio de los sedimentos marinos son, parcialmente, el resultado de la desintegración de fragmentos de corales y de cambios temporales del ambiente bajo el cual las conchas o esqueletos de organismos planctónicos fueron depositadas. La preservación del carbonato de calcio, en los sedimentos marinos, está altamente controlada por procesos termodinámicos y por la rapidez de transformación del carbonato de calcio (Libes, 2009). Aparte de la fracción producida biológicamente en el medio marino, una buena parte del CaCO_3 también puede ser transportada por corrientes fluviales o pluviales hasta los predios marinos, teniendo estos como origen rocas compuestas de carbonatos.

Los valores determinados para equivalentes de CaCO_3 en el presente estudio, se muestran en la tabla A2. Estos fluctúan entre un Min. de 0,05% para la estación 12 y un Máx. de 89,63% para la estación 22, con un promedio de 14,16%. Se puede observar en dicha tabla que sólo se presentan 2 valores muy

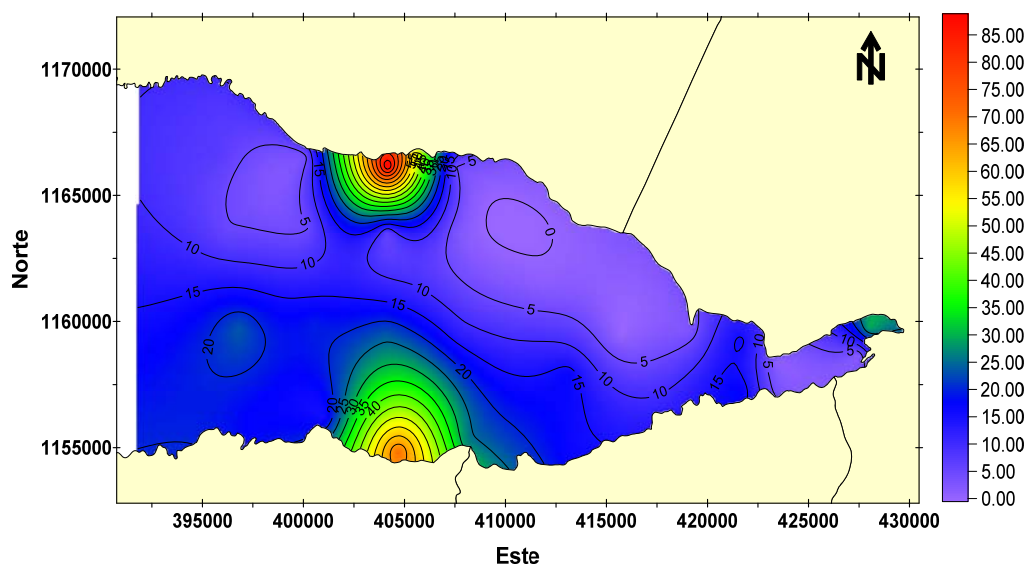


Figura 12. Distribución espacial de carbonato de calcio (CaCO_3) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

altos. El Máx. ya mencionado y un valor de 70,16% para la estación 25. Los valores hallados son representados espacialmente en la figura 12.

Estos valores predominantes para las mayores extensiones del área estudiada están comprendidos entre el valor mínimo ya mencionado y un valor de 25%. El valor promedio de 14,16% predomina en la zona central y en la zona costera sur, con una ligera excepción de un núcleo de altos porcentajes (entre 45% y 70%), en las adyacencias de la estación 25. Es evidente que estas altas concentraciones presentadas en este punto y sus regiones adyacentes se deben a aportes terrígenos, dado que muy cercano a esta zona esta la descarga del río Marigüitar. La zona costera norte y una gran área de la zona central presentan valores comprendidos entre el Min. mencionado y un valor de 12%. Un núcleo de altas concentraciones también es observado en la zona norte, concretamente en la estación 22 y zonas adyacentes, en las cuales se observan valores que van desde 45% hasta un 89%. Estas concentraciones altas pueden ser debidas a aportes terrígenos de rocas carbonatadas trasportadas por esorrentías continentales. Una tercera zona con un valor alto se observa en la zona más oriental, concretamente en la zona que comprende las estaciones 1 y 2, siendo ésta la que contiene principalmente las descargas del río Carinicua. Es evidente que los altos valores de esta última zona son debido a las descargas de dicho río, exceptuando las tres pequeñas zonas de mayor abundancia de carbonatos. En toda la zona muestreada predominan valores de 0,05% hasta 25%, los cuales con toda certeza pueden ser atribuidos a un origen biogénico, como partes esqueléticas y conchas de organismos vivientes que han existido en esta región del golfo y al morir han sido incorporados a los sedimentos. Es importante acotar que los más altos valores, están ubicados en los sedimentos más profundos (figura 4 y 12).

Comparando los presentes resultados con estudios similares, los valores hallados son semejantes a los encontrados por Velásquez (2005), quien halló valores promedios de 13,26% y 19,33 % de CaCO_3 respectivamente para

muestreos de marzo y octubre de año 2005 en parte de este mismo sector oriental del Golfo de Cariaco. Márquez (2005) por su parte, encontró valores promedios de 21,97% de CaCO_3 en sedimentos del Litoral Nororiental de esta misma región. Valores superiores al presente estudio son reportados por Marval (2008), quien halló valores promedio de 33,98% de CaCO_3 para la región Occidental del Golfo de Cariaco. Bonilla *et al.* (1986) hallaron valores de 34,73% para la Bahía de Bergantín. Bonilla *et al.* (2003), 35,53% para la Ensenada Grande del Obispo y Márquez (2003) quien reportó valores promedio de 33,62% para el Golfo de Santa Fe. Valores muy pequeños en comparación con los hallados en el presente estudio, son reportados por Zuloaga (2002), quien registró valores promedios de 1,2% en sedimentos superficiales de la Fachada Atlántica Venezolana.

Fraccionamiento geoquímico de fósforo en sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco

En el medio acuático, el fósforo es un nutriente esencial que se encuentra en forma disuelta (90%) y en forma particulada. Los organismos acuáticos satisfacen su necesidad mediante la asimilación directa de fosfato (principalmente HPO_4^{3-}). (Contreras, 1994).

La variación estacional del fósforo está íntimamente ligada a procesos biológicos y geoquímicos, en estuarios donde la introducción de polifosfatos por medio de los ríos es primordial, llegan a aparecer constantes florecimientos fitoplanctónicos con la subsecuente formación de materia orgánica en considerable proporción. La cantidad de materia orgánica que puede formarse en la zona fótica, está en relación directa con la concentración de fosfatos en el agua (Contreras y Karestres, 1992; Benitez-Nelson, 2000).

En Medios acuáticos el fosfato es limitante de la producción fitoplanctónica en áreas marinas someras (Krom *et al.*, 1991; Fourqurean, *et al.*, 1992) y en regiones oligotróficas del Pacífico y el Atlántico (Cotner, *et al.*, 1997).

El aumento de los aportes antropogénicos de fósforo en ecosistemas costeros puede cambiar sustancialmente la dinámica en frágiles comunidades de zonas en las cuales no es limitante de la productividad. En áreas altamente pobladas de las costas del mundo, el aporte antropogénico de fosfatos a las aguas costeras por fertilizantes o por detergentes, es 100 veces más altas que en tiempos preindustriales (Caraco, 1993; Benítez-Nelson, 2000). Estos aumentos tienen numerosas consecuencias, entre las cuales se pueden mencionar cambios en la abundancia del fitoplancton e incrementos de la intensidad y frecuencia de las mareas rojas (Nixon, 1993; Benítez-Nelson 2000).

Desde el medio acuático (columna de agua), existe una importante pérdida de fosforo hacia los sedimentos. Esta pérdida ocurre en forma de apatita (Contreras, 1994); de tal manera que es muy importante conocer la dinámica de intercambio de este nutriente desde la columna de agua hacia el sedimento y desde este a la columna de agua.

Es de gran importancia el estudio del papel que juegan los sedimentos en su relación con los procesos de eutroficación de los cuerpos de aguas continentales. En lagos (por ejemplo), el fósforo que ingresa es retenido en sus sedimentos; una fracción del mismo sedimenta como materia orgánica particulada, otra es adsorbida a las partículas de arcilla y otra precipitaría con coloides de hierro (Golterman, 1980).

La relación entre las concentraciones de fosfato disuelto en el agua y la cantidad adsorbida, estaría regida por un equilibrio entre las fases agua-sedimento. Nixon (1981) y Páez-Osuna (1992) afirman que para el caso del ciclo de fósforo en sistemas costeros poco profundos, este ciclo está dominado por los procesos de intercambio agua-sedimento.

Entender la sedimentación en el océano es particularmente importante para cuantificar las pérdidas en el ciclo del fósforo. Hay mucho interés en la capacidad de los sedimentos para capturar y almacenar de alguna manera compuestos de fósforo.

Pese a la importancia de los compuestos de fósforo en el sedimento y su biodisponibilidad, hay relativamente pocas herramientas analíticas disponibles para proporcionar una detallada caracterización. Típicamente los estudios de especiación de fósforo descansan sobre extracción secuencial química o técnicas de resonancia magnética nuclear (RMN) (Brades, 2007). Estas técnicas han pintado un complejo cuadro del ciclo y composición del fósforo en el medio marino: En las fracciones disueltas y particuladas en el agua así como en los sedimentos, el fósforo se presenta en diferentes fases, tales como: Orgánico e inorgánico o mineral; y que esas fases pueden sufrir muchas transformaciones en respuesta a las condiciones ambientales. Numerosos estudios de extracción secuencial de sedimentos marinos y particulado de la columna de agua han mostrado distribución del fósforo asociado con materia orgánica, superficies minerales, hidróxido de hierro y fases autogénicas (Andersen y Delany, 2000). La extracción secuencial puede típicamente cuantificar fósforo en clases como: Hidrolizable o lábil, unido al hierro, autogénico, detrítico y orgánico.

Fósforo total (PT)

Mediante el empleo de dos métodos analíticos diferente se pudo cuantificar las concentraciones o valores totales de fósforo en los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco. Estos valores se presentan en la tabla A5. Los métodos que se aplicaron para tal fin fueron los de Valderrama (1981) adaptado para sedimentos y el método de fraccionamiento SEDEX (Ruttenberg, 1992; Andersen y Delaney, 2000). En el método SEDEX el valor del fósforo total es obtenido por sumatoria de cada una de las cinco fracciones. El método de Valderrama (1981), adaptado, modificado y aplicado para el análisis de sedimentos arroja resultados muy similares a los que resultan de la aplicación del método SEDEX los cuales pueden ser visualizados el la figura 13 (tabla A5).

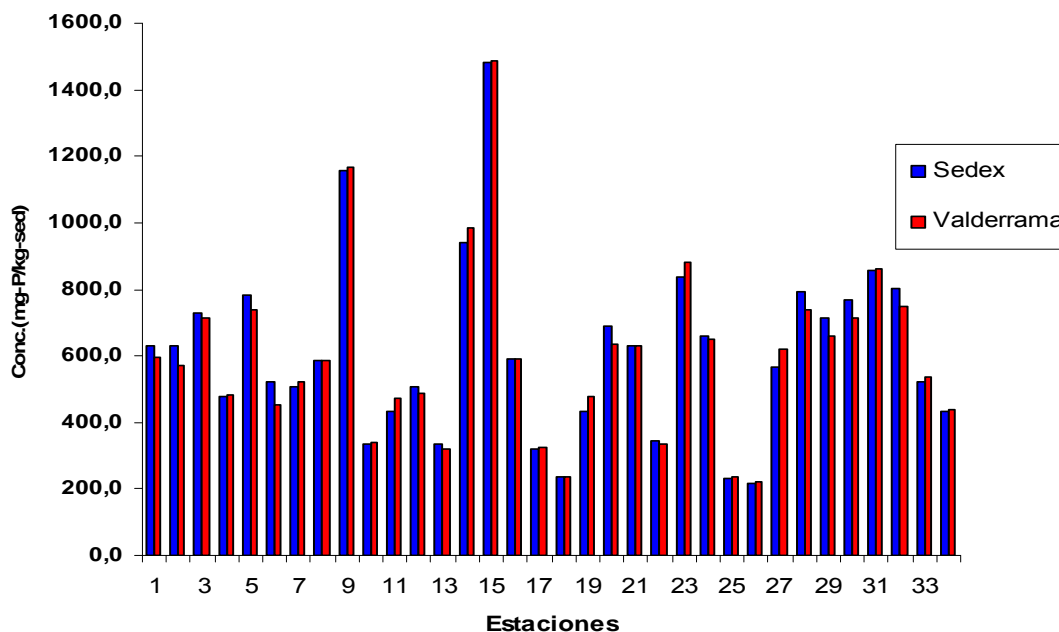


Figura 13. Gráfica de valores de concentraciones de fósforo total determinados por el método SEDEX y por oxidación de Valderrama.

Un análisis estadístico comparativo de resultados aplicando el método de Box and Wisker, no parece presentar diferencias significativas entre los resultados arrojados por los dos métodos. 1 SEDEX y 2 oxidación Valderrama(1981).

Box-and-Whisker Plot

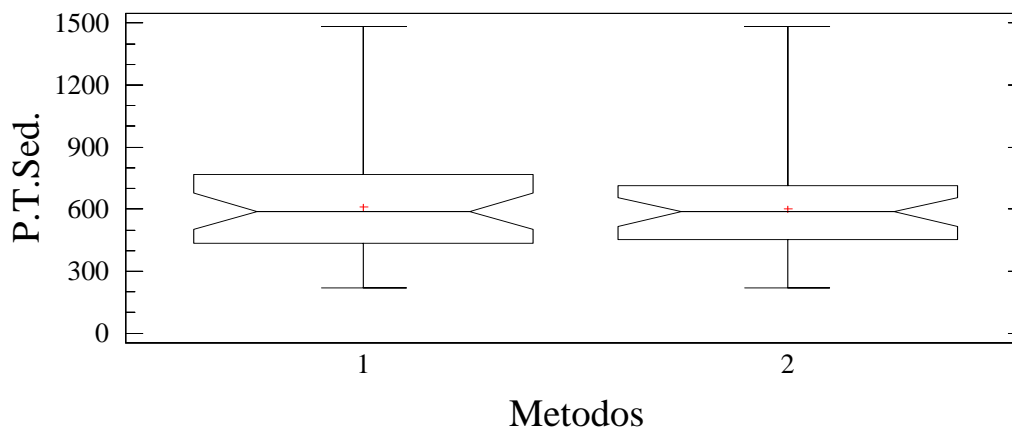


Figura 14. Prueba estadísticas de Box and Wisker para la comparación de los métodos para determinación de fósforo total en sedimentos.

Los valores de máximo, mínimo y mediana, presentan una gran similitud en ambos métodos, por lo cual se concluye que para la determinación de P.T. ambos métodos pueden dar resultados confiables.

Los valores hallados para PT, reportados en la tabla A5, y tomando como referencia los obtenidos por fraccionamiento, oscilan entre un máximo de: 1485,0 mg/kg (miligramos de fósforo por kilogramos de sedimento seco) para la estación 15 y un mínimo de 219,70 mg/kg, el cual fue hallado en la estación 26. El promedio para el PT en el presente estudio fue de 601,26 mg/kg. De la gráfica representada en la figura 13, se puede apreciar que la mayoría de las concentraciones determinadas en este estudio, presentan valores muy por debajo del promedio; sólo algunas estaciones tales como la 3, 5, 14, 15, 21, 28 y 31, entre otras, presentan valores superiores al promedio de 601,26 mg/kg.

La distribución espacial de los valores de PT se muestra en la figura 15.

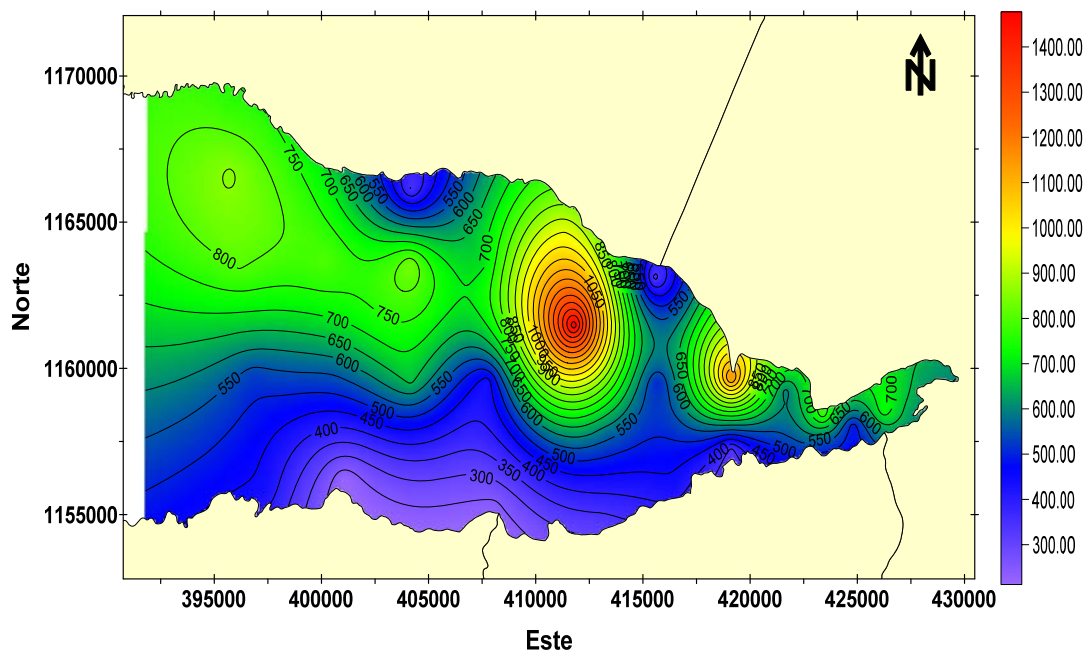


Figura 15. Distribución espacial de fósforo total (P.T.) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

En otras latitudes, en estudios similares llevados a cabo en cuerpos de aguas relativamente cerrados con alta influencia antrópica, se han hallados

valores mucho más elevados a los reportados en el presente estudio. Oates (2008), halló valores promedios de: 971, 1207 y 1277 mg/kg de PT, para las Bahías, de Buzzards, Hingham y Massachusetts respectivamente en California, USA. Sutula *et al.* (2004), reportaron valores promedios de 827 mg/kg de PT en el Bajo Mississippi y Golfo de México. Vink *et al.* (1997), halló valores promedios de 759 y 720 mg/kg de PT para dos muestreos en dos estaciones distintas en la bahía de Tomales, California. Collis (2006), encontró valores promedios de 995 mg/kg de PT para tres estaciones en la Bahía Superior de Newport California.

Las fuentes de aporte de fósforo en el Golfo de Cariaco son diversas. La mayoría de los autores atribuye el origen y abundancia del fósforo en sedimentos a diversas causas: Desintegración y descomposición de rocas que contengan minerales de apatita (Ruttenberg, 2003), aporte fluviales y escorrentías, surgencia, aguas de desecho domésticos e industriales (Khoshmanesh *et al.*, 2002), entre otras. El fósforo total de los sedimentos del Golfo de Cariaco puede tener diversos orígenes. El río Carinicuaio descarga anualmente un volumen considerable de agua dulce. Las poblaciones asentadas en sus adyacencias, la alta productividad primaria y los posibles aportes litogénicos de fósforo mineral contenidos en rocas. Es importante puntualizar que este golfo es un ecosistema con una alta productividad biológica, lo que puede contribuir en el aporte de fósforo a los sedimentos por la muerte y descomposición de organismos. No todo el fósforo total contenido en los sedimentos tiene la capacidad de ser asimilado por los organismos o de pasar a la columna de agua. Puesto que el método SEDEX, puede discriminar entre los disponibles y los refractarios, ha de considerarse cada una de las fracciones que componen el PT.

Los niveles de biodisponibilidad del PT, basados en la posibilidad de cómo podrían estar presente en los sedimentos para ser cedidos a la columna de agua y luego asimilados por diversos organismos, se pueden clasificar en tres niveles de biodisponibilidad: Fósforo (P) biodisponible o lábil, este es el

fósforo adsorbido (F1); P potencialmente biodisponible o que puede llegar a estar disponible (fósforo ligados al hierro o también llamado asociado a óxidos, P-Fe), denominada operacionalmente como F2 y fósforo orgánico PO,(F5); y fases refractarias o biológicamente no disponible entre las que se ubican el autogénico o P-Ca (F3) y el P detrítico (F4) (Collis, 2006).

Para una mejor comprensión de los resultados totales, se separan en cada una de las fracciones para ver su abundancia y su distribución en el espacio o área estudiada.

En la figura 16 se presenta una vista general porcentual de las fracciones que componen el PT. En ella se pueden visualizar estas fracciones como disponibles (F1, F2 y F5) y refractarias (F3 y F4).

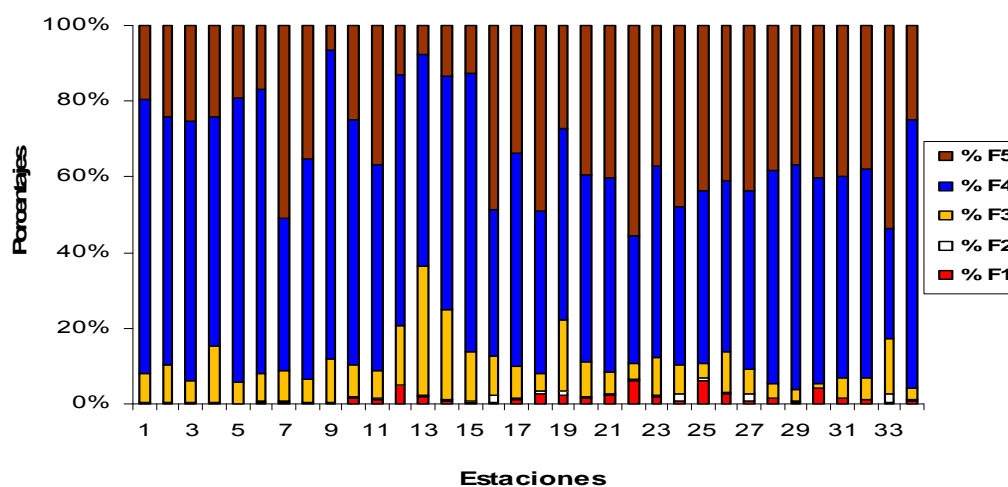


Figura16. Representación porcentual de cada una de las fracciones que componen el fósforo total en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

La fracción con mayor porcentaje en todo el estudio es la fracción detrítica, (F4), con porcentajes que varían desde un máximo de 81,62% a un mínimo de 29,16% y un elevado promedio de 56,06%, lo que permite deducir fácilmente que más de la mitad del fósforo total está contenido en la fracción detrítica. La segunda fracción de mayor abundancia lo representa la fracción orgánica (F5), con valores comprendidos entre de 6,34% hasta 55,64%, presentando un promedio significativo de 32,64%. La tercera fracción con

mayor abundancia, es la fracción denominada autogénica (F3), los valores de esta fracción oscilan entre un máximo de: 34,19%, un mínimo de 1,17% y un promedio de 9,28 % respectivamente. La cuarta fracción en abundancia, es la fracción adsorbida o débilmente unida al sedimento, con valores de: 6,19%; 0,12% y 1,55 % como máximo, mínimo y promedio respectivamente. Finalmente, con valores muy bajos y poco significativo resultó la fracción asociada al hierro. El análisis detallado de cada una de estas fracciones será lo que permitirá dilucidar la naturaleza e importancia del fósforo total hallado en el área estudiada.

Fósforo adsorbido (F1)

La fracción de fósforo adsorbido, llamada también intercambiable o ligeramente unida al sedimento, es la fracción más lábil o disponible para cederse o intercambiarse desde el sedimento hacia la columna de agua. Básicamente esta fracción está constituida por fosfatos provenientes de fertilizantes fosforados que son utilizados para reforzar el déficit de fósforo en suelos agrícolas y son trasladados a los sedimentos superficiales de ríos, mares y océanos por escorrentías de lluvias y por fosfatos provenientes de, desagües de origen doméstico (Guillot, 2008; Gonzáles, 2010). De todas las fracciones analizadas es la que presenta más riesgo de producir estados eutróficos en cuerpos de agua dada su facilidad para ser liberados desde los sedimentos.

En este estudio, los valores de la fracción (F1) están comprendidos entre un máximo de 31,19 mg/kg, un mínimo 0,91 mg/kg y un promedio de 7,75 mg/kg. En porcentaje representa la cuarta fracción en abundancia. Los valores se distribuyen espacialmente en el área estudiada tal como se muestran en la figura 17. Se puede apreciar que la mayor parte del área presenta concentraciones relativamente bajas, cuyos valores se encuentran entre un rango de 2,0 y 9,0 mg/kg. Otro rango de valores que se puede apreciar en la figura, es el que comprende desde unos 10,0 mg/kg hasta unos 20 mg/kg. Este rango de valores se presenta en escasas zonas del área estudiada. Con estas

características se presenta un nódulo de concentración en la zona costera sur, concretamente en la estación 25, cercana a las poblaciones de Marigüitar y Tarabacoa. La estación 25 está ubicada en la salida de un río que lleva por nombre el mismo de la población, Tarabacoa. Los sedimentos hallados en este sitio poseen un alto contenido de arenas (figura 6), y están a muy poca profundidad (figura 4), por lo que se puede asumir que estos valores sean debidos a descargas de productos de fertilizantes agrícolas arrastrados por el río. Otro Núcleo de concentraciones importantes se da en la estación 12 y alrededores, donde se observan valores o isóneas desde 10 a 20 mg/kg.

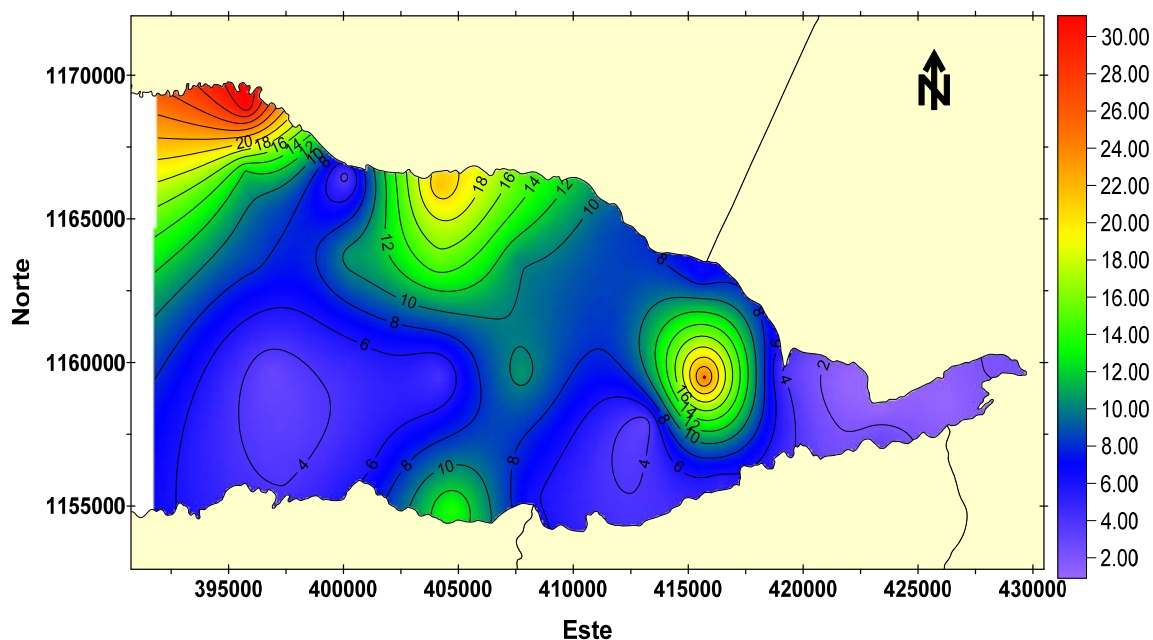


Figura 17. Distribución espacial de fósforo adsorbido (F1) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Estas concentraciones de fósforo adsorbido pueden deberse a descargas de aguas domésticas de las poblaciones de San Antonio del Golfo y Pericantar en la zona costera sur y a la población de Guacarapo en la zona costera norte. En la zona costera norte se puede apreciar una zona cubierta por líneas de isoconcentración, cuyos valores están comprendidos entre 10 y 20 mg/kg. Esta zona abarca las estaciones: 22, 23 y 21. Esta región posee muy baja

profundidad (figura 4) y presentan altos valores de arenas. Debido a las características orográficas que rodean esta parte del golfo, es posible que estos valores sean debidos a escorrentías de lluvias. El último nódulo entre las estaciones 29, 30 y 31, el cual se encuentra entre líneas de isoconcentración con valores comprendidos entre 12 y 30 mg/kg. Esta zona presenta una profundidad moderada, entre 35 y 60 m. Es posible que estos valores se deban a intercambios desde la columna de agua hasta los sedimentos cuando ocurren procesos de hundimientos y surgencias de aguas ricas en nutrientes, abundantes en fosfatos.

Los valores de F1, hallados en el presente estudio son similares, a los reportados por Gonzáles (2010) en sedimentos superficiales de la Periferia de la Cuenca de Cariaco, donde encontró valores que oscilan entre un mínimo de 2,62 mg-P/kg hasta un máximo de 28,78 mg-P/kg con promedio de 8,76 mg-P/kg, atribuyendo estos valores a procesos de surgencia y hundimiento de masas de aguas ricas en nutrientes que se adhieren al sedimento. Güillot (2008) reportó valores comprendidos entre un mínimo de 0,68 y un máximo 16,79 mg-P/kg de fósforo asociado a la F1 en los sedimentos superficiales de la Costa Atlántica Venezolana y Golfo de Paria, indicando que estos valores son debidos a las descargas del río Orinoco, lo cual aporta nutrientes a las aguas y son precipitados a los sedimentos. En estudios similares altos valores promedios de F1, son reportados por Vink *et al.* (1997) quienes muestran valores de 49,6 y 24,8 mg-P/kg, para dos muestreos diferentes en la Bahía de Tomales, California, USA. Sutula *et al.* (2004), muestran valores promedios de 108,5 y 37,2 mg-P/kg, para el bajo Mississippi y la Plataforma Continental del Golfo de México respectivamente. Faul *et al.* (2005) reportaron valores de promedios de 37,2 mg-P/kg para la Bahía de Monterrey. Collis (2006) quien a su vez halló valores de 43,4 mg-P/kg de F1 para tres estaciones de la Bahía de New Port, California. Oates (2007) muestra valores de 95,5, 151,3 y 122,1 mg-P/kg en tres muestreos diferentes para las bahías de Buzzards, Higham y Massachusetts, USA, respectivamente. La mayoría de los autores convienen en

que las abundancias de concentraciones de la F1 son debidas a descargas terrígenas continentales de desechos y a los fenómenos de surgencia y hundimientos de aguas ricas en nutrientes, en este caso de fosfatos y a un posterior contacto e intercambio con la matriz sedimentaria.

Fósforo asociado a óxidos (F2)

La fracción de fósforo asociada a óxidos, tanto de hierro como de manganeso, se puede clasificar como una fracción lábil o disponible en el sedimento. La potencial labilidad de esta fracción se debe, básicamente a la facilidad para el cambio del estado de oxidación III al II en el hierro y el manganeso, a la cual está unido el fósforo en los sedimentos superficiales, cuando ocurren cambios en las condiciones redox. Cuando las condiciones cambian a reductoras, el hierro es liberado desde los sedimentos hacia la columna de agua (Ruttenberg, 1992). Usualmente estos procesos tiene lugar en cuerpos de aguas eutróficos o hipereutróficos, en los cuales la degradación microbiana de la materia orgánica depositada en los sedimentos agota el oxígeno y produce condiciones anóxicas.

En el presente estudio los valores determinados para la fracción F2, son muy bajos, representando tan solo un 0,49 % del total, variando sus concentraciones entre un mínimo de 0,56 mg/kg un máximo de 13,16 mg/kg. La distribución espacial de los valores del fósforo asociado a F2 se muestra en la figura 18.

Se puede apreciar en la figura 18 que en las mayores extensiones del área en estudio los valores para F2 son muy bajos, comprendidos entre el mínimo de 0,56 hasta valores de 4,0 mg/kg. Valores levemente mas elevados se observan en la parte central, concretamente en las estaciones 16, 24, 27 y 33, donde se observan concentraciones que oscilan entre 6,00 y 13,16 mg/kg, correspondiendo a zonas de profundidades entre 40 a 60 m, (figura 4). Un reconocimiento de propiedades organolépticas en los sedimentos de estas estaciones permitió apreciar un fuerte hedor sulfuroso, evidenciando una

condición anóxica, lo que redundaría posiblemente en una abundancia poco apreciable de F2.

Valores entre un mínimo de 1,24 hasta un máximo de 9,10 mg/kg, fueron reportados por Gonzáles (2010) para sedimentos superficiales de la Periferia del la Cuenca de Cariaco. Vink *et al.* (1997) no halló valores apreciables en sedimentos de la Bahía de Tomales en California, USA.

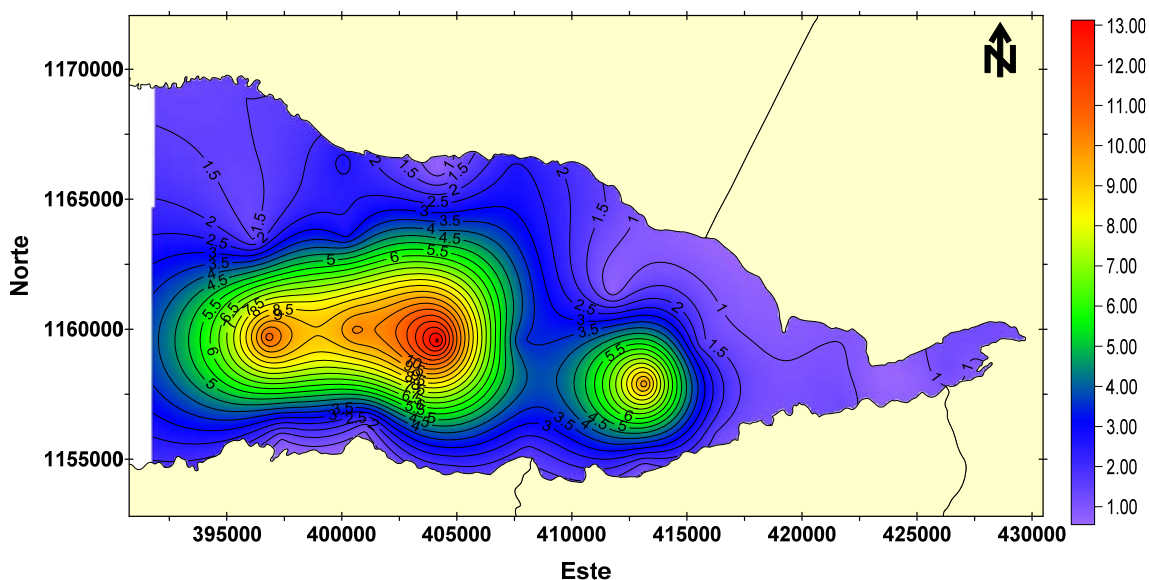


Figura 18. Distribución espacial de fósforo asociado a óxidos (F2) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Valores definitivamente altos de F2, son reportados por: Sutula, *et al.* (2004), quienes reportaron valores promedios de 337,9 y 108,5 mg-P/kg, para el bajo Mississippi y la Plataforma Continental del Golfo de México respectivamente. Faul *et al.* (2005) encontraron valores promedios de 139.5 mg-P/kg para la Bahía de Monterrey. Collis (2006) quien a su vez halló valores promedios de 210,8 mg-P/kg de F2 para tres estaciones de la Bahía de New Port, California. Oates (2007) encontró valores de: 367,7; 33,5 y 373,2 en tres muestreos diferentes para las bahías de Buzzards, Higham y Massachusetts respectivamente. Estos valores son excesivamente elevados si se les compara con los hallados en el presente estudio.

Los valores de F2 dependen definitivamente de la existencia de hierro en estado de oxidación (III), si el valor del estado de oxidación de hierro es (II), definitivamente los valores de F2 serán escasos o nulos.

Fósforo autogénico (F3)

La fracción F3, denominada autogénica, es una fracción calificada como refractaria. Está formada por minerales del fósforo denominados hidroxiapatita biogénica, clorofluoroapatita, y fósforo ligado al carbonato o carbonatoapatita. Comúnmente esta fracción se le conoce también como fósforo unido al calcio o P-Ca. Se le clasifica como refractaria debido a que sólo bajo condiciones extremas de cambios de pH, puede liberar P hacia la columna de agua, situación que difícilmente se puede dar en el lecho marino por causas naturales.

Diversas causas pueden dar origen a la formación de la fracción autogénica o F3. Es importante entender los pasos que ocurren en el hundimiento o liberación del P en sedimentos. Este proceso se puede establecer en cinco pasos principales: El primer paso es la entrada de los sedimentos al medio marino; el segundo, establecimiento de la razón liberación/hundimiento, generalmente el P es enterrado o hundido en una mayor proporción a la cual es liberado a la columna de agua; en el tercer paso ha de considerarse las propiedades de los gránulos de sedimentos (composición, tamaño o talla y área de superficie activa de ellos); En un cuarto paso, los sedimentos son removidos a través de fuerzas de tipo física o biológica y finalmente un quinto paso, la diagénesis, un paso de un estado más lábil a uno más refractario.(Ruttemberg y Berner, 1993; Vink *et al.*, 1997). Ha de entenderse la diagénesis como un proceso de formación de una roca sedimentaria a partir de sedimentos sueltos que sufren un proceso de compactación y cementación.

La zona orinental del Golfo de Cariaco, al igual que el resto del golfo, es un cuerpo de agua semicerrado y con profundidades que abarcan desde 1 hasta 65 m aproximadamente (figura 4), que recibe una descarga constante del

río Carinicuao, y de otros tantos ríos, riachuelos y quebradas ubicadas principalmente en la zona costera sur. Es lógico pensar que dados sus características geomorfológicas, sus sedimentos no presentan grandes perturbaciones y, a través del tiempo, han almacenado cantidades grandes de compuestos químicos (entre ellos compuestos de fósforo), que no se degradan y han sido compactados con el paso del tiempo. Dado que el proceso de diagénesis convierte las formas de P lábiles en otras más refractarias, se explica de esta manera la gran abundancia de fracciones refractarias en los sedimentos superficiales de este estudio.

En el presente estudio, la fracción autogénica o (F3), es la tercera en abundancia. En porcentajes, respecto al total, sus valores se ubican entre un mínimo de 1,17%, un máximo de 34,19%, con promedio de 9,28%. En lo que respecta a valores absolutos, estos comprenden: 225,44; 8,85 y 56,60 mg/kg de máximo, mínimo y promedio, respectivamente. Los valores más altos se registran en las estaciones: 9, 13, 14 y 15, mientras que los más bajos se registraron en las estaciones 34, 30, 25 y 18. La distribución espacial de la F3 en el área estudiada se muestra en la figura 19.

Casi la totalidad del área estudiada presenta valores de fósforo autogénico o asociado al calcio, F3, comprendidos entre un mínimo de 8,85 mg/kg, hasta valores de 65,0 mg/kg. Este rango es casi uniforme en el área estudiada. Dos diferencias notables se observan que se aleja de este comportamiento. Una con un pequeño núcleo en la estación 33, cuyo valor es de 75.99 mg/kg. La otra es un área mucho más grande ubicada en la región costera norte oriental, concretamente comprende las estaciones: 9, 12, 13, 14, 15 y 16; la cual presenta valores relativamente elevados, comprendidos entre 70 y 225.44 mg/kg, destacándose en esta área el valor máximo en la estación 14. Estos valores hallados específicamente en esta zona sugieren aportes autóctonos y puntuales de sedimentos ricos en mineral apatito.

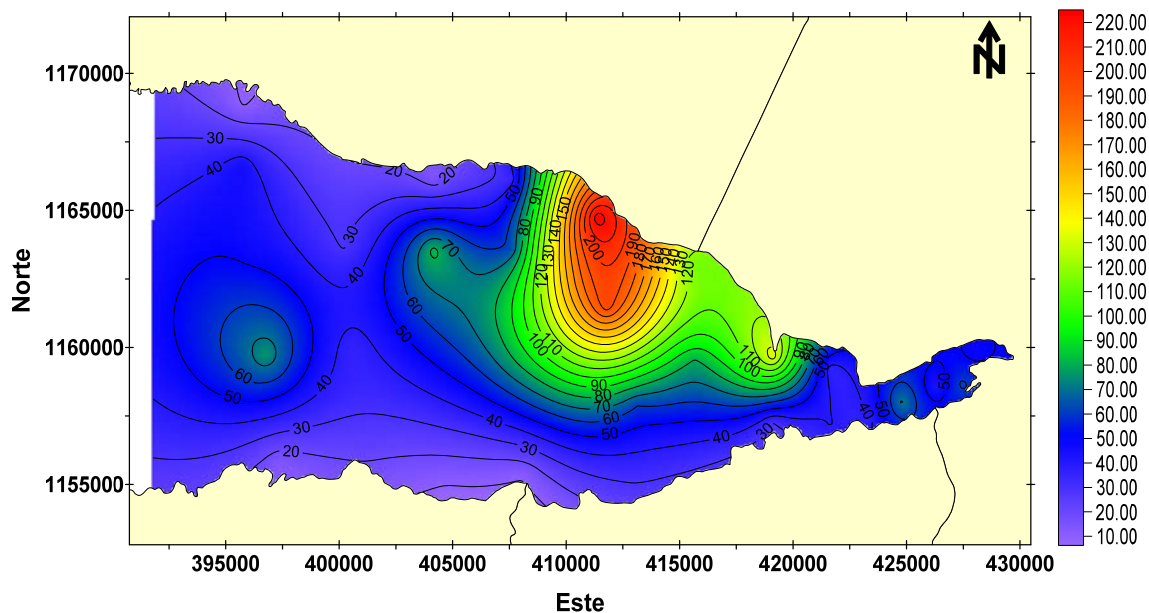


Figura 19. Distribución espacial de fósforo autogénico (F3) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Esta misma zona presenta, además de los valores más altos de F3, los más altos de F4 (fósforo detrítico), los cuales se ubican entre 400 y 1093 mg/kg.

Estos altos valores de F3 (y F4), se corresponden con altos valores de arenas, pero bajos porcentajes de carbonatos, lo cual sugiere aportes de apatita de tipo biológico, tales como osamentas de peces y otros organismos marinos los cuales son abundantes en hidroxapatita y que pueden haber sido acumulados en sedimentos no antiguos.

Los valores más bajos de F3 fueron detectados en el resto del área estudiada, comprendidos entre el valor mínimo de 1,17 mg/kg y 65,0 mg/kg se deben posiblemente a los procesos normales de intercambio agua-sedimento, hundimiento de P y diagénesis temprana incipiente, como se mencionó anteriormente. Es importante puntualizar que la zona del área estudiada donde están localizadas las más altas concentraciones tanto de F3 como de F4, es una zona poca profunda (figura 4), de menos de 10 m de profundidad.

El fosforo autogénico suele dar valores elevados en algunos casos. Los valores detectados en el presente estudio, son mayores a los reportados por

Vink *et al.* (1997) quien halló valores de F3 de 27,9 y 21,7 mg/kg respectivamente en dos muestreos diferentes para la Bahía de Tomales en California, USA. Gonzales (2010) mostró valores promedios de 10,14 mg/kg para la Periferia de la Cuenca de Cariaco. Estos valores son mucho menores a los reportados por Sutula *et al.* (2004) quienes registraron valores promedios de 161,2 y 89,9 mg-P/kg, para el bajo Mississippi y la Plataforma Continental del Golfo de México, respectivamente. Faul *et al.* (2005) mostraron valores promedios de 375,1 mg-P/kg para la Bahía de Monterrey. Collis, (2006) quien a su vez mostró valores promedio de 489,8 mg-P/kg de F3 para tres estaciones de la Bahía de New Port, California. Oates (2007), dió valores de: 197,8; 304,7 y 322,1 mg/kg en tres muestreos diferentes para las bahías de Buzzards, Higham y Massachusetts, respectivamente. En el Mediterráneo, Eisink *et al.* (2000) reportaron valores de 267,7, 164,3, 244,9, 356,5 y 248,0 mg/kg para estaciones ubicadas en el Oeste del Mar Jónico, dos estaciones al Sur de Creta, Costa de Libia y costas de Israel, respectivamente. La mayoría de los autores concuerdan que los valores de F3 y F4 están relacionados con procesos de diagénesis.

Fósforo detrítico (F4)

La fracción F4, denominada detrítica al igual que F3, es una fracción calificada como refractaria. Está formada por minerales del fósforo que representan las apatitas de origen ígneo, metamórficas y otras formas de minerales de P de difícil disolución (Zheng, 2004). Se le clasifica como refractaria debido a que sólo bajo condiciones de pH muy bajo, puede ser extraída.

Ya se mencionaron los pasos que son seguidos en la liberación u hundimiento de fósforo en el sedimento. Se indicó que el quinto paso es la diagénesis o consolidación del sedimento en una forma sólida más estable, donde el P pasa definitivamente de un estado lábil a uno más refractario. (Ruttemberg y Berner, 1993; Vink *et al.*, 1997). Según este proceso, la fracción

F4 correspondería a la última parte del proceso en una etapa de diagénesis consolidada.

En el presente estudio, los valores de F4 se presentan en las tablas A3 y A4. En lo que respecta a valores porcentuales, estos están comprendidos entre: 29,16%; 81,62% y 56,05% de mínimo, máximo y promedio, respectivamente (Tabla A4). De la tabla A4 y la figura 16 se puede apreciar que los valores de esta fracción son los más abundantes en el componente del PT. Los valores absolutos en concentración comprenden desde un valor mínimo de 98,34 mg/kg, hasta un máximo muy elevado de 1093,44 con un promedio de 355,99 mg/kg. Es importante recalcar que los valores más altos de F4, coinciden con los valores más elevados de F3, es decir están ubicados donde presentaron sus más altos valores, esto es en las estaciones: 9, 12, 13, 14, 15 y 16.

La distribución espacial de los valores de F4, se representan en la figura 20. Estos altos valores se distribuyen en el área estudiada de la manera siguiente: Valores relativamente pequeños en un rango de concentraciones comprendido entre 100 y 250 mg/kg se observan en su mayoría en la zona costera sur; y en un pequeño núcleo de concentración en la estación 22, en la región costera norte. En toda la región central hacia el oeste, en una parte de la zona costera sur y parte de la zona central de la parte oriental del área estudiada, se aprecian valores comprendidos entre 250 y 350 mg/kg. En la zona costera norte en dirección al oeste se observan valores entre 350 y 450 mg/kg. La zona que encierra las mayores concentraciones con un rango entre 450 y 050 mg/kg, se aprecian en la zona costera norte oriental, tan sólo con la excepción de la estación 13 y alrededores, donde se observan valores entre 200 y 400 mg/kg. Esta zona norte oriental tiene una tendencia casi uniforme a presentar valores muy altos de F4. La misma es de poca profundidad en casi la totalidad del área, motivo por el cual se podría especular que estos valores hayan sido de origen terrígeno, trasportados por el río Carinicuaio en un período de muchos años y almacenados en estos sedimentos.

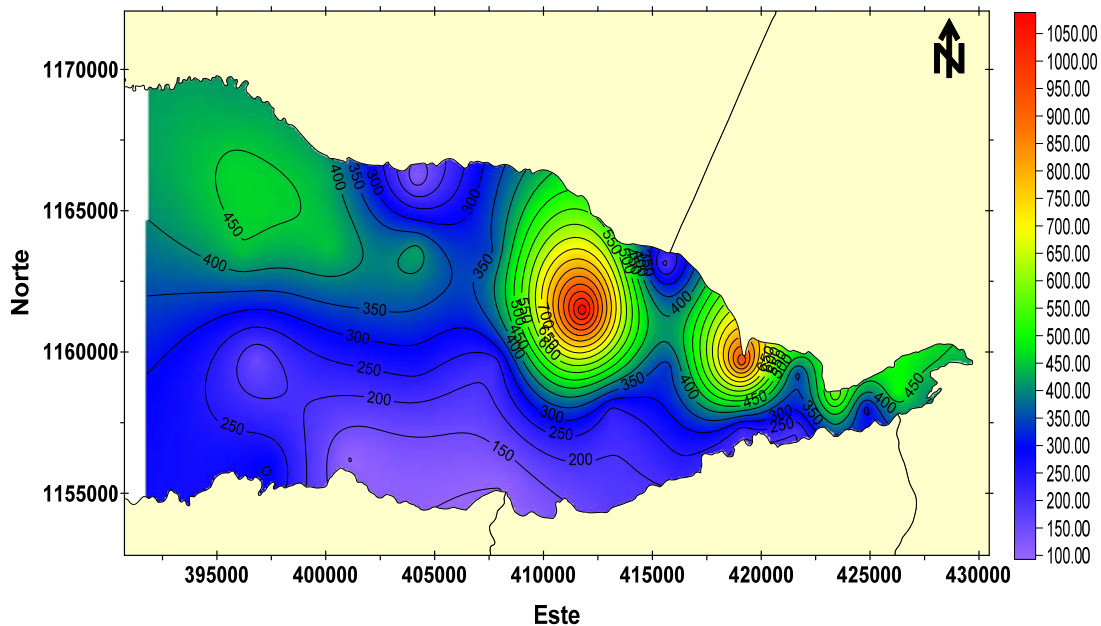


Figura 20. Distribución espacial de fósforo detrítico (F4) en los sedimentos de la zona oriental del Golfo de Cariaco.

Los valores altos de F4 se corresponden con altos valores de sedimentos de granulometría fina (limos y arcillas); pero no es tan obvio relacionarlo directamente con sedimentos de gránulos finos.

En estudios similares al realizado en el saco del Golfo de Cariaco, en una zona que está afectada por un estuario, Zhen *et al.* (2004), hallaron valores similares al presente estudio en la Bahía de Hangshou, afectada por las descargas del río Changjian en Shangai, al este de China, reportando valores de 357,01, 348,22 y 377,48 mg/kg respectivamente y afectadas directamente por las descargas del río antes mencionado. Sugieren los autores que las descargas del río ha afectado el ambiente natural. Otro valor promedio similar es dado por Faul *et al.* (2005), quien reportó un valor de 325,5 mg/kg para la Bahía de Monterrey. Otros valores altos son dados por: Gonzáles, (2010); Sutula *et al.* (2004), y Oates (2007), quienes encontraron valores promedios de: 277,0; 226,3 Y 267,8 mg/kg para la periferia de la cuenca de Cariaco; Plataforma continental del Golfo de México y Bahía de Massachusetts,

respectivamente. Valores definitivamente más bajos que los hallados en el presente estudio son dados por Vink *et al.* (1997), quienes presentaron valores promedios de: 77,5 mg/kg para la Bahía de Tomales; Sutula *et al.* (2004), 86,7 mg/kg para el Estuario de Bajo Mississippi; Oates (2007), 92,1 mg/kg para la Bahía de Buzzard y Eijsink *et al.* (2000), quienes dieron valores promedios de 43,4, 34,1, 49,6, 102,3 y 83,7 para 5 estaciones ubicadas a través del Mar Mediterráneo.

Fósforo orgánico (F5)

La fracción de fósforo orgánico, P_{org} o también F5, como se le ha denominado en este estudio, representa una fracción potencialmente lábil del total del fósforo presente en los sedimentos marinos. Laarkamp (2000) afirma que este componente constituye una fracción importante del fósforo marino contenido en los sedimentos (cerca del 25 %). Sin embargo dada la aparente labilidad del fósforo orgánico bioquímico primario, es paradójico el hecho de que pueda ser preservado en el sedimento.

Se les clasifica como fósforo orgánico, dado que una gran cantidad de compuestos, clasificados como moléculas orgánicas de las cuales el P es parte integrante, han sido hallados en extractos provenientes de los sedimentos. Los más importantes grupos identificados son: Fosfonatos, ortofosfatos monoesteres, ortofosfatos-diesteres, pirofosfatos y polifosfatos. Los diesteres pueden a su vez, ser divididos en asociados al DNA y los fosfolípidos. La ocurrencia de estos grupos en los sedimentos va a depender del estado trófico de los cuerpos de agua y del estado de oxidabilidad de los sedimentos (Algren, 2006).

Los mecanismos de formación, y existencia del fósforo orgánico en sedimentos es descrito por Laarkamp (2000) de la manera siguiente: El conocido fósforo orgánico primario, químicamente liberado a los sedimentos marinos, es derivado principalmente desde el fitoplancton y la biomasa bacteriana. Esta serie de compuestos formados básicamente de ácidos

nucleícos e intermediarios metabólicos tales como el ATP, son considerados bioquímicamente lábil con altas energías de unión y estructuras susceptibles al ataque de una amplia variedad de enzimas (White *et al.*, 1997; Paul *et al.*, 1987). De acuerdo a lo anterior, no se esperaría una alta preservación de fósforo orgánico en los sedimentos. Consistente con esta predicción, el tamaño del consumo del pool de fósforo orgánico en los sedimentos marinos decrece típicamente con la profundidad del sedimento, indicando remineralización durante el estado inicial de la diagénesis temprana. (Krom *et al.*, 1991; Ruttemberg y Berner, 1993 y Reimers *et al.*, 1996). Sin embargo, concentraciones de fósforo orgánico, estabilizados en valores muy pequeños se hunden en sedimentos con remineralización de fósforo orgánico a niveles lentos e indetectables. Consecuentemente, cantidades medibles de P_{org} , como para ser medidos por métodos químicos húmedos son hallados en sedimentos profundos (Filppelli y Delany, 1994; Delany y Anderson, 1997).

A lo antes planteado, el mismo autor (Laarkamp, 2000) para explicar esta aparente paradoja del fósforo hallado en altas proporciones en el sedimento, aún cuando presenta un estado lábil, da como respuesta 4 posibilidades. La primera es que los compuestos de fósforo provenientes de las comunidades biológicas sedimentarias (bentónicas), contribuyen sustancialmente al inventario cuantificado como fósforo orgánico sedimentario. La segunda es que para compuestos con intrínseca resistencia estructural sus fracciones son preferentemente preservadas. La tercera sería la protección física dada en el medio a compuestos de P que de otro modo serían químicamente lábil, causando que estos se preserven y finalmente que la concentración de fósforo orgánico en sedimentos pueda ser sobreestimada como resultado de los artificios analíticos. Los trabajos del autor sugieren que la protección física es más importante que la estructura química como mecanismo para la preservación del P_{org} y también la estructura química juega un papel secundario.

Los valores de P_{org} o F5 para el presente estudio se muestran en las tablas A3 y A4. En lo que respecta a los valores porcentuales representados en la tabla A4, estos oscilan entre un mínimo de 6,34, un máximo de 55,64 y un promedio de 32,62%. Un valor más elevado de 25%, que ya se mencionó, se esperaría para sedimentos marinos. En lo que a valores absolutos respecta (tabla A3), estos varían entre un máximo de 340,13 mg/kg, en la estación 31 y un mínimo de 25,49 mg/Kg hallado en la estación 13. Los valores más bajos de F5 corresponden a estaciones que presentan un muy elevado porcentaje de arenas. Los valores más elevados correspondieron generalmente a aquellos valores donde el sedimento presentó una textura predominantemente fina. En las estaciones muestreadas se presenta casi una uniformidad de valores que podrían ser ubicados entre 250 y 340 mg/kg, aproximadamente.

La distribución espacial de los valores de F5 en el presente estudio se representa en la figura 21. Los valores muy altos, los cuales están comprendidos entre líneas de isoconcentraciones comprendidas entre 260,0 y 320,0 mg/kg, se presentan de manera uniforme en la región centro occidental, cubriendo gran parte de la zona costera norte. Los rangos de valores más pequeños, los cuales se podrían ubicar entre el mínimo reportado y un valor de 100 mg/kg se observan en una pequeña parte de la región costera sur y un área de considerable superficie ubicada en la parte oriental norte. En ambos casos estas regiones corresponden con elevados porcentajes de arena.

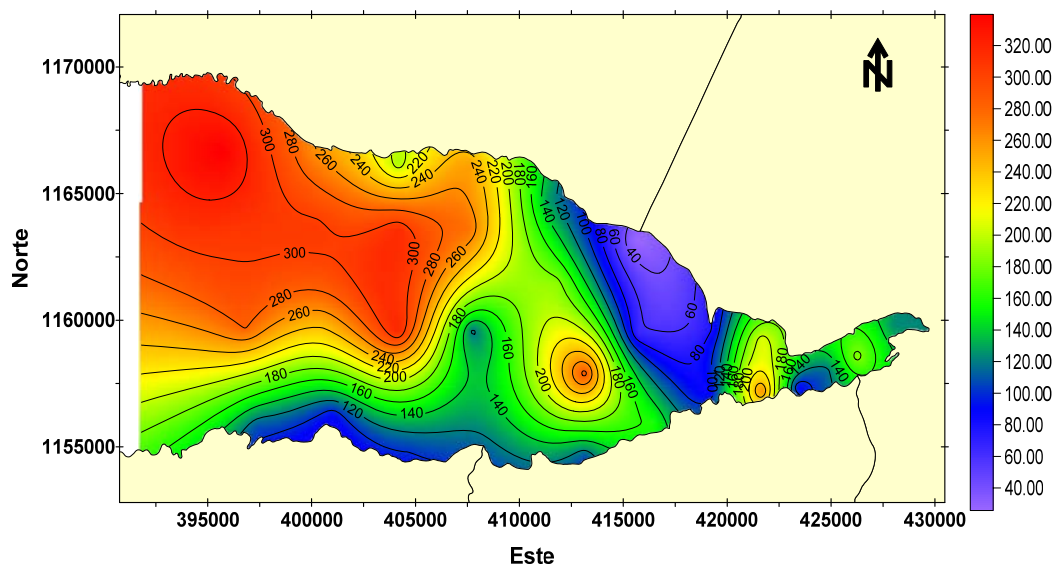


Figura 21. Distribución espacial de fósforo orgánico (F5) en los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Valores intermedios comprendidos entre 100 y 260 mg/kg, son hallados en una gran parte del área estudiada, concretamente en el área cercana a la margen costera sur y área centro oriental, prolongándose hasta una pequeña superficie de la zona costera norte. La región con estas características está delimitada por las áreas que comprenden los bajos valores ya mencionados. Estos valores denominados intermedios se presentan también en la parte más oriental del saco del Golfo.

La distribución de la fracción de P_{org} (F5), en el área estudiada evidentemente está relacionada con algunos factores importantes, entre los cuales se destacan los siguientes: Se pueden asociar los valores más altos como correspondientes a aquellas áreas o zonas donde se presentan las mayores profundidades. Comparando las zonas de más altas concentraciones de la F5 (Figura 20), éstas corresponden a los sedimentos tomados de mayores profundidades (Figura 4). Es posible que los compuestos orgánicos del fósforo se encuentren protegidos en su estructura química por la poca energía de la masa de agua a esas profundidades. Una excepción a este comportamiento ocurre en la zona más oriental del golfo donde, pese a haber poca profundidad, los valores de F5 son relativamente elevados.

Otro aspecto importante a considerar es la relación casi directa de la fracción F5 con el carbono orgánico y con la materia orgánica en general. Esto evidencia el origen biológico de los compuestos de fósforo orgánico atrapados en el sedimento, lo cual se esperaría ya que el Golfo de Cariaco es conocido como un ambiente de alta productividad primaria, vivero y reservorio de una amplia variedad de especies acuáticas.

Es relevante acotar que en el área circundante a las estaciones 29, 30, 31 y 32 localizadas en áreas de profundidades relativamente grandes, presentan una elevada abundancia de fósforo detrítico o F4, coincidiendo tales valores altos con valores elevados de F5. Se podría especular que estos valores pueden ser debidos a las transformaciones del P_{org} en P refractario por procesos de diagénesis.

En estudios similares, se han hallado valores semejantes de la fracción de P_{org} o F5, a los hallados en el presente estudio por Oates (2007), quien reportó valores de F5 de 188,8 y 192,5 mg/kg, para las Bahías de Highan y Massachusetts respectivamente, así como de 298,8 mg/kg para la Bahía de Buzzard, todas ubicadas en USA. Valores mucho más elevados a los hallados en el presente estudio fueron reportados por Vink *et al.* (1997), quienes encontraron valores de 629,3 y 520,18 mg/kg para dos muestreos diferentes en la Bahía de Tomales USA y Faul *et al.* (2005) reportaron un valor promedio de 244,9 mg/kg para la Bahía de Monterrey. Todos estos valores son superiores a los hallados en el presente estudio.

Valores menores a los presentes, fueron encontrados por Sutula *et al.* (2004), quienes reportaron valores promedios de 136,4 y 108,5 mg/kg para el Bajo Mississippi y la plataforma continental del Golfo de México. Collis (2006) encontró valores de 52,7 mg/kg para la Bahía Superior de New Port, California, USA. En la Periferia de la Cuenca de Cariaco fue reportado un valor promedio de 55,6 mg/kg por Gonzáles (2010). En el mar Mediterráneo, en 5 estaciones tomadas desde Italia hasta las costas de Israel, Eijsink *et al.* (2000), registran valores de 93,0; 71,3; 108,5 99,2 y 105,4 mg/kg, en estaciones ubicadas y

denominadas como: Westen Jonian; South of Crete 1, South of Crete 2, Sahara dust and Israel Coast respectivamente. En el este de China, en la Bahía de Hangshou afectada ésta por las descargas del río Changjian, Zhen *et al.* (2004) hallaron valores de 138,9; 113,7; 95,9; 120,5 y 148,9 mg/kg respectivamente, para 5 estaciones ubicadas en la bahía en estudio.

Se ha mencionado la evidente labilidad del P_{org} contenidos en los sedimentos marinos, lo cual es lo mismo que la capacidad de ser desorbidos y devueltos a la columna de agua. Dada esta característica y las elevadas concentraciones halladas para esta fracción en el área estudiada del Golfo de Cariaco, se puede asumir que ello representa una alta potencialidad para volver eutrófico un buen volumen de este importante cuerpo de agua, aunque evidentemente fuerzas de diversos tipos mantienen esta fracción sujeta y atrapada en la estructura del sedimento. Sea cuales fueren las causas que mantienen el P_{org} retenido en la estructura de los sedimentos su gran abundancia no deja de ser un riesgo para que pueda ser desorbido en altas concentraciones a la columna de agua debido a cambios geoquímicos que pudiesen ocurrir.

Análisis Multivariante

Matriz de correlación de Pearson

Estadísticamente, el análisis de Correlación de Pearson es una forma de determinar la fluctuación, oscilación o covarianza existente entre dos parámetros, determinando la semejanza en el comportamiento, causa y consecuencias de uno sobre otro. Espinoza (2001) y Marval (2008), indican que los coeficientes de correlación varían dentro de un rango de -1 y +1 para evaluar la asociación entre especies químicas. En general, una alta correlación entre elementos indica que éstos tienen orígenes similares y poseen una conducta química análoga.

Usando un sistema de análisis estadístico multivariante, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para establecer los grados de

asociación existentes entre las diferentes variables analizadas en los sedimentos superficiales del área oriental del Golfo de Cariaco según se muestra en la tabla 3. Los coeficientes de correlación señalan la asociación y semejanza de las fracciones de fósforo estudiadas, denominadas fósforo adsorbido (F1), fósforo asociado a óxidos (F2), fósforo autogénico (F3), Fósforo detrítico (F4) y fósforo orgánico (F5), entre ellas y con la demás variables analizadas tales como: Granulometría (porcentajes de arena, limo y arcilla), porcentaje de materia orgánica o materia volátil (M.O.), carbono orgánico ($C_{org.}$) y equivalentes de carbonatos de calcio ($eq-CaCO_3$). También son señaladas las asociaciones y tendencias entre las variables más importantes.

La fracción de P absorbido (F1) muestra una correlación positiva y altamente significativa con la arena ($r=0,514$), lo cual es consistente, ya que se ha asumido que la principal fuente de F1, es el arrastre continental de fertilizantes fosfatados y desagües domésticos (Güillot, 2008; Gonzáles, 2010). Dado que el arrastre continental consiste principalmente de arena, siempre será posible hallar F1 en común con la abundancia de esta. Se presenta además una correlación positiva ($r=0,222$), aunque baja, con los carbonatos, lo cual podría corroborar el hecho que los carbonatos hallados que presentan mayor abundancia con la fracción F1 son de origen litogénico. Esta fracción F1 no presenta ninguna correlación con las demás variables estudiada, salvo una relativamente significativa y negativa ($r= -0,509$) con el limo, lo que señala una fóbica asociación con esta fracción granulométrica.

La fracción de fósforo asociado al hierro u óxidos (F2) (con muy poca abundancia), presenta una correlación positiva significativa con la materia orgánica ($r=0,447$) y con el carbón orgánico($r=0,377$), lo cual es consistente ya que la mayor abundancia de hierro, señalados por Velásquez (2005) para esta misma zona, se presenta en los sedimentos con altos contenidos de materia orgánica. Por lo cual la fracción de fósforo asociada al hierro sería más abundante, mientras abundante sea la M.O. Tal vez por esta misma causa, esta

fracción F2 presenta una correlación significativa positiva ($r=0,505$), con la fracción de fósforo orgánico o F5.

La fracción de fósforo autogénico (F3) presenta muy poca correlación con las demás variables estudiadas. Lo más notorio de esta fracción es que presenta una correlación significativa negativa con el carbonato ($r= -0,385$), lo cual indica no asociación o no presencia de carbonato-apatita en esta fracción. Presenta además, una correlación significativa con la fracción detrítica ($r=0,621$), lo que podría indicar un origen similar en ambas fracciones.

La fracción detrítica o F4 no tiene importantes correlaciones, excepto la ya mencionada con F3 y una correlación negativa ($r= -0,472$) con el carbonato.

La fracción de fósforo orgánico, F5 presenta una correlación muy significativa con la materia orgánica ($r= 0,749$), y con el carbono orgánico ($r= 0,852$), lo cual es de esperarse y además evidencia el origen biogénico de esta importante fracción. Se mencionó además, que tiene una correlación significativa positiva con la fracción F2. Esta fracción presenta correlaciones muy bajas con las arcillas y los limos ($r=0,276$ y $r=0,014$), respectivamente. Parece tener un poco más de afinidad con la arcilla. Aunque muy baja, es negativa con la arena ($r=-0,164$), lo cual es de esperarse.

En lo que respecta a las demás variables, se puede apreciar que el carbonato presenta una correlación positiva con la arena, aunque baja ($r= 0,394$), evidenciando que muy poca arena es de tipo carbonática, tal vez sea de principalmente tipo silicatada o abundante en sílice. Presenta además el carbonato una correlación negativa con el carbono orgánico, aunque un tanto baja ($r=-0,365$), lo que indica su baja presencia en sedimentos ricos en materia orgánica. Presenta también correlaciones positiva, aunque muy bajas con la arcilla ($r= 0,023$) y negativa con el limo ($r=-0,374$), lo cual indica bajo grado de asociación del carbonato con el limo.

El C_{org} . presentó correlaciones significativa positivas con el limo ($r=0,314$) y negativo con la arena ($r=-0,442$) y una asociación muy significativa con la

materia orgánica ($r=0,911$), lo que certifica un mismo origen y estructura química.

La M.O. presentó correlación positiva y significativa con el limo ($r=0,399$) y con la arcilla ($r= 0,468$) y negativa con la arena ($r=-0,468$), lo que indica que ella está contenida mayoritariamente en las fracciones de limo.

Tabla 3. Matriz de Correlación Pearson para sedimentos superficiales del área oriental del Golfo de Cariaco.

	Arena	Limo	Arcilla	MO	C_{org}	CaCO₃	F1	F2	F3	F4	F5
Arena	1,000										
Limo	-0,882	1,000									
Arcilla	-0,280	0,083	1,000								
MO	-0,468	0,399	0,305	1,000							
C_{org}	-0,442	0,314	0,307	0,911	1,000						
CaCO₃	0,394	-0,374	-0,214	-0,216	-0,365	1,000					
F1	0,514	-0,509	0,023	-0,183	-0,097	0,222	1,000				
F2	-0,040	0,057	0,026	0,447	0,377	0,104	-0,108	1,000			
F3	-0,031	0,121	-0,241	-0,192	-0,127	-0,385	-0,057	-0,020	1,000		
F4	-0,229	0,310	-0,017	0,037	0,199	-0,472	-0,053	-0,237	0,621	1,000	
F5	-0,164	0,014	0,276	0,749	0,852	-0,035	0,189	0,505	-0,172	0,057	1,000

CONCLUSIONES

Los sedimentos superficiales analizados en el sector oriental del Golfo de Cariaco, presentaron en su mayoría una textura tanto arenosa como arenolimsa. En cuanto a la distribución espacial, las arenas dominan un amplio margen de la región oriental, mientras que los limos abundan en la región central y zonas adyacentes a la descarga del río Carinicaúo.

La materia orgánica presentó valores elevados, hasta 15%, siendo estos valores verificados por los valores relativamente altos de carbono orgánico. Los mayores valores se hallaron en las partes centrales del área estudiada que presentaron mayores profundidades así como en la zona cercana a la desembocadura del río Carinicaúo.

Los valores hallados de eq-CaCO₃ fueron bajos en toda el área estudiada (con promedio de 14,16%), con la excepción de dos valores puntuales que fueron muy elevados, evidencia en su mayoría un origen biogénico.

Los valores promedios de PT, son elevados. Los máximos se ubican en zonas puntuales de la región oriental. El PT presentó tendencia de altos valores en la región central y costera norte y bajos valores en la región costera sur.

Con respecto al fraccionamiento geoquímico, podemos indicar que la fracción que más contribuyen a la abundancia del PT son la fracción detrítica F4 y la fracción orgánica F5 y en un tercer lugar F3. La abundancia de fósforo en los sedimentos de la zona estudiada se puede ordenar en forma decreciente de la siguiente manera: F4>F5>F3>F1>F2.

La fracción F1 presentó valores bajos de P, con los más altos de ella en las estaciones cercanas a la costa. La fracción F2 presentó valores cercanos a indetectable en el área estudiada. Las Fracciones refractarias F3 y F4 presentaron su mayor abundancia en el zona mas oriental del área estudiada.

La fracción F5 presentó sus más altas abundancias en las zonas de sedimentos de más elevadas profundidades y está asociada con la abundancia de MO y C_{org}.

La matriz de correlación de Pearson indicó correlación significativa positiva de F1 con las proporciones de arenas y negativa con la abundancia de limos. La fracción F2 presentó correlación positiva con la MO, C_{org} y F5. La fracción F3 no presentó ninguna correlación con ninguna otra variable excepto la F4. La fracción F5 presentó correlación positiva y alta con MO, C_{org} y F2. Los eq-CaCO₃ tienen muy baja correlación positiva con la abundancia de arena.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, V.; Martínez, G. y Núñez, M. 2005. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón, *Perna perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical.*, 23:141-154.

Ahlgren, J. 2006. Organics Phosphorus compounds in aquatic sediments. Analysis, abundance and effects. Thesis to the degree of Doctor of Philosophy. Department of Chemistry , analytical Chemistry, Uppsala. Sweden.

Andersen, L. y Delaney, M. 2000. Sequential extraction and analysis of phosphorus in marine sediments: Streamlining of the Sedex procedure. *Limnol. Oceanogr.*, 45: 509-515.

Alongi, D.; Boyle, S.; Tirendi, F. y Payn, C. 1996. Composition and behavior of trace metals in post-oxic sediments of the Gulf of Papua, Papua New Guinea. *Est. Coast. and Shelf. Sci.*, 42: 197-211.

Aller, R. y Mackin, J. 1984. Preservation of organic matter in marine sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.* 70: 260–266.

Aranda, S. 1999. Condiciones Geoquímicas de los Sedimentos Superficiales de La Ensenada Grande del Obispo. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Arenas, V. y De la Lanza, G. 1990. El metabolismo como determinante de intercambio de nutrientes en sedimentos ricos en materia orgánica en una laguna costera. *Ciencias Mar.*, 16: 45-62.

Akhurst, D.; Jones G. and McConchie, D. 2004. The application of sediment capping agents on phosphorus speciation and mobility in a sub-tropical dunal lake. *Mar. and Freshw. Res.*, 55: 715-725.

Atrill, M. y Thomes, M. 1995. Heavy metals concentration in sediment from the Thames Estuary, UK. *Mar. Poll. Bull.*, 30 (11): 742-744.

Audemard, F.; Beck, J.; Moernaut, K.; De Rycker, M.; De Batist, J.; Sánchez, M. González, C.; Sánchez, W.; Versteeg, G.; Malavé, M.; Schmitz, A.; Van Welden, E.; Carrillo y Lémus, A. 2007. La depresión submarina de Guaracayal, estado Sucre, Venezuela: una barrera para la propagación de la ruptura cosísmica a los de la falla de El Pilar. *Interciencia*, 32: 735-741.

Balls, P.; Hull, S., Miller, J., Pirie, M. y Proctor, W. 1997. Trace metals in Scottish estuarine and coastal sediment. *Mar. Poll. Bull.*, 34: 42-50.

Berner, R. 1980. *Early Diagenesis: A Theoretical Approach*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Bonilla. J. y Lin, A. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco. Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 18: 32-37.

Bonilla. J. 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco. Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 21: (1 y 2).133-155.

Bonilla, J.; Cedeño, G. y Gamboa, B. 1986. Características químicas en sedimentos de la Bahía de Pozuelo y áreas adyacentes, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 25 (1y2): 215-231.

Bonilla, J.; Aranda, S., Ramírez, C.; Moya, J. y Espinoza, L. 2003. Calidad de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, Estado Sucre Venezuela., *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, (1 y 2): 45-55.

Brandes, J., Ingall, E. and Paterson, D., 2007. Characterization of minerals and organic phosphorus species in marine sediments using soft X-ray fluorescence spectromicroscopy. *Mar. Chem.*, 103: 250–265.

Benítez-Nelson, C. 2000. The biogeochemical cycling of phosphorus in marines systems. *Earth Sci. Reviews* 51(1): 109-135.

Canfield, D. 1994. Factors influencing organic carbon preservation in marine sediments. *Chem. Geol.* 114: 315–329.

Caraballo, L. 1982. El Golfo de Cariaco. Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución en el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 2: 37-65.

Caraballo, L. 1982. El Golfo de Cariaco. Parte III. Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos. Su distribución por el fondo. Fauna característica. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 21: 67-83.

Castellar, F. 2004. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Caraco, N. 1993. Disturbance of the marine phosphorus cycle: A case of indirect effects of human activity. *Trens Ecol. Evol.*, 8/2 51-54.

Carrasco, D. y Primo, Y. 1973. *Química agrícola*. Editorial Alhambra, S.A. México.

Chang, S. y Jackson, M. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am.*, 84: 133 -144.

Chapman, P.; Paine, M., Arthur, A. y Taylor, L. 1996. A triad study of sediment quality associated with a major, relatively untreated marine sewage discharge. *Mar. Poll. Bull.*, 32: 47-64.

Chester, R. 2000. *Mar. Geochem.* Blackwell Science, Londres. Pp. 341–441.

Chávez, G. (1974). *Elementos de Oceanografía*. Editorial Continental S.A. México.

Contreras, F. 1994. Manual de Técnicas Hidrobiológicas. Editorial Trillas, S.A. México.

Contreras, F. y Karestres, J. 1992. Total phosphorus-Chlorophyll relationship in tropical coastal lagoon in México. International congress 1992 Barcelona España.

Collis, H. 2006. Applications of short-term sediments dynamics and particle-bound phosphorus fractionations methods (SEDEX) to estimate the benthic nutrient loading potencial in Upper New Port Estuary, California. Thesis

for the degree of Master of Science. The Department of Oceanographic and Coastal Sciences B.S. Pacifics University.

Cortés, C. y Vale, C. 1995. Metals in sediment of the Sado Estuary, Portugal. *Mar. Poll. Bull.*, 30: 34-37.

Cotner, J.; Ammerman, J., Peele, E. y Betzen, E. 1997. Phosphorus-limited bacterioplankton growth in the Sargasso Sea. *Aquatic Microb. Ecol.*, 13:141-149.

Dassenakis, M.; Scoullou, M. y Gaitis, A. 1997. Trace metals transport and behaviour in the Mediterranean estuary of Acheloos River. *Mar. Poll. Bull.*, 34: 103-111.

Dawes, C. 1986. *Botánica Marina*. Limusa. México.

De la Lanza, G. 1980. Materia Orgánica en una Laguna de la Costa de Sinaloa, México (I): Cuantificación total. *Bol. Inst. Oceanogr. San Paulo*, 29: 217-222.

De la Lanza, G. y Cáceres, C. (Eds). 1994. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

De Stefano, C.; Foti, C., Gianguzza, A y Piazzese, D. 1998. *Equilibrium studies in natural fluids: Interactions of (PO_4^{3-}) , $(P_2O_7^{4-})$ and $(P_3O_{10}^{5-})$ with the constituents of the sea water*. *Hydrobiology* 250: 85-98.

Duffera, M. y Robarge, P. 1996. Characterization of organic and inorganic phosphorus in the Highland Plateau Soils of Ethiopia. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 27: 2799-2814.

Dyer, K. 1979. *Estuarine hydrography and sedimentation* Water Sciences Association handbook. Cambridge University Press. Cambridge.

Espinoza, L. 2001 Aspectos químicos de los sedimentos superficiales de los litorales norte y sur del Golfo de Cariaco. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.

Eysing, L.; Krom, M., y Herut, B. 2000. Speciation and burial flux of phosphorus in the surface sediments of the east Mediterranean. *Amer. J. of Sci.* 300: 483-503.

Fang, T.; Cheng, J. y Huh, C. 2007. Sedimentary phosphorus species and sedimentation flux in the East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, 27: 1465-1476.

Faul, K.; Paytan, A. and Delaney, M.. 2005. Phosphorus distribution in sinking oceanic particulate matter. *Marine Chemistry* 97: 307-333.

Fermín, I. 2002. Estudio Geoquímico de la Laguna de Unare, Edo Anzoátegui, Trabajo de postgrado. Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente, Cumaná.

Filippelli, G. y Delaney M. 1994. The oceanic phosphorus cycle and continental weathering during the Neogene. *Paleoceanog.* 9 (5), 643-652.

Filippelli, G. y Delaney M. 1996. Phosphorus geochemistry of quatorial Pacific sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, 1479-1495.

Fourqurean, J.; Zieman, J. y Powell, V. 1992. Phosphorus limitation of primary production in Bay: Evidency from C:N:P. ratios of the dominant seagrass *thalassia testudinun*. *Limn. Oceanog.* 37: 162-171.

García, A. y Bonilla, J. 1971. Características químicas del agua y los sedimentos en la laguna de Campoma, edo Sucre. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 10 (1): 71-80.

González, A. 2010. Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales de la periferia de la Cuenca de Cariaco. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Golterman, H. 1980. Quantifying the eutrophication process: Difficulties caused, for example, by sediments. *Progr. Water Techn.*, 12: 63-80.

Golterman, H. 2001. Phosphate release from anoxic sediment or what did Mortimer really write. *Hidrobiología*, 450: 99-106.

Gray, H. 1981. The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press, Cambridge.

Graham, E. 1948. Determination of soil organic matter by means of photoelectolorimeter. *Soil Sci.*, 65: 181-183.

Guillot, L. 2008. Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del Golfo de Paria y Costa Atlántica Venezolana. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Heanes, D. 1984. Determination of total organic-C in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Sci. and Plant Anal.*, 15: 1191-1213

Hartnett, H.; Keil, R.; Hedges, J. y Devol, A. 1998. Influence of oxygen exposure time on organic carbon preservation in continental margin sediments. *Nature*, 391: 572-574.

Hedges, J. 1992. Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Mar. Chem.*, 39: 67-93.

Hedges, J. 1999. Sedimentary organic matter preservation: A test for selective degradation under oxic conditions. *Am. J. Sci.* 299: 529-555.

Heling, D.; Rothe, P.; Forstner, U. y Stoffers, P. 1990. *Sediment and environmental geochemistry*. Springer-Verlag, New York.

Kato, K. 1961. Oceanochemical studies on the Gulf of Cariaco; Chemical and hydrographical observations in January, 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 1: 49-72.

Keil, R.; Dickens, A.; Arnarson, T.; Nunn, B. y Devol, A. 2004. What is the oxygen exposure time of laterally transported organic matter along the Washington margin. *Mar. Chem.* 92: 157-165.

Khoshmanesh, A.; Hart, B., Dunca, A. y Beckett, R. 2002. Luxury uptake of phosphorus by sediment bacteria. *Water Res.* (36): 774-778.

Klaus-Gerhard, Z.; Furtado, A., Casper, P y Schwark, L. 2004. Organic matter compositions in the sediment of three Brazilian coastal lagoon. District of Macae Rio da Janeiro Brazil. *Anais da Academia da Ciencias.* 76: (29-47).

Krom, M.; Kress, N., Benner, S. y Gordon, L. 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limn. And Oceanog.*, 36: 23-39.

Laarkamp, K. 2000. Organics phosphorus in marines sediments: Chemical structures, diagenetics alterations and mechanisms of preservations. Thesis to the degree of Doctor of Philosophy. Woods Hole Oceanographic Institutions and MIT.

Landaeta, R. 2002. Especiación de metales pesados en la región marina costera frente a la ciudad de Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Libes, S. 2009. Introduction to Marine Biogeochemistry. 2da. Edición. Academic Press, Elsevier Inc. Burlington.

Longhurst, A., Sathyendranath, S., Platt, T. and Caverhill, C. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *J. Lankton Res.*, 17: 1245–1271.

Lebo, F. 1991. Particle bound phosphorus along an urbanized coastal plain estuary. *Mar. Chem.*, 34: 225-246.

Leong, I y Tanner, P. 1999. Comparison of Methods for Determination of Organic Carbon in Marine Sediment. *Mar. Poll. Bull.*, 38 (10): 875-879.

Lijkleman, L. 1980. Interaction of orthophosphate with iron (III) and aluminium hydroxides. *Envir. Sci. Technol.*, 14: 537-541.

López, F. 2002. Determinación del contenido de metales en los sedimentos superficiales de la laguna de Píritu, Estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de postgrado. Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente, Cumaná.

López, P. 2003. Spatial distribution of sedimentary P pools in a Mediterranean coastal lagoon 'Albufera d'es Grau' (Minorca Island, Spain). Department of Ecology, University of Barcelona. Barcelona.

Márquez, A.; Bonilla, J., Martínez, G., Aguilera, D. y González, A. 2005. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales del litoral norte del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 44: 89-103.

Márquez, J. 2003. Algunos aspectos de la condición ambiental, la calidad del agua y sedimentos del Golfo de Santa Fe. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Martínez, G. 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo De Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.*, 41 (1 y 2): 83-96.

Marval, M. 2008. Geoquímica de metales pesados en sedimentos del Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo de postgrado. Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente, Cumaná.

Mehta, N.; Legg, O.; Goring, C. y Black, C. 1954. Determination of organic phosphorus in soils: I. Extraction methods. *Soil Sci. Am. Proc.*, 18: 443-449.

Metson, A. 1956. Methods of chemical analysis for soil survey samples. New Zeland. Dept. Ind. Res. *Bur. Bull.* 12.

Meybeck, M.; Champman, D. y Helmer, C. 1989. *Global freshwater quality. A first assessment*. Who - UNEP/Blackwell, Oxford.

Miyazawa, K.; Pavan, M., De Oliveira, E., Lonashiro, M. y A. Silva. 2000. Gravimetric determination of soil organic Matter. *Brazilian Arch. Biol. y Techn.*, 43: 475-478.

Mucci, A.; Sundbudy, M., Gehlen, M., Arakaki, T.; Zhong, S. y Silverg, N. 2000. The fate of carbon in continental shelf sediments of eastern Canada: A case study. *Deep Sea Research II* 47: 733 – 760.

Mudarra, O. 2002. Hidrodinámica de la Ensenada de Puerto Escondido, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná Venezuela.

Murphy, J. y Riley, H. 1962. A modified single solutions method for determination phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*, 12: 162-170.

Nixon, S. 1981. Estuaries and nutrients, remineralitation and nutrients Cyclin coastal marines ecosystems. In: B. Neison and Cronin (eds.). *The Human Press*. Clifton. 198:111-118.

Nixon, S. 1993. Nutrients and Coastal waters: Too much of a good thing?. *Oceanus*, 36/2: 38-47.

Oates, R. 2008. Phosphates-mineral interactions and potential consequences for nutrients cycling. Thesis for the degree of Master of Sciencies in Chemical Oceanography. Wood Hole Oceanographics Institution and MIT.

Okuda, T.; Benítez, J., Bonilla, J. y Cedeño, G. 1978. Características Hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 17: 68-88.

Okuda, T. y Gómez, R. 1964. Distribución del carbono y nitrógeno orgánico de los sedimentoso en la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 3: 91-105.

Okuda, T. 1964. Some Problems for the determinations of organic carbon in marines sediments. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 3: 106-117.

Páez-Osuna, F.; Izaguirre G. y Osuna J. 1992. Carbono y fósforo en sedimentos de un sistema lagunar asociado a una cuenca de drenaje agrícola. *An. Inst. Cs. Mar y limn*. Universidad Autónoma de México.

Páez-Osuna, F., Botello, G., Ponce, J., Osuna-Lopez, M., Frias, G y López, A. 2002. Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBs, HCB) and total PAHs in mangrove oysters from the Pacific Coast of Mexico: an overview. *Mar. Poll. Bul.*, 44: 1296-1313.

Paul, J.; Jeffrey, W., y DeFlaun, M. (1987) Dynmnics of extracellular DNA in the marine environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 53, 170-179.

Prego, R.; Belzunce, E.; Helios, R. y Varicela, M. 1999. Cadmium, manganese, nickel and lead contents in superface sediments of the lower Ulla River and its estuary (northwest Spain). *Bol. Inst. Oceanog. España*, 15: 495-500.

Quintero, A.; Terejova, G. y Bonilla, J. 2005. Morfología costera del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 44: 133-143.

Quintero, A.; Caraballo, L.; Bonilla, J.; Terejova G. y Rivadula, R. 2006. Sedimentos marinos costeros del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 45: 127-139.

Ramírez, C. 1999. Geoquímica de Sedimentos Recolectados en Trampas ubicadas en Punta Arenas y Golfo de Cariaco, edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná Venezuela.

Redfield, A. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.* 46: 205-222.

Reimers, C.; Ruttenberg K., Canfield D., Christiansen, M. y Martin J. (1996) Pore water pH and authigenic phases formed in the uppermost sediments of the Santa Barbara Basin. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60 (21): 4037-4057.

Romero, D. 2010. Distribución y comportamiento de los hidrocarburos policíclicos y pesticidas órgano-clorados en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. Tesis de maestría. Postgrado en Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumaná.

Roa, P. y Ottmann, F. 1961. Primer estudio topográfico y geológico del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 1: 5-20.

Roa, P. y Berthois L. 1975. *Manual de sedimentología. Manual para el estudio de los sedimentos no consolidados*. Caracas.

Rodríguez, E. 2007. Fraccionamiento Geoquímico de Algunos Metales Pesados en los Sedimentos Superficiales de la Zona Marino-Costera de Cumaná, Estados Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química Cumana.

Romankevich, E. 1984. *Geochemistry of organic matter in the ocean*. Springer Verlag. Berlin Heidelberg.

Rubio, B.; Nombela, M. y Vilas, F. 1995. Geochemistry of majors and trace elements in sediment of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Mar. Poll. Bull.*, 40: 968-980.

Ruttenberg, K. 1992. Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 37: 1460-1482.

Ruttenberg, K. y Berner, R. 1993. Authigenic apatite formation and burial in sediments from non-upwelling continental margin environments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57: 991-1007.

Ruttenberg, K. 2003. The Global Phosphorus Cycle. *Treatise on Geochemistry*. W. H. Schlesinger, Elsevier. 8: 585 - 643.

Sadiq, M. 1992. *Toxic Metal in Marine Environments*. Marcel Dekker Inc., New York.

Rydin, E. y Welch, E. 1998. Aluminium Dose Required to Inactivate Phosphate in Lake Sediments. *Water Res.*, 32: 2969-2976.

Santos, I., Silva, C., Schaefer, M. y Albuquerque, L. 2005. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Mar. Poll. Bull.*, 50: 185-194

Sant, S. y Véliz, J. 1996. Localización y delimitación de praderas de *Thalassia testudinum* y comunidades coralinas como base para la reglamentación de la zona protectora según decreto N° 623 del Golfo de Cariaco. *Informe técnico presentado a la U.D.O.*

Saunders, W. y Williams, G. 1955. Observations on the determination of total organic phosphorus in soil. *Soil Sci. Am. Proc.*, 6: 254-267.

Schumacher, B. 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. Ecological Risk Assessment Support Center- Office of Research and Development- USEPA.

Schneider, P. y Davey, S. 1995. Sediment contaminant off the Coast of Sydney, Australia: A models for their distribution. *Mar. Pollu. Bull.*, 31 : 262-272.

Sharpley, N. y Smith, S. 1985. Fractionation of inorganic and organic phosphorus in virgin and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am.*, 49: 127-130.

Sherppard, F. 1954. Nomenclature based on the sand-slit-clay ratios. *J. Sedim. Petrol.*, 24: 151-158.

Seigli, G. y Bermúdez, P. 1963. Distribución de los foraminíferos del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*, 2: 5-87.

Silva, N y Astorga M. 2010. Textura, materia orgánica y composición química elemental (C y N) de sedimentos marinos superficiales de la zona Puerto Montt a Boca del Guafo (Norpatagonia chilena). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(1): 1-14, 2010

Slotton, D. y Reuter, J. 1995. Heavy metals in intact and resuspended sediment of a California Reservoir, with emphasis on potential bioavailability of copper and zinc. *Mar. Freshwater. Res.*, 46: 257-265.

Suess, E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans—surface reductivity and oxygen utilization. *Nature* 288: 260–263.

Sutula, M.; Bianchi, T. y McKee, B. 2004. Effect of seasonal sediment storage in the lower Mississippi River on the flux of reactive particulate phosphorus to the Gulf of Mexico. *Limnol. and Oceanogr.*, 49 (6): 2223-2235.

Tissot, B. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Alemania.

Urioste, M.; Bono, A., Buschiazzo, E., Hevia, G. y Hepper, N. 1996. Fracciones de fósforo en suelos agrícolas y pastoriles de la Región Semiárida Pampeana Central (Argentina). *Cienc. del Suelo*, 14: 92-95.

Valderrama, J. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, 10: 109-122.

Velásquez, L. 2005. Distribución y comportamiento de los metales pesados Cd, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn, Co, Cr y Pb en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Vink, S.; Chambers, R., and Smilth S. 1997. Distribution of phosphorus in sediments from Tomales Bay, California. *Marine Geology*, 139: 157-179.

Vogel, A. 1960. *Química Analítica Cuantitativa*. Vol.1. Kapelusz, S.A.(Ed). Argentina.

Urioste, M.; Bono, A., Buschiazzo, E., Hevia, G. y Hepper, N. 1996. Fracciones de fósforo en suelos agrícolas y pastoriles de la Región Semiárida Pampeana Central (Argentina). *Cienc. del Suelo*, 14: 92-95.

White D.; Davis, W., Nickels, J., King, J. y Bobbie, R. 1979. Determination of the sedimentary microbial biomass by extractable lipid phosphate. *Oecologia*, 40, 51-62.

Walkley, A. y Black, I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci. Am. Proc.*, 37: 29 - 38.

Zuloaga, C. 2002. Distribución de carbono orgánico, carbonatado y azufre en los sedimentos superficiales marinos de la fachada atlántica, Venezuela. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Universidad Central de Venezuela.

Zheng, L.; Ye, Y. y Zhou, H. 2004. Phosphorus form in sediments of the East China Sea and its environmental significance. *J.I. Geograph. Sci.*, 14: 113-120.

APÉNDICE

Tabla A1. Composición granulométrica (%) y textura de los sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Composición porcentual (%)			Textura
	Arena	Limo	Arcilla	
1	85,75	13,67	0,58	Arenoso
2	36,72	57,03	6,25	Limo-arenoso
3	58,35	36,78	4,87	Areno-limoso
4	47,04	48,01	4,95	Limo-arenoso
5	58,69	41,43	0,85	Areno-limoso
6	43,59	44,02	12,39	Limo-arenoso
7	47,49	45,58	7,3	Arenoso
8	52,71	40,33	6,97	Areno-limoso
9	76,33	23,05	0,62	Arenoso
10	65,02	34,37	0,61	Areno-limoso
11	90,25	8,12	1,63	Arenoso
12	99,79	0,02	0,19	Arenoso
13	99,51	0,39	0,10	Arenoso
14	60,27	36,41	3,33	Areno-limoso
15	68,35	26,35	5,30	Areno-limoso
16	84,95	6,98	8,07	Arenoso
17	87,51	9,47	3,03	Arenoso
18	70,03	8,78	21,59	Areno-arcilloso
19	99,24	0,48	0,28	Arenoso
20	56,12	38,05	5,84	Areno-limoso
21	76,45	1,84	21,71	Arenoso
22	99,66	0,23	0,11	Arenoso
23	80,80	11,64	8,77	Arenoso
24	53,57	38,64	7,79	Areno-limoso
25	99,74	0,07	0,19	Arenoso
26	71,70	20,39	7,92	Areno-limoso
27	53,54	44,26	2,20	Areno-limoso
28	80,92	12,84	6,24	Arenoso
29	51,22	42,33	6,44	Areno-limoso
30	80,24	11,64	8,12	Arenoso
31	68,26	21,77	9,96	Areno-limoso
32	88,47	5,83	5,69	Arenoso
33	82,04	15,58	2,38	Arenoso
34	71,60	20,72	7,68	Areno-limoso
Máx.	99,79	57,03	21,71	
Min.	36,72	0,02	0,10	
Prom.	72,09	21,35	5,63	
DS.	18,23	17,08	5,26	

Tabla A2. Composición porcentual (%) de materia orgánica total (MO), Carbono orgánico total (C_{org}) y equivalentes de carbonato de calcio (eq-CaCO₃) de los sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Porcentajes (%)		
	MO _T	C _{org}	Eq. CaCO ₃
1	8,42	3,75	29,59
2	11,24	5,36	1,92
3	10,24	5,10	3,96
4	12,98	4,89	1,71
5	12,30	4,76	0,92
6	5,77	2,50	3,63
7	8,70	5,52	17,72
8	15,40	5,44	15,86
9	1,67	2,07	2,67
10	1,30	2,17	12,55
11	1,75	2,00	12,90
12	1,22	1,41	0,05
13	3,06	0,60	2,24
14	3,09	2,11	0,25
15	3,16	3,15	1,25
16	11,03	5,97	16,81
17	2,97	1,96	16,39
18	5,29	1,98	26,39
19	1,25	1,36	12,07
20	11,20	5,54	2,90
21	8,94	4,91	5,17
22	2,46	0,57	89,63
23	13,20	6,91	6,34
24	13,87	5,71	23,35
25	1,93	0,36	70,16
26	2,66	1,49	15,00
27	12,79	5,98	19,17
28	11,45	6,95	4,97
29	10,52	4,98	3,56
30	11,36	5,78	8,45
31	12,26	7,27	7,45
32	12,91	6,92	5,59
33	14,83	5,22	23,64
34	3,56	2,50	17,06
Máx	15,40	7,27	89,63
Mín	1,22	0,36	0,05
Prom	7,79	3,92	14,16
DS	4,85	2,13	18,76

Tabla A3. Valores de fósforo de cada una de las fracciones analizadas; expresados en miligramos de fósforo por kilogramo de sedimentos seco (mg/kg) de los sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Fracciones (mg/kg)					P.T.Sedex.
	F1	F2	F3	F4	F5	
1	2,06	1,25	47,28	454,36	123,43	628,38
2	1,67	0,94	61,71	413,25	152,11	629,68
3	1,01	1,25	42,39	499,55	185,93	730,13
4	1,69	0,68	71,41	288,75	116,22	478,75
5	0,91	0,56	44,15	588,23	149,79	783,64
6	2,88	0,71	38,60	390,99	88,29	521,47
7	2,21	1,29	40,35	204,00	258,56	506,40
8	1,17	1,05	36,41	341,29	207,30	587,21
9	3,89	0,85	134,72	945,59	73,46	1158,49
10	4,88	1,10	28,91	216,27	83,33	334,48
11	5,36	1,29	31,55	236,90	159,14	434,24
12	24,47	1,60	78,51	333,85	66,46	504,89
13	6,50	0,68	114,05	186,91	25,49	333,61
14	8,88	1,54	225,44	578,21	127,48	941,54
15	8,35	0,67	194,59	1093,44	186,04	1483,08
16	3,16	9,88	60,58	230,59	286,34	590,55
17	4,20	1,06	27,04	181,12	109,03	322,45
18	6,26	1,78	11,05	102,38	116,81	238,28
19	10,61	3,56	80,78	218,98	116,88	430,81
20	10,24	3,37	63,22	342,00	272,00	690,83
21	15,16	2,66	34,27	326,00	252,81	630,90
22	21,39	0,64	14,80	116,58	192,44	345,85
23	15,34	4,42	82,65	423,13	313,07	838,60
24	4,17	13,16	51,08	274,46	316,76	659,62
25	13,88	2,07	8,85	105,82	100,69	231,30
26	5,90	1,10	22,80	98,34	88,72	216,86
27	4,97	10,12	35,82	265,75	247,22	563,87
28	10,65	2,73	29,32	446,43	304,00	793,12
29	3,37	2,64	21,65	423,00	263,00	713,66
30	31,19	1,50	9,00	416,67	308,00	766,36
31	11,88	1,46	44,85	458,05	340,13	856,36
32	8,37	1,43	46,61	443,84	304,39	804,64
33	2,90	10,80	75,99	152,61	281,02	523,32
34	3,93	1,03	13,87	306,25	108,90	433,97
Max.	31,19	13,16	225,44	1093,44	340,13	1483,08
Min.	0,91	0,56	8,85	98,34	25,49	216,86
Prom.	7,75	2,67	56,60	355,99	186,03	609,04
Ds.	7,07	3,24	48,49	215,64	90,89	266,26

Tabla A4. Valores de fósforo de cada una de las fracciones analizadas; expresados en porcentajes (%) de los sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Porcentajes (%)					Total
	F1	F2	F3	F4	F5	
1	0,33	0,20	7,52	72,31	19,64	100,00
2	0,27	0,15	9,80	65,63	24,16	100,00
3	0,14	0,17	5,81	68,42	25,46	100,00
4	0,35	0,14	14,92	60,31	24,27	100,00
5	0,12	0,07	5,63	75,06	19,11	100,00
6	0,55	0,14	7,40	74,98	16,93	100,00
7	0,44	0,25	7,97	40,28	51,06	100,00
8	0,20	0,18	6,20	58,12	35,30	100,00
9	0,34	0,07	11,63	81,62	6,34	100,00
10	1,46	0,33	8,64	64,66	24,91	100,00
11	1,23	0,30	7,27	54,56	36,65	100,00
12	4,85	0,32	15,55	66,12	13,16	100,00
13	1,95	0,20	34,19	56,02	7,64	100,00
14	0,94	0,16	23,94	61,41	13,54	100,00
15	0,56	0,05	13,12	73,73	12,54	100,00
16	0,53	1,67	10,26	39,05	48,49	100,00
17	1,30	0,33	8,39	56,17	33,81	100,00
18	2,63	0,75	4,64	42,97	49,02	100,00
19	2,46	0,83	18,75	50,83	27,13	100,00
20	1,48	0,49	9,15	49,51	39,37	100,00
21	2,40	0,42	5,43	51,67	40,07	100,00
22	6,19	0,19	4,28	33,71	55,64	100,00
23	1,83	0,53	9,86	50,46	37,33	100,00
24	0,63	2,00	7,74	41,61	48,02	100,00
25	6,00	0,89	3,82	45,75	43,53	100,00
26	2,72	0,51	10,51	45,35	40,91	100,00
27	0,88	1,79	6,35	47,13	43,84	100,00
28	1,34	0,34	3,70	56,29	38,33	100,00
29	0,47	0,37	3,03	59,27	36,85	100,00
30	4,07	0,20	1,17	54,37	40,19	100,00
31	1,39	0,17	5,24	53,49	39,72	100,00
32	1,04	0,18	5,79	55,16	37,83	100,00
33	0,55	2,06	14,52	29,16	53,70	100,00
34	0,91	0,24	3,19	70,57	25,09	100,00
Max.	6,19	2,06	34,19	81,62	55,64	
Min.	0,12	0,05	1,17	29,16	6,34	
Prom.	1,55	0,49	9,28	56,05	32,64	
Ds.	1,59	0,56	6,51	12,57	13,61	

Tabla A5. Valores de concentraciones de fósforo total (PT), expresadas en miligramos de fósforo por kilogramo de sedimento seco (mg/kg), obtenidos por dos metodologías diferentes para los sedimentos superficiales del Sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	PT (mg/kg)	
	Método de Valderrama	Método SEDEX
1	628,38	597,13
2	629,68	569,73
3	730,13	712,06
4	478,75	484,65
5	783,64	740,24
6	521,47	454,00
7	506,40	519,66
8	587,21	583,41
9	1158,49	1166,76
10	334,48	339,17
11	434,24	470,81
12	504,89	487,42
13	333,61	321,86
14	941,54	986,61
15	1483,08	1485,00
16	590,55	591,39
17	322,45	326,52
18	238,28	233,85
19	430,81	476,46
20	690,83	636,86
21	630,90	628,46
22	345,85	332,99
23	838,60	879,00
24	659,62	651,07
25	231,30	234,36
26	216,86	219,70
27	563,87	621,65
28	793,12	737,90
29	713,66	657,70
30	766,36	715,30
31	856,36	859,91
32	804,64	746,18
33	523,32	535,20
34	433,97	439,72
Max.	1483,08	1485,00
Min.	216,86	219,70
Prom.	609,04	601,26
Ds.	266,26	264,83

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo De Cariaco, Estado Sucre, Venezuela
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
HERNÁNDEZ B. DEUDEDIT R.	CVLAC	6.633.397
	e-mail	deude64@gmail.com
	e-mail	dhernandez@udo.edu.ve
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Fósforo, Fraccionamiento, sedimentos marinos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Química

Resumen (abstract):

Se realizó un estudio de fraccionamiento geoquímico de fósforo en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, Edo. Sucre. Para tal fin, fueron fijadas 34 estaciones para la recolección de las muestras de sedimentos superficiales, las que se preservaron a -20°C hasta su procesamiento y análisis. Fueron determinados: composición granulométrica, contenido de material volátil a 450°C para estimar la materia orgánica (MO), contenido de carbono orgánico ($C_{\text{org.}}$), equivalentes de carbonato de calcio (eq- CaCO_3) y fósforo total (PT). Asimismo se separaron y analizaron cada una de las fracciones que componen el PT, tales como: fósforo adsorbido (F1), fósforo asociado a óxidos o asociado al hierro (F2), fosforo autogénico o asociado al calcio (F3), fósforo detrítico (F4) y fósforo orgánico (F5). Los resultados indicaron una composición granulométrica donde el 50% de las muestras fueron de textura arenosa; 38% de tipo areno-limosa, 9% de tipo limo-arenosa y 1% de textura areno-arcillosa. Los valores estimados de MO fueron considerablemente altos, oscilando entre un mínimo (Min.) de 1,22%, un máximo (Max.) de 15% con promedio (Prom.) de 7,79%. Los valores de $C_{\text{org.}}$ fueron también altos comprendidos entre: 0,36; 7,27 y 3,92% de Min, Max. y Prom., respectivamente. Los valores de eq- CaCO_3 fueron generalmente bajos, con valores que oscilaron entre 0,05 y 89,63 %. con un promedio de 14,16%. Este valor máximo de 89,63 % y otro de 70,16 % fueron dos anomalías al promedio. Los resultados del fósforo total (PT), son elevados y estuvieron comprendidos entre: 216,86 mg/kg (miligramos de fósforo por kilogramos de sedimento seco), como Min. y 1483,08 como Max., con un Prom. de 609,04 mg/kg. Los valores más elevados de PT se ubicaron principalmente en el área central y a todo lo largo del área costera norte, mientras que los menores se hallaron principalmente en el área costera sur. La fracción geoquímica con menor abundancia fue la F2, con valores muy bajos y cercanos al límite de detección del método utilizado. La fracción más abundante fue la F4 con valores entre 98,34 y 1093,44 mg/kg. La fracción más lábil F1, presentó valores bajos, hallados básicamente en las zonas cercanas a la costa. Estos valores fueron de: 0,91; 31,19 y 7,75 mg/kg de valores Min, Max. y Prom., respectivamente. La fracción F3, presentó valores moderados comprendidos entre 8,85 y 225,44 mg/kg, con altas abundancias en algunos sitios. La fracción F5, aparentemente lábil, presentó valores igualmente moderados, comprendidos entre 25,49 y 340,13 mg/kg. Las mayores abundancias de esta fracción se localizaron principalmente en las estaciones profundas y asociadas a altos contenidos de MO y $C_{\text{org.}}$

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6
Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
M.Sc. Gregorio Martínez Campos	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8.439.342
	e-mail	goyomartinez@gmail.com
	e-mail	
Dra.Luisa Rojas de Astudillo.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	lrojas40@yahoo.com
	e-mail	
M.Sc. Ángel Marcano	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	marcanoang@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2013	03	19
------	----	----

Lenguaje: **SPA**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-HernandezDeudeit.doc	Aplication/Word

Alcance:

Espacial: Nacional (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciatura en Química

Nivel Asociado con el Trabajo:

Licenciatura

Área de Estudio:

Química

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente. Núcleo de Sucre

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CUAJEL
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

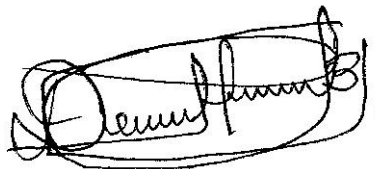
REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SECRETARÍA
CONSEJO UNIVERSITARIO

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.



**DEUEDIT R.HERNÁNDEZ B
AUTOR**



Gregorio Martínez Campos M.Sc.
(Asesor)