



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

FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE FÓSFORO
EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PERIFERIA DE LA
CUENCA DE CARIACO, VENEZUELA
(Modalidad: Investigación)

ADRIANA CAROLINA GONZÁLEZ MÉNDEZ

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

CUMANÁ, 2010

FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE FÓSFORO
EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PERIFERIA DE LA
CUENCA DE CARIACO, VENEZUELA

APROBADO POR:

Prof. Gregório Martínez (MSc.)
Asesor Académico

Jurado Principal

Jurado Principal

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
ÁREA DE ESTUDIO	8
RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	9
Materia orgánica total	11
Carbono orgánico.....	12
Fraccionamiento de fósforo.....	12
Reproducibilidad del método.....	13
Extracción del fósforo adsorbido (F1).....	13
Extracción de fósforo autogénico (F3).....	15
Extracción del fósforo detrítico (F4).....	15
Extracción del fósforo orgánico (F5).....	15
Nitrógeno (NT) y fósforo total (FT).....	16
Análisis estadístico	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
GRANULOMETRÍA DEL SEDIMENTO.....	18
MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT)	20
CARBONO ORGÁNICO	22

FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE FÓSFORO	24
REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO.....	24
Fósforo adsorbido (F1).....	25
Fósforo asociado a óxidos (F2).....	28
Fósforo autogénico (F3)	30
Fósforo detrítico (F4)	32
Fósforo orgánico (F5)	33
Fósforo total (FT).....	35
NITRÓGENO TOTAL (NT)	38
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON.....	42
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA.....	45
APÉNDICE	50
Hoja de Metadatos.....	56

DEDICATORIA

A:

Mi DIOS todopoderoso, por haberme brindado la fuerza, la fortaleza y la paciencia necesaria con las que he podido vencer todos y cada uno de los obstáculos encontrados en el camino.

Mi abuela “Marcelina”, que estuvo presente desde el inicio, que me enseñó a darle valor a las cosas y sobre todo a ser responsable de mis actos, aunque en estos momentos no te encuentres presente entre nosotros, siempre te voy a agradecer toda esa dedicación y entrega que tuviste hacia mí. Nunca te olvidare.

Carmen Méndez, mi madre, el tesoro más grande que la vida me ha brindado, gracias por tu apoyo incondicional, por las palabras de aliento que nunca faltaron en los momentos difíciles, por tu amor y sobre todo por esa confianza que me has brindado. Esa fuerza que te caracteriza y las ganas de salir adelante, son las que hacen que te vea como mi ejemplo a seguir, todo lo que soy te lo debo a ti, en verdad gracias. Te amo

Luis Moreno, mi padre, que a pesar de nuestras diferencias siempre estuvo allí para guiarme, darme sus consejos y ayudarme a no caer cuando sentía que no podía continuar. En verdad, muchas gracias.

Mis hermanos, Luz, Liz y Luis, para que en un futuro sigan mi ejemplo y así puedan lograr todas las metas que se propongan a lo largo de la vida. Los adoro.

María Velásquez, “maita”, por sus sabios consejos, por brindarme su apoyo en los momentos difíciles y sobre todo por creer en mí. Gracias por siempre estar allí y por hacerme sentir parte de tu familia. Te quiero mucho.

Yhorman Velásquez, mi gordo, porque de todas las personas que se encuentran a mí alrededor tú eres el único que sabe a ciencia cierta todo lo que tuve que pasar para llegar hasta aquí, nunca me abandonaste y siempre creíste en mí. Gracias por tu amor, tu comprensión y sobre todo por tu paciencia. Te amo

AGRADECIMIENTO

A:

La casa más alta, por brindarme la oportunidad de ampliar mis conocimientos y permitirme el desarrollo como profesional.

Mi asesor Prof. Gregorio Martínez (M.Sc.) por ofrecerme todo su apoyo, confianza, amistad, y sobre todo por brindarme sus conocimientos los cuales fueron clave para el desarrollo de este maravilloso trabajo de grado.

El personal del IOV; técnicos de laboratorio Deudedit , Edymir y Adelky, por su magnífica ayuda, dedicación y disposición durante la realización de este trabajo, en verdad gracias por nutrirme de sus conocimientos y sobre todo por enseñarme lo que es el trabajo en equipo; Lic. Antonio Benítez, por su gran ayuda en la elaboración de los mapas; Lic. María José González por brindarme su amistad y por sus valiosos consejos a la hora de grandes dificultades. En verdad gracias a todos.

Mis grandes amigos, Adelser Moya, Leidis Mujica, Mary Bellorín y Raúl Cedeño por enseñarme lo que es la amistad, por estar siempre en todo momento especialmente en los más difíciles, por ayudarme a salir adelante y sobre todo por no dejar que me diera por vencida ante tantos obstáculos. Los adoro.

El personal del departamento de química y en especial a los profesores Haydelba D' Armas, Maj Britt Mostue y Ana Chacón, así como también a los técnicos: Hernán, Roseline y Luis, nunca olvidare que todos los conocimientos que tengo acerca de un laboratorio de química se los debo a ustedes.

Mis amigos con los que compartí momentos inolvidables en todo el transcurso de mi carrera: Brimar Espinoza, María Hernández, Gabriela Ortega, José Bucarito, José

Rodríguez, Jesús Vallera, Freddy Ramírez gracias por su amistad, siempre les estaré agradecida por el apoyo brindado durante todo este tiempo.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las distintas estaciones ubicadas en la periferia de la cuenca de Cariaco.	14
Tabla 2. Reproducibilidad del método “Sedex” utilizado en las extracciones de las distintas fracciones de fósforo ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), en el sedimento de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	24
Tabla 3. Análisis de correlación simple aplicado a los distintos parámetros de la presente investigación.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca de Cariaco, Venezuela, donde fue realizado el presente estudio.....	10
Figura 2. Triángulo de Shepard para la clasificación de los sedimentos marinos.	11
Figura 3. Composición granulométrica, (%), de los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	19
Figura 4. Diagrama ternario con los porcentajes de arena, limo y arcilla que se encuentran presente en los sedimentos marinos de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	19
Figura 5. Distribución de Materia Orgánica Total, (%), en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	21
Figura 6. Distribución de Carbono Orgánico, (%), en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	23
Figura 7. Concentración de fósforo adsorbido ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	27
Figura 8. Concentración de fósforo asociado a óxidos ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.....	29
Figura 9. Concentración de fósforo autógeno ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	31
Figura 10. Concentración de fósforo detrítico ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	33
Figura 11. Concentración de fósforo orgánico ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	35
Figura 12. Concentración ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y composición fraccional (%) del fósforo total en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	38
Figura 13. Concentración de nitrógeno total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.	40

Figura 14. Prueba estadística de Box y Whisker para la comparación de los métodos de Valderrama (1981) y Sedex (2000). 41

LISTA DE ABREVIATURAS

F1= Fósforo adsorbido

F2= Fósforo asociado a óxidos

F3= Fósforo autogénico

F4= Fósforo detrítico

F5= Fósforo orgánico

FT= Fósforo total

NT= Nitrógeno total

MOT= Materia orgánica total

C-org= Carbono orgánico

RESUMEN

Se determinó el fraccionamiento de fósforo (adsorbido (F1), asociado a óxidos (F2), autogénico (F3), detrítico (F4) y orgánico (F5)), junto con el fósforo total (FT) en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. La cuantificación del fósforo extraído en cada una de las fracciones se realizó con la técnica de espectrofotometría en la región visible a 885 nm. Los resultados arrojaron concentraciones elevadas de fósforo detrítico las cuales oscilaron entre 57,52 y 840,20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, específicamente en los alrededores de las islas Margarita y La Tortuga, las cuales pueden ser producto de una alta acumulación de estructuras carbonaceas como corales, esqueletos de peces, conchas de moluscos, entre otros; seguido en orden secuencial por el fósforo orgánico cuyos valores se encontraron entre 32,69 y 86,34 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; fósforo autogénico con valores entre 1,46 y 36,46 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; fósforo adsorbido entre 2,62 y 28,72 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y, por último, el fósforo asociado a óxidos entre 1,24 y 9,10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Para el caso del fósforo y nitrógeno total el comportamiento fue muy similar, las concentraciones se encontraron entre 129,97 y 933,42 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y 132,60-982,10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente, valores que estuvieron asociados directamente con la materia orgánica presente en los sedimentos de la región. Se consideran ricos en materia orgánica ya que su concentración fue superior al 0,5 %. La textura sedimentaria que predomina en la mayor parte de esta zona es de tipo arenosa, seguido de una pequeña proporción de limo. Es importante resaltar, que el fenómeno de surgencia que afecta a toda la zona se considera como uno de los principales factores que condicionan las elevadas concentraciones de los parámetros geoquímicos estudiados.

INTRODUCCIÓN

La sedimentación es un proceso de deposición de materiales transportados por el agua que resultan de la meteorización de las rocas por agentes geológicos externos como el agua, aire y el viento, así como de los procesos biogeoquímico que ocurren en un determinado ecosistema acuático. La composición de los sedimentos está relacionada con factores como: la roca erosionada, agentes de transporte, y por las condiciones físicas de la cuenca sedimentaria (López, 2003).

Los sedimentos marinos son agregados de partículas insolubles de material no solidificado, que han sido arrastrados hacia el fondo de los mares y océanos por diferentes agentes de transporte. En épocas de vientos alisios se generan persistentes eventos de afloramiento, donde se aportan grandes cantidades de material detrítico orgánico e inorgánico al sedimento. Entre éstos, generalmente se encuentran una gran cantidad de elementos químicos, entre los cuales se destacan el nitrógeno y el fósforo, los cuales son de gran interés debido a sus implicaciones en la productividad biológica de estos ecosistemas.

El fósforo es considerado como un nutrimento esencial para los organismos vivientes, y la biodisponibilidad del mismo en los sistemas marinos está controlada por factores que incluyen la profundidad de la columna de agua, estado redox de los sedimentos, producción primaria, pH, y la temperatura (Fuentes, 2001).

El fósforo que llega a los mares es generado, principalmente, por dos fuentes; una natural y otra antropogénica. Entre las fuentes de origen natural cabe mencionar los depósitos minerales de rocas fosfóricas, las cuales desprenden este elemento, principalmente, en forma de ortofosfato, mediante la meteorización y erosión. Las fuentes antropogénicas puntuales incluyen las aguas servidas, domésticas e industriales, las fuentes no puntuales están asociadas con las escorrentías agrícolas y domésticas. Es

importante señalar que las lluvias, también, contribuyen con una cantidad importante del fósforo total presente en las aguas superficiales y en los sedimentos.

Algunos de los componentes importantes del sedimento, es el fósforo en sus diferentes fracciones. La especiación o fraccionamiento geoquímico del fósforo consiste en hacer extracciones secuenciales con diferentes soluciones, cuyo objetivo principal es separar y cuantificar las distintas formas de este elemento en el sedimento marino (Hupfer *et al.*, Jensen y Thamdrup, 1998).

Para conocer la distribución de fósforo, se ha implementado una gran variedad de métodos entre las cuales se pueden mencionar, el método de Chang y Jackson (1957), el cual consiste en separar las distintas fracciones de fósforo inorgánico y estimar la cantidad de fósforo orgánico por la diferencia entre la suma de todas las fracciones inorgánicas extraídas y el fósforo total cuantificado. Otros métodos son los de Amuerman (1991) y Bartels (1996), en los que únicamente se determina la cantidad de fósforo orgánico respecto al contenido total. Debido a que ninguno de estos métodos genera información alguna acerca de la labilidad de las fracciones orgánicas, Sedex (2000) propuso una nueva alternativa, la cual consistió en un método de extracción secuencial que permite remover desde las fracciones más lábiles hasta la menos biodisponible. Por medio de este método, se puede extraer el fósforo bajo sus diferentes formas, es decir, adsorbido, asociado a óxidos, autogénico, detrítico y orgánico (Fang *et al.*, 2007)

El fósforo adsorbido es aquel que se encuentra unido débilmente a la matriz sedimentaria y, por lo general, su presencia en los sedimentos marinos se debe a fertilizantes fosfatados que son utilizados en la agricultura. El fósforo asociado a óxidos, como su nombre lo indica, es el que se encuentra ligado a los oxihidróxidos de hierro y manganeso y pueden ser movilizados por procesos dependientes del potencial redox presente en el medio. El fósforo autogénico se caracteriza por ser propio de la zona en estudio, es decir, no proviene de ningún tipo de fuentes externas. El fósforo detrítico se

encuentra asociado a los carbonatos y, finalmente, el fósforo orgánico es el aportado por la materia orgánica en la zona en estudio.

Actualmente, el estudio de las distintas fracciones de fósforo es uno de los tópicos de gran interés dentro de la oceanografía y en las investigaciones biogeoquímicas. Liebezeit (1991) realizó un fraccionamiento de fósforo del material obtenido de una trampa de sedimento del Mar de Marmara, al Sur del Mar de China y la Meseta Voring, hallando que el fósforo inorgánico se puede originar del carbonato biogénico y el fósforo detrital de minerales de arcillas, restos de peces y deposición atmosférica. Golterman (1996) realizó un fraccionamiento de fosfato en sedimentos marinos con compuestos quelantes (NTA/EDTA) y procedió, simultáneamente, a comparar el mismo con los métodos de extracción de Sedex (2000) y Hieltes y Lijklema (1980), encontrando que las extracciones con EDTA presentan muchas ventajas sobre estos otros métodos.

En este sentido, en los últimos años se han llevado a cabo trabajos en este campo por investigadores del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Márquez *et al.*, (2007) determinaron las concentraciones de fósforo en sedimentos recientes de la Laguna de los Patos, estado Sucre, encontrando que el fósforo se encuentra principalmente como fósforo orgánico ligados a minerales fosfatados de calcio (48,53%) y, en segundo término, a coexistir en orden secuencial como: fósforo absorbido (13,89%), fosfato de hierro (13,54%), fósforo débilmente lábil (7,35%) y por último en forma refractaria (6,78%). Wetter (2008) realizó un fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del río Manzanares, estado Sucre, reportando una mayor cantidad de fósforo del tipo detrítico, indicando que la zona en estudio contiene cantidades considerables de fósforo asociado a carbonato de calcio. De igual manera, Guillot (2008) realizó un fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del Golfo de Paria y costa atlántica venezolana reportándose una mayor concentración de fósforo asociado a óxidos debido a la cercanía del río Orinoco.

Otros parámetros de gran importancia, en los estudios oceanográficos son el nitrógeno y la materia orgánica los cuales se encuentran relacionados entre sí, ya que en aquellos sedimentos de tipo muy finos (limos y arcillas) se suelen encontrar grandes cantidades de materia orgánica y, por ende, concentraciones elevadas de nitrógeno. El estudio del contenido y evolución de la materia orgánica presente en los sedimentos superficiales costeros de mares y océanos, el flujo de desechos exógenos al medio marino, la tasa de sedimentación al igual que la clase de textura que prevalece granulométricamente en el medio ambiente sedimentario marino costero juegan un papel determinante en la evolución de los ecosistemas. Estos, permiten dilucidar los procesos metabólicos que controlan los cambios diagenéticos y los mecanismos biogeoquímicos de degradación y remoción orgánica de estos lugares (Bonilla y Lin, 1979).

La materia orgánica es la principal fuente energética del sistema sedimentario. La materia orgánica es formada, directamente del dióxido de carbono (CO_2) atmosférico y disuelto en las aguas, por las plantas terrestres y marinas a través de la fotosíntesis. Esta materia orgánica es destruida por oxidación. De este modo, el dióxido de carbono (CO_2) es devuelto al sistema para completar el ciclo. Solo una pequeña porción del carbono orgánico ($0,003 \times 10^{15}$ t) de la corteza terrestre, incluyendo la hidrosfera, se encuentra en los organismos vivos. La mayor parte del carbono orgánico ($5,0 \times 10^{15}$ t) presente en los océanos se encuentra en los sedimentos (Tissot y Welte, 1984).

La principal fuente de materia orgánica acuática es el fitoplancton, constituidos por algas microscópicas unicelulares que residen en la capa superior de la columna de agua (zona eufótica). Otra fuente importante de materia orgánica en el ambiente acuático es aquella transportada por los ríos, la cual está constituida por polen, esporas, restos de plantas y sustancias húmicas (Demaison y Moore, 1980). Por otro lado, se tiene que la cantidad de materia orgánica que alcanza el piso oceánico depende de diversos factores, entre los cuales se destacan: la ubicación de la interfase oxica-anóxica, la tasa de sedimentación y acumulación, la energía del sistema, así como el grado de circulación de las aguas (Didyk *et al.*, 1978).

El carbono orgánico entra al sistema marino en forma de materia orgánica. Este aporte es relativamente bajo con respecto a la producción total de carbono orgánico por las plantas terrestres, $600 \times 10^{12} \text{ g}\cdot\text{año}^{-1}$ y a la producción marina algal, $500 \times 10^{12} \text{ g}\cdot\text{año}^{-1}$ (Saliot *et al.*, 2001). A pesar de que la materia orgánica es una mezcla de compuestos orgánicos, su composición es, a menudo, aproximada a la siguiente fórmula estequiométrica $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}\text{H}_3\text{PO}_4$ (Mucci *et al.*, 2000).

La cuenca de Cariaco es el segundo más grande ambiente pelágico anóxico y verdaderamente marino del mundo (Madrid *et al.*, 2001). Ha sido durante mucho tiempo centro de atención de científicos que tratan de explicar las variaciones paleoclimáticas durante el pleistoceno y holoceno (Müller-Karger, *et al.*, 2000). Esto se debe a que es un importante archivo de la variabilidad climática antigua que contiene evidencias del clima inter y extratropical producto de la acumulación anual de sedimentos laminados en una columna de agua anóxica (Matthew *et al.*, 2003).

Ésta cuenca es una formación única en el mundo, en cuanto a que actúa como un contenedor donde es posible la cuantificación de materia orgánica y el intercambio de carbono en la columna de agua con la atmósfera y el fondo (figura 1). Las condiciones anóxicas y quietas del fondo permiten la acumulación de sedimentos en forma estratificada o laminada en el fondo; cada lámina es un pareo consistente en una capa de color claro y otra oscura. Las claras son ricas en restos de plancton y se consideran que fueron depositadas durante la época de surgencia de la región. En contraste, las capas oscuras consisten en restos minerales que son descargados a la cuenca durante la época de lluvia.

Esta zona es afectada por una surgencia estacional marcada, donde durante los primeros meses del año y, ocasionalmente en los meses de junio-julio, el agua que se encuentra cerca de los 150 m de profundidad emerge a la superficie. Esto hace que las aguas superficiales sean relativamente frías, ricas en nutrientes, y favorezcan un intenso crecimiento de fitoplancton cerca de la superficie. El fenómeno de surgencia, es

provocado por el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (SCOTT) la cual produce variaciones significativas en el régimen de vientos, corrientes y descarga de los ríos que afectan a la cuenca de Cariaco. Los vientos con velocidad de 8 a 10 m/s ejercen una influencia friccionar en el agua hasta 200m de profundidad causando la desaparición de la esterificación térmica de la columna de agua (Astor *et al.*, 1998). Se ha encontrado que además de la surgencia que se presenta en épocas de vientos intensos, en épocas de baja intensidad eólica (periodo de lluvias) se producen hundimientos de las aguas fuera y dentro de la cuenca. Por debajo de los 200 m de profundidad las aguas se encuentran aisladas y adquieren características particulares como un estado de anoxia total y una temperatura y salinidad casi constantes. Así, la cuenca de Cariaco presenta dos sistemas diferentes: uno superficial, dominado por una alta productividad biológica debida a la fotosíntesis, y otro profundo, donde prevalece la actividad biológica microbiana que descompone la materia orgánica producida en la capa superficial, agotando la reserva de oxígeno de las aguas profundas y aisladas.

En años recientes, se ha determinado un incremento de temperatura, salinidad y algunas especies de nutrimentos (Scranton *et al.*, 2001) en el estrato superficial de la cuenca de Cariaco. Dentro de estos cambios se han encontrado pequeños aumentos en la concentración de oxígeno disuelto acompañado por una disminución de 75 a 55 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de H_2S en la interfase óxica/anóxica de la cuenca. Por otra parte, a consecuencia del terremoto ocurrido en 1997, en los alrededores de la población de Cariaco, se constató que el sedimento muy fino se resuspendió, tardando varios meses en volver a sedimentarse. Thunell *et al.* (2000) señalaron que debieron producirse enormes derrumbes en las paredes de la cuenca, ya que se originó una gran turbidez de las aguas y un transporte de grandes cantidades de sedimentos costeros, introduciendo hierro oxidado en las aguas profundas de la cuenca (Scranton *et al.*, 2001).

La falta de estudios referidos al tema de fraccionamiento de fósforo en una de las cuencas más importantes del país, como lo es la de Cariaco, la cual está afectada

constantemente por el fenómeno de surgencia, hace necesario, la realización de investigaciones de esta índole.

Para alcanzar tal fin, se planteó determinar el contenido de fósforo total y fraccionado en los sedimentos marinos de la periferia de la cuenca de Cariaco, así, como también el contenido de nitrógeno, materia orgánica total y textura sedimentaria.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca de Cariaco es una depresión de la corteza terrestre dentro de la plataforma continental del oriente de Venezuela. Tiene una forma alargada, orientada en dirección Este-Oeste con una longitud aproximada de 186 km de largo y 204 km de ancho. Está unida por el norte por un umbral que conecta la isla de Margarita con Cabo Codera a una profundidad de más de 100 m, con dos cauces o canales que abren brechas en este umbral (La Tortuga: ~135 m y Centinela: ~146 m) (Müller-Karger *et al.*, 2000a).

Debido a que el umbral restringe el movimiento de las aguas y el flujo lateral de material por debajo de aproximadamente 140 m, la Cuenca de Cariaco forma una trampa de sedimento natural dentro de la plataforma continental. La misma está formada por dos subcuencas o depresiones: la oriental y la occidental (Müller-Karger *et al.*, 2000; Madrid *et al.*, 2001) y una subcuenca más pequeña al oeste de Margarita, las cuales están separadas por sillars o zonas menos profundas. La depresión occidental es la mayor y más profunda. Se encuentra hacia el extremo oeste de la Cuenca entre la isla la Tortuga y Cabo Codera. Su centro está localizado a 10°40'N, 65°35'W y mide aproximadamente 78 km de largo y 35 km de ancho, alcanzando una profundidad de 1435 m. Al este, la otra depresión localizada entre la isla de Margarita y la isla la Tortuga. El umbral oriental alcanza 135 m y el del oeste 146 m (Febres y Herrera, 1975; Richard y Vaccaro, 1956; Scraton *et al.*, 2001). Esta depresión mide 76 km de largo y 18 km de ancho, su centro está a 10°30'N y 64°40'W y alcanza una profundidad máxima conocida de 1385 m. En la figura 1, se observa claramente el área de estudio y, cada una de las estaciones de donde fue extraído el sedimento utilizado para la realización de los respectivos análisis.

RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras de sedimento superficiales fueron recolectadas en el buque Oceanográfico Guaiquerí II en 25 estaciones establecidas en los transectos Cumaná-Araya (estaciones 1, 2 y 3), Araya-Cubagua (estaciones 4, 5 y 6), Cubagua-Margarita(estaciones 7, 8 y 9), Margarita-La Tortuga (10, 11, 12, 13, 14, y 15) y finalmente la Tortuga-Cabo Codera (estaciones 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, y 25). La extracción de dichas muestras, fue realizado con una draga tipo Van Been y, luego fueron almacenadas en bolsas de polietileno a -20°C. Posteriormente, las mismas fueron secadas en una estufa a 80°C, pulverizadas hasta su homogenización y almacenadas en bolsas de polietileno hasta la realización de sus análisis, los cuales fueron llevados a cabo en los laboratorios del Instituto Oceanográfico de Venezuela. La tabla 1 muestran las coordenadas geográficas de las estaciones donde fueron tomadas las muestras.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Para desarrollar cada uno de estos análisis, fue necesario hacer uso de una serie de metodologías las cuales son descritas de manera muy sencilla a continuación:

Granulometría de los sedimentos

La composición granulométrica del sedimento se determinó en dos etapas: en la primera se separó la fracción de arena y en la segunda las fracciones de limo y arcilla. En la primera etapa, se tomaron aproximadamente 100 g de la muestra húmeda y se colocaron en contenedores de vidrio a temperatura ambiente hasta secar por completo, luego fueron pesados nuevamente para determinar el peso de la muestra seca. Seguidamente, la muestra fue tamizada haciendo uso de un tamiz de 120 mallas (63 μm)

y fue pesada. De esta manera, se logró separar la fracción de arena de la fracción de limo y arcilla.

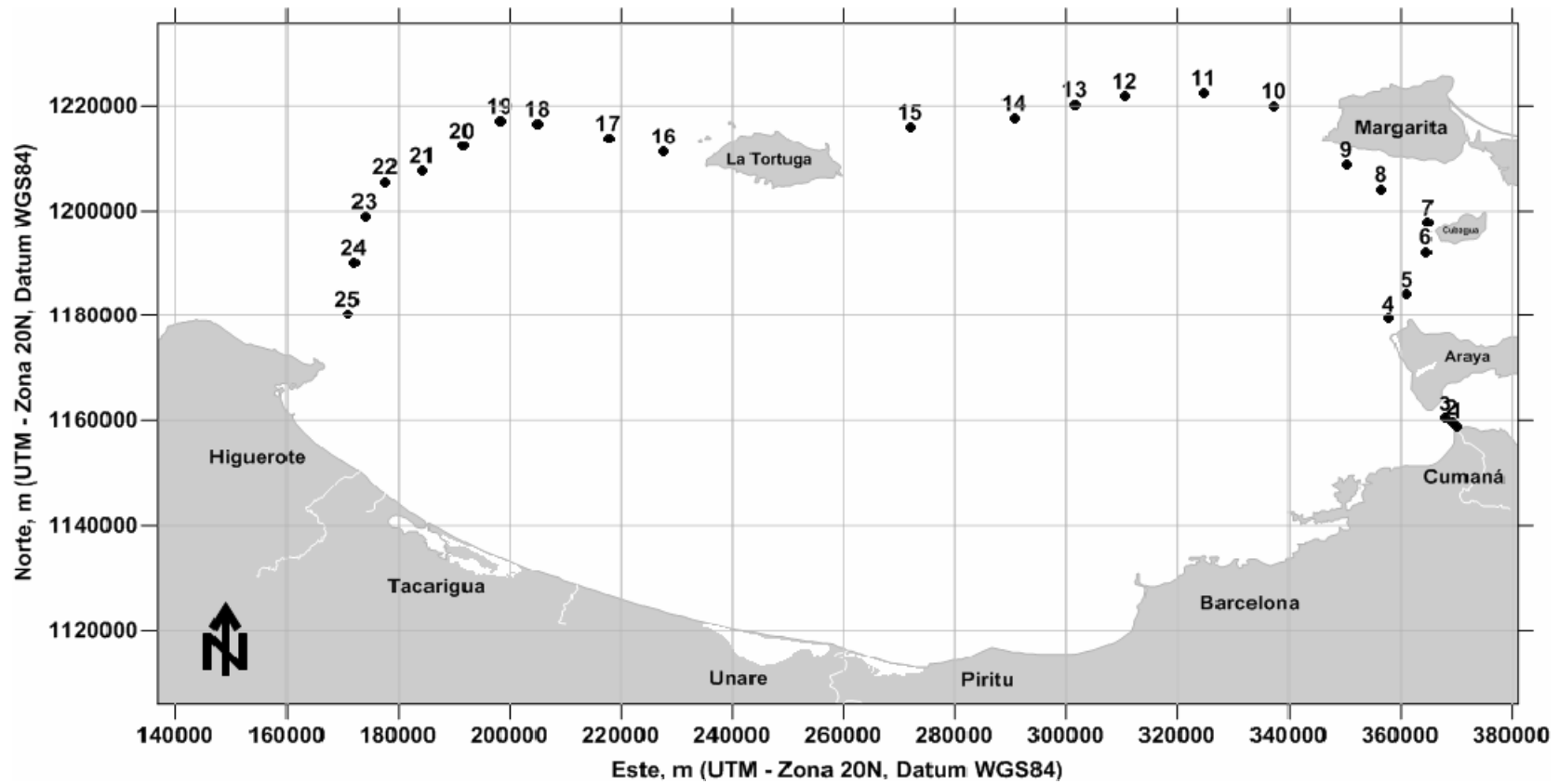


Figura 1. Cuenca de Cariaco, Venezuela, donde fue realizado el presente estudio.

. En la siguiente etapa se separaron las arcillas de los limos, para esto fue necesario utilizar el método del densímetro, el cual consiste en medir la densidad de una suspensión a través del tiempo de sedimentación usando un densímetro Bouyoucos con escala desde -5 hasta 60 g/l (Primo. y Carrasco, 1973). La clasificación del tipo de sedimento se realizó haciendo uso del conocido triángulo de Shepard, el cual se muestra en la figura 3.

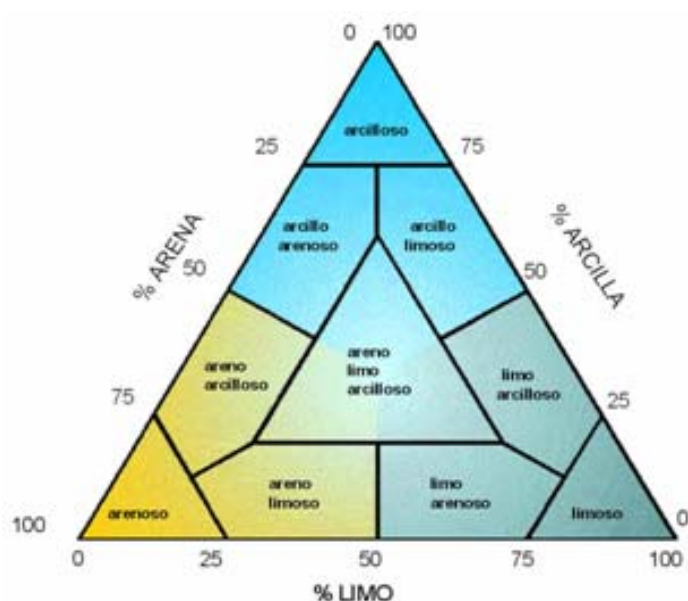
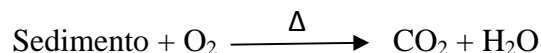


Figura 2. Triángulo de Shepard para la clasificación de los sedimentos marinos.

Materia orgánica total

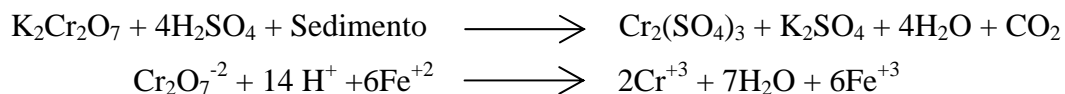
El contenido de materia orgánica se determinó por el método descrito por De la Lanza (1980); Palenques y Díaz (1994); González y Ramírez (1995); Bernal y Betancourt (1996), el cual se fundamenta en la mineralización total de la materia orgánica que se encuentra contenida en los sedimentos marinos. Esto, se logró a través del calentamiento de las muestras a altas temperaturas obteniendo una fracción libre de

materia orgánica. Se colocaron 2 g de sedimento seco en crisoles de porcelana previamente pesados y tarados, luego fueron introducidos en una mufla a 550°C durante 24 horas. Una vez calcinada la muestra, se dejaron enfriar en un desecador, por último, fueron pesados obteniéndose por desigualdad de masa el contenido de materia orgánica total.



Carbono orgánico

Se determinó por el método de combustión húmeda. Se pesó entre 0,1 y 0,5 g de sedimento marino, dependiendo su textura, y se colocaron en enlermeyer de 125 ml de capacidad. Luego, fueron añadidos 10 ml de una mezcla de ácido sulfocrómico 0,4 mol·l⁻¹. Seguidamente, se procedió a calentar durante un lapso de 2 minutos hasta ebullición constante. La mezcla fue transferida a un enlermeyer que contenía aproximadamente 150 ml de agua destilada, a esto se le agregaron 5 gotas de difenilamina como indicador. Finalmente, se procedió a titular el exceso de dicromato con la sal de Morh 0,2 mol·l⁻¹, para así determinar su concentración. (Okuda, *et al.*, 1968).



Fraccionamiento de fósforo

El método utilizado fue la extracción secuencial de las diferentes fracciones de fósforo (F1: adsorbido, F2: asociado a óxidos, F3: autogénico, F4: detrítico, F5: orgánico) propuesto por Sedex (2000). Mediante este método, se extrajeron, progresivamente, desde las fracciones más lábiles hasta las menos disponibles en el sedimento.

Reproducibilidad del método

La confiabilidad del método fue chequeada utilizando tres (3) muestras de sedimentos (estaciones 1, 15 y 25). Cada muestra fue analizada por triplicado, determinándose posteriormente la desviación estándar de las medidas para cada muestra.

Los análisis de fósforo en los diferentes extractos obtenidos se realizaron por el método Sedex (2000). Los detalles de las extracciones se señalan a continuación:

Extracción del fósforo adsorbido (F1)

Se pesó 1 g de sedimento por duplicado y se colocó, en un tubo de centrifuga de 100 ml. Luego se añadió 10 ml de MgCl_2 ($1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH 8. Se agitó durante 2 horas en un agitador mecánico Thermolyne Modelo Aros 160. Se repitió el proceso separándose, posteriormente, la fase líquida y sólida mediante centrifugación a 15 rpm. El residuo sólido se lavó con 10 ml de agua destilada para recoger cualquier porción remanente de la muestra en la fase líquida. El contenido de fósforo adsorbido fue determinado en la fase líquida decantada.

Extracción del fósforo asociado a óxidos (F2)

A la muestra del sedimento remanente proveniente de la extracción del fósforo adsorbido, se le agregó 10 ml de una mezcla de citrato de sodio ($0,22 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$), ditionito de sodio ($0,14 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$) y bicarbonato de sodio ($1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH 7,6; luego se agitó por 6 horas en un agitador mecánico. Posteriormente, se le adicionaron 10 ml de MgCl_2 ($1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH 8 y fue agitado nuevamente durante 2 horas. Las fases líquida y sólida fueron separadas mediante centrifugación a 1500 rpm. Se añadieron 10 ml de agua desionizada al sólido remanente para lavar y recoger cualquier porción de la muestra decantada y, finalmente, se determinó el contenido de fósforo asociados a óxidos.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las distintas estaciones ubicadas en la periferia de la cuenca de Cariaco.

Estación	Latitud Norte	Norte (UTM)	Longitud Oeste	Oeste (UTM)
1	10° 28' 53,85''	1158907,74	64° 11' 8,75''	370232,82
2	10° 29' 13,12''	1159503,36	64° 11' 40,60''	369266,72
3	10° 29' 41,21''	1160370,74	64° 12' 19,20''	368096,47
4	10° 39' 58,75''	1179382,52	64° 17' 54,56''	357979,53
5	10° 42' 30,82''	1184041,18	64° 16' 11,44''	361132,17
6	10° 46' 54,00''	1192112,05	64° 14' 17,49''	364626,75
7	10° 49' 57,31''	1197741,79	64° 14' 4,43''	365046,19
8	10° 53' 21,95''	1204064,16	64° 18' 44,76''	356559,84
9	10° 55' 52,76''	1208724,89	64° 22' 9,85''	350353,34
10	11° 1' 56,62''	1219965,82	64° 29' 20,20''	337342,69
11	11° 3' 12,60''	1222365,68	64° 36' 16,85''	324708,84
12	11° 2' 50,14''	1221755,02	64° 44' 5,32''	310485,81
13	11° 1' 58,77''	1220229,8	64° 49' 0,91''	301503,80
14	11° 0' 32,94''	1217659,74	64° 54' 57,50''	290661,87
15	10° 59' 33,21''	1215948,7	65° 5' 12,64''	271972,31
16	10° 57' 14,29''	1211274,66	65° 5' 12,64''	227753,05
17	10° 58' 36,50''	1213822,27	65° 29' 27,34''	217730,23
18	11° 0' 2,33''	1216523,71	65° 34' 57,97''	205054,30
19	11° 0' 19,58''	1217108,45	65° 41' 55,99''	198274,16
20	10° 57' 16,35''	1212397,6	65° 45' 39,34''	191533,22
21	10° 54' 36,82''	1207559,15	65° 53' 13,01''	184398,91
22	10° 53' 28,69''	1205528,36	65° 56' 52,44''	177709,71
23	10° 49' 52,93''	1198928,45	65° 58' 51,08''	174038,59
24	10° 45' 3,37''	1190042,07	65° 59' 52,94''	172070,64
25	10° 40' 13,38''	1180282,13	66° 0' 29,65''	170858,80

Extracción de fósforo autogénico (F3)

A la muestra del sedimento proveniente del paso dos, se le adicionaron 10 ml de acetato de sodio ($1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH 4, luego, se agitó durante 2 horas en un agitador mecánico luego, se le agregaron 10 ml de MgCl_2 ($1\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH 8, se dejó reposar la solución 2 horas más, se agitó la mezcla y posteriormente se le adicionaron 10 ml de MgCl_2 ($1\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH 8 , se dejó reposar durante 2 horas. Seguidamente, fue separada la fase líquida de la sólida mediante centrifugación a 1500 rpm. Se adicionaron 10 ml de agua destilada al sólido remanente para lavar y recoger cualquier porción de la muestra decantada. El contenido de fósforo autogénico fue determinado, posteriormente, en la fase líquida decantada.

Extracción del fósforo detrítico (F4)

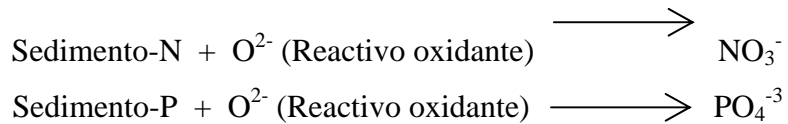
Al sedimento de la extracción anterior fueron agregados 13 ml de HCl ($1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$), y luego, se agitó durante 16 horas en un agitador mecánico. Posteriormente, se separó la fase líquida de la sólida mediante centrifugación a 1500 rpm. El contenido en fósforo detrítico fue determinado a partir de la fase líquida decantada.

Extracción del fósforo orgánico (F5)

Al sedimento de la extracción anterior se le agregó 1 ml de MgNO_3 . Luego, se secó en una estufa a 80°C , y se sometió a ignición a 550°C durante 1 hora. Las cenizas remanentes se extrajeron, posteriormente, con 13 ml de HCl ($1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$) con agitación mecánica durante 24 horas. Las fases líquida y sólida fueron separadas mediante centrifugación a 15 rpm, determinándose el contenido en fósforo orgánico posteriormente en la fracción líquida decantada.

Nitrógeno (NT) y fósforo total (FT)

Las concentraciones totales de fósforo y nitrógeno se analizaron por el método de Valderrama (1981). El método consiste en la oxidación simultánea con persulfato de potasio. Para la oxidación de los compuestos nitrogenados fue utilizado un medio alcalino, mientras que la oxidación de los compuestos de fósforo fue realizada en medio ácido. En la oxidación simultánea, la reacción se inició a pH 9,7 y finalizó a pH 5-6. Estas condiciones se obtuvieron utilizando el sistema ácido bórico-hidróxido de sodio. En botellas de vidrio de 250 ml de capacidad, se colocaron aproximadamente 50 mg de sedimento seco, 100 ml de agua desionizada y 6 ml de agente oxidante (peroxodisulfato de potasio, ácido bórico e hidróxido de sodio 1 mol.l⁻¹ en proporción 6:4:3,5), fueron selladas herméticamente y se procedió a la digestión en un autoclave durante 30 min a 15 psi (Valderrama, 1981).



La cuantificación de fósforo en todos los extractos se determinó calorimétricamente por el método de Murphy and Riley (1962). En éste, los iones fosfato reaccionan con el molibdato de amonio, en presencia de antimonio (III), para formar un complejo que es reducido posteriormente por el ácido ascórbico. Esta forma reducida presenta una coloración azul, tiene un máximo de absorción a 885 nm. Las mediciones de las concentraciones de fosfatos se realizaron utilizando un Espectronic; mientras, que las concentraciones del nitrógeno se determinaron haciendo uso de un autoanalizador Technicon II.



Análisis estadístico

A los resultados de fósforo total obtenidos por el fraccionamiento y el método Valderrama se le aplicó un análisis estadístico mediante la prueba de Box y Whisker.

Para el caso del resto de los parámetros se aplicó una prueba de correlación haciendo uso del programa estadístico Statgraphics Plus 4.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

GRANULOMETRÍA DEL SEDIMENTO

La textura del sedimento se refiere a la distribución porcentual de las partículas arena, limo y arcilla presentes en una muestra. Por lo general, suelen clasificarse de la siguiente manera; aquellas partículas de sedimento que posean diámetros comprendidos entre 5,000 y 0,063 mm se conocen con el nombre de arenas, las que se encuentren entre 0,063 y 0,002 mm se llaman limos, y aquellas cuyo diámetro sea inferior a 0,002 mm forman las arcillas (Primo y Carrasco, 1973; Roa y Berthois, 1975). Según las fracciones que predominen en los sedimentos se clasifican como arenosos, limosos o arcillosos o una mezcla de estos.

Mediante el análisis textural realizado en la periferia de la cuenca de Cariaco (Fig. 3), Venezuela, se pudo establecer de forma general, que los porcentajes de arena en esta zona variaron entre un mínimo de 19,82% (estación 1) hasta alcanzar un máximo de 99,27% (estación 14). Para el caso de los limos, los valores encontrados oscilaron entre 0,73 y 79,70% y, finalmente, para las arcillas estuvieron comprendidos entre 0,00 y 1,11%. En la tabla 2, se puede observar detalladamente la composición porcentual (%) y la clasificación presentada por el sedimento de la zona en estudio.

A partir de la composición granulométrica y utilizando los fundamentos básicos del diagrama ternario de Shepard (Fig. 4), el cual fue elaborado con la ayuda del programa Tridraw versión 4,5, se pudo conocer que la mayor parte del sedimento de esta zona presentó en su mayoría una textura arenosa, específicamente en aquellas estaciones que se ubicaron en los alrededores de la isla de Margarita y la Tortuga (estaciones 10-15), con porcentajes hasta de 99,26%, hecho que se puede atribuir a que dicha zona se caracteriza por ser de muy alta energía, debido a las fuertes corrientes que se presentan en esta región, provocando que el sedimento de menor tamaño como los son el limo y la

arcilla sean arrastrado con mayor facilidad dejando de cierta forma u otra, que sea el sedimento de mayor tamaño (arena) el que predomine en esta área.

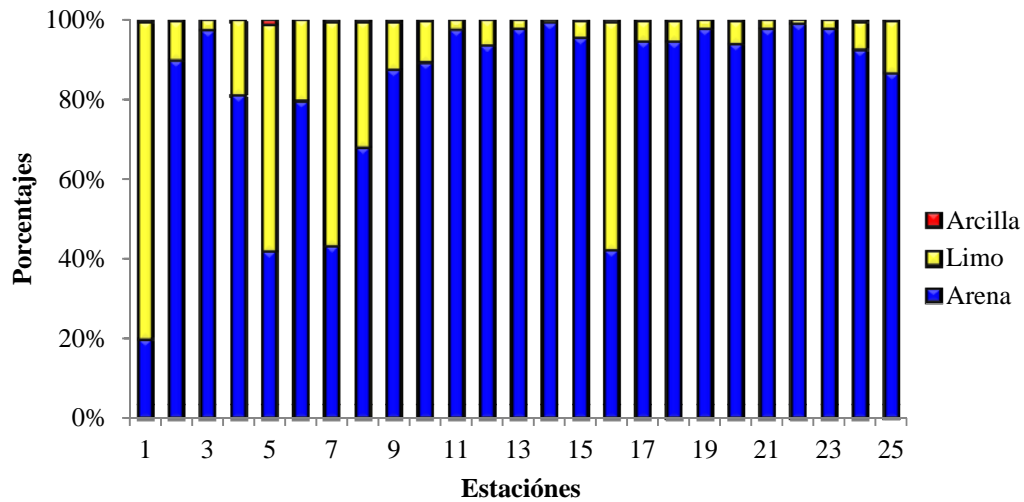


Figura 3. Composición granulométrica, (%), de los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Para el caso de los limos y las arcillas, los valores más elevados fueron reflejados en las estaciones 1 y 5 con valores de 79,70 y 1,11% respectivamente.

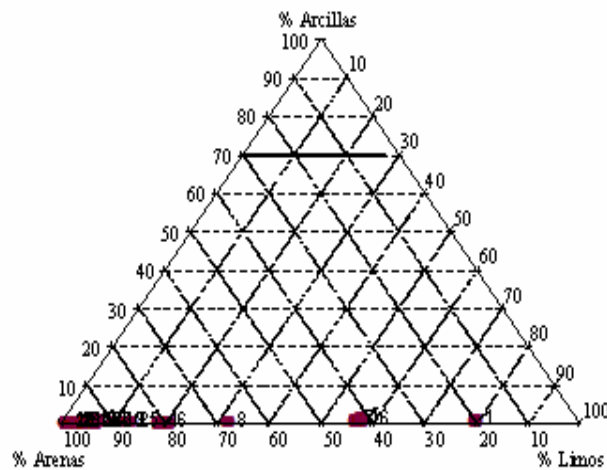


Figura 4. Diagrama ternario con los porcentajes de arena, limo y arcilla que se encuentran presente en los sedimentos marinos de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

. Esto se puede deber a que estas áreas se caracterizan por ser de menor energía, es decir, son aguas más tranquilas, lo que permite una mayor deposición de este tipo de partículas

De forma general y con la ayuda del triángulo de Shepard, se pudo deducir que la región estudiada presenta una predominancia de sedimentos texturalmente arenosos, con una menor proporción de limo-arenoso.

Bonilla *et al.* (1995) registraron valores pertenecientes a los sedimentos superficiales del ecosistema marino costero de Jose, determinándose un promedio de arenas de 40,82% menor a los encontrados en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela, probablemente por la abundancia de sedimentos gruesos (arenosos) depositados por los efluentes más cercanos. Velásquez (2005), realizó un estudio en los sedimentos del sector Oriental del golfo de Cariaco, hallando una elevada proporción de arena, específicamente, hacia la zona este y noreste, en las cercanías del río Carinicua. De igual manera, Wetter (2008) en un estudio realizado en los sedimentos superficiales del río Manzanare, Venezuela, encontró una alta proporción de arena (hasta 96, 84%) en todo el transepto del río, inferiores a los de esta investigación, lo que permitió la clasificación de su sedimento en su mayoría como arenoso, seguido de una pequeña proporción de limo y una cantidad aún menor de arcilla.

MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT)

El estudio del contenido de MOT en los sedimentos marinos es de gran importancia, ya que por medio de este se puede determinar la tasa de recambio del material orgánico entre este compartimiento y el agua circundante, que es lo que mantiene la productividad y dinámica del sistema (Ocando, 1992).

En la determinación del porcentaje de materia orgánica total, se pudo conocer que la concentración de la misma osciló entre 4,11 y 12,22%. En la Fig. 5, se puede observar el comportamiento de la MOT de forma detallada en las distintas estaciones.

Los mayores porcentajes de MOT se situaron en los alrededores de Cubagua y la isla de Margarita, específicamente en la estación 7 con valor máximo de 12,22%. Esto se puede explicar fácilmente por las condiciones granulométricas que presenta dicha zona, ya que es una de las pocas donde predomina el sedimento con la mayor proporción de limos. Por otra parte, esta área se caracteriza por ser de baja energía lo que es favorable, ya que la materia orgánica que se encuentra en suspensión se deposita de manera más rápida. Como se ha mencionado con anterioridad, la materia orgánica generalmente está asociada a los granos más finos, lo que conlleva a que se concentren grandes cantidades de la misma en este lugar (López, 2002).

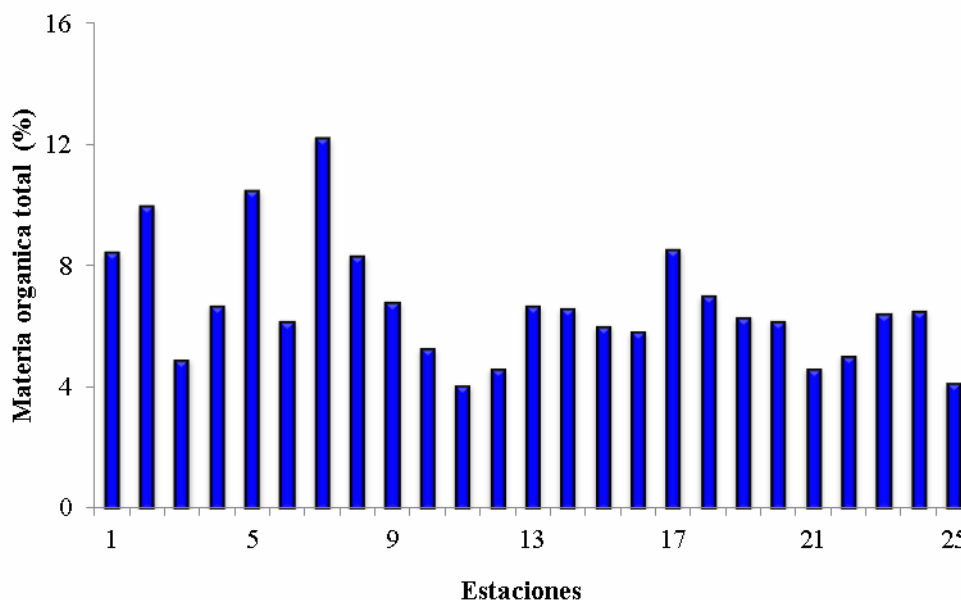


Figura 5. Distribución de Materia Orgánica Total, (%), en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Por el contrario, las menores concentraciones de MOT se encontraron en los alrededores de la isla la Tortuga y la isla de Margarita, especialmente en la estación 10

con una concentración de 4,04%. Esto también se podría explicar por las características granulométricas de esa área, ya que en su mayoría es de tipo arenoso y por ende no permite la preservación del material orgánico, ya que facilita la difusión de oxígeno libre entre granos, provocando la oxidación rápida de la materia orgánica en deposición (Wetter, 2008).

Valores comparables a los determinados en esta investigación fueron reportados por Klavins *et al.* (2000) en un estudio realizado en ríos de Latvia, encontrándose concentraciones entre 1,15 y 12,99%, resultados que se asemejan a los hallados en este estudio. Indica el autor que la mayor parte de la cuenca está cubierta por áreas forestales, por lo cual el dominio de hábitat naturales genera un bajo nivel de impacto antropogénico. López (2002) reportó en sedimentos de la laguna de Píritu concentraciones que variaron entre 1,35 y 17,69%, indicando que la materia orgánica guarda una estrecha relación con el tipo de sedimento. Marval (2002) reportó concentraciones inferiores a las determinadas en este estudio las cuales oscilaron entre 0,07 y 9,13%.

Según Gómez y Azevedo (2003) los sedimentos son considerados pobres en materia orgánica cuando el porcentaje es menor a 0,5%. De este modo, los sedimentos superficiales pertenecientes a la periferia de la Cuenca de Cariaco son considerados extremadamente ricos en este material, ya que todos los valores reportados superan a dicho valor

CARBONO ORGÁNICO

El carbono orgánico es uno de los elementos que está más extensamente relacionado con los sistemas orgánicos e inorgánicos de la tierra y del océano; además, forma parte de la materia orgánica.

Una vez realizados los respectivos análisis se pudo conocer que las concentraciones de este elemento oscilaron entre un mínimo de 0,19 y un máximo de 1,98 mg·kg⁻¹. La mayor proporción se ubicó en los alrededores de Araya y Cubagua (Fig. 6) específicamente en las estaciones 5 y 7, los valores encontrados fueron de 1,73 y 1,98 mg·kg⁻¹, respectivamente. Este comportamiento se corresponde con el hecho de que esta área se caracteriza por ser aguas someras donde se hallan valores elevados de limo, con una pequeña proporción de arcilla, y por ende, cantidades apreciable de materia orgánica.

La materia orgánica es la una de las principales fuentes de este elemento, razón por la cual existe una gran acumulación de C-org en esta zona. Otra razón podría ser el gran aporte de MO generada *in situ* por la actividad orgánica de la zona. Lo contrario ocurre en las adyacencias de la isla de Margarita y la Tortuga donde se encontraron las menores concentraciones de C-org, específicamente en la estación 10, donde existen condiciones más oxidantes que no favorecen la preservación y acumulación del material orgánico.

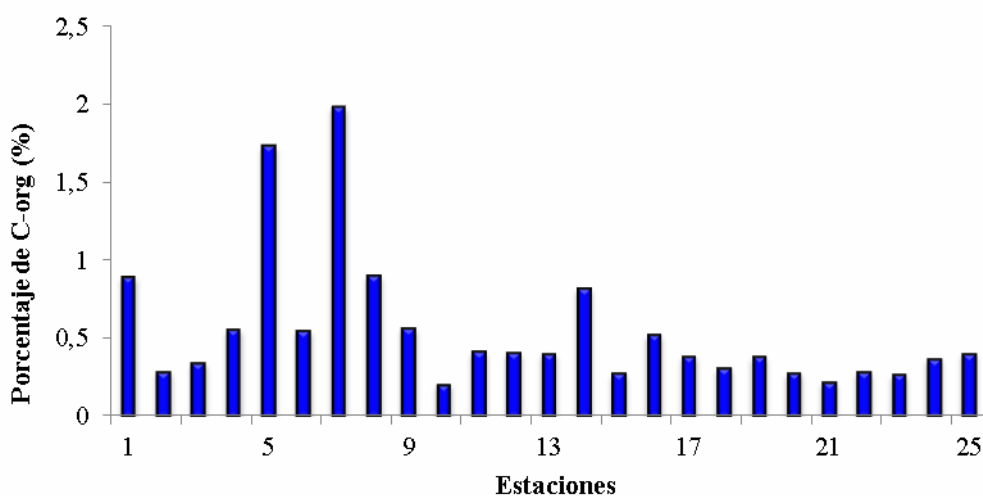


Figura 6. Distribución de Carbono Orgánico, (%), en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Valores superiores a los reportados en esta investigación fueron encontrados por Burone *et al.* (2003) en sedimentos superficiales de la Bahía Ubatuba en Brasil,

encontrando concentraciones entre 0,05 y 3,57% de C-org. Según estos autores, más del 50% de la MOT es considerada compuesta carbono orgánico, y en ocasiones puede ser duplicado para determinar la cantidad de materia orgánica total. Brunskill *et al.* (2004) en sedimentos de río de Ajkwa en Irian Jaya, Indonesia, encontraron concentraciones desde un mínimo de 9,24 a un máximo de 15,60% superiores a los determinados en esta investigación. Indican los autores que las concentraciones de C-org son muy elevadas en toda la zona analizada y debido a la presencia de diversos organismos aeróbicos y anaeróbicos.

FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE FÓSFORO

REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO

La reproducibilidad que presenta el método muestra confiabilidad, tal como lo demuestran las bajas desviaciones estándar obtenidas para cada una de las fracciones en las diferentes muestras utilizadas. A continuación se presenta una tabla donde se observa claramente las desviaciones estándar específicamente de las estaciones 1,15 y 25.

Tabla 2. Reproducibilidad del método “Sedex” utilizado en las extracciones de las distintas fracciones de fósforo ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), en el sedimento de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Replica (Est.1)	F1	F2	F3	F4	F5	FT
1	6,72	1,38	9,82	551,62	48,10	617,59
2	6,45	1,54	9,94	551,39	48,19	617,40
3	6,67	1,65	9,68	551,65	48,35	617,70
Prom.	6,61	1,52	9,81	551,55	48,21	617,56
Máx.	6,72	1,65	9,94	551,65	48,35	617,70

Min.	6,45	1,38	9,68	551,69	48,10	617,40
DS.	0,14	0,13	0,13	0,14	0,12	0,15

Replica (Est.15)	F1	F2	F3	F4	F5	FT
1	2,67	6,65	2,56	57,60	65,49	134,89
2	2,58	6,70	2,69	57,45	65,57	134,79
3	2,71	6,58	2,58	57,56	65,43	134,87
Prom.	2,65	6,64	2,61	57,58	65,49	134,85
Máx.	2,71	6,70	2,69	57,60	65,57	134,89
Min.	2,58	6,58	2,56	57,45	65,43	134,79
DS.	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05

Replica (Est.25)	F1	F2	F3	F4	F5	FT
1	5,37	9,16	1,50	346,64	50,30	412,70
2	5,42	9,25	1,48	346,57	50,45	412,65
3	5,47	9,28	1,64	346,49	50,38	412,79
Prom.	5,42	9,23	1,54	346,56	50,37	412,71
Máx.	5,47	9,28	1,64	346,64	50,45	412,79
Min.	5,37	9,16	1,48	346,49	50,30	412,65
DS.	0,05	0,06	0,08	0,07	0,07	0,07

Máx = máximo
Mín = mínimo

Prom = promedio
DS = desviación estándar

Fósforo adsorbido (F1)

El fósforo adsorbido, es aquel que está débilmente unido a la matriz sedimentaria. La presencia de éste, en suelos agrícolas y especialmente en los sedimentos superficiales de fondo (mares, lagos, ríos, etc.); se debe a los fertilizantes fosfatados que son utilizados para reforzar el déficit de fósforo asimilable en los cultivos. Estos compuestos son arrastrados hacia los mares, océanos, lagos, ríos, etc., por las escorrentías, lluvias, desagües; en consecuencia ejercen diversos efectos sobre los organismos y especies, generando un incremento de la concentración de fósforo en los sedimentos; el cual aumenta el crecimiento de las algas generando efectos adversos ya que reducen las cantidades de oxígeno en el agua.

Una vez realizado el análisis en los sedimentos de esta zona, se pudo observar que las concentraciones de fósforo absorbido (F1) oscilaron entre 2,62 y 28,72%; obteniéndose la mayor concentración en las estaciones que se ubican entre la isla de Margarita y La Tortuga, específicamente, en la estación 10 (Fig. 7). Esto se explica fácilmente ya que esta área se encuentra afectada por el fenómeno de surgencia, es decir, el agua que se encuentra cerca de los 150 m de profundidad emerge a la superficie y viceversa, lo que hace que las mismas sean relativamente frías y ricas en nutrientes, destacándose este tipo de fósforo lo que genera un incremento sustancial de este elemento en la columna de agua que finalmente es depositado en el sedimento de esta zona, aumentando de esta forma su concentración.

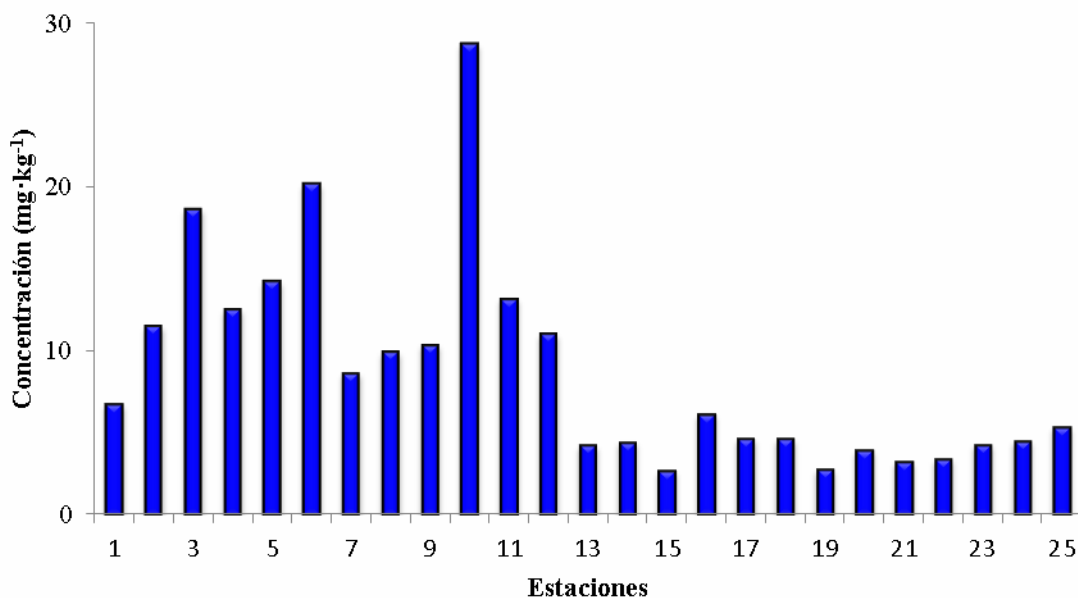


Figura 7. Concentración de fósforo adsorbido ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Sedex (2000) reportó valores entre 0,1% y 6,3% de fósforo adsorbido en los sedimentos de fondos del océano pacífico del Este, California. Indica el autor que el bajo contenido de fósforo adsorbido en la zona estudiada, está asociado a la influencia de las corrientes y la surgencia de las aguas, las cuales modifican la textura del sedimento. Mckelvie (2005) reportó valores que oscilaron entre 2,5 y 8,6% de fósforo adsorbido en los sedimentos de la Gran Barrera de Arrecife, ubicado en la costa noreste de Australia. Estos valores fueron atribuidos a la acumulación de muchos residuos industriales y mineros, gases emitidos por automóviles, plaguicidas, desechos radiactivos, desechos urbanos y desechos orgánicos animales y humanos que son vertidos hacia la zona de estudio. El autor indica que la mayoría de los contaminantes son en muchos casos invisibles, y los efectos de la contaminación atmosférica y de los ecosistemas marinos pueden no ser inmediatamente evidentes, aunque resultan devastadores a largo plazo. Por lo general, los ecosistemas tienen propiedades homeostáticas, es decir, de autorregulación, que les permite asimilar el aumento de concentración de fósforo adsorbido por parte de un componente normal del medio sin experimentar grandes

alteraciones. Monbet (2007) encontró que la mayoría del fósforo cambiante o adsorbido presente en los sedimentos de la región Central de la gran Barrera de Coral de la plataforma Continental de Australia, representaban del 5 al 9% del fósforo total. Wetter (2008) determinó el contenido de fósforo fraccionado en los sedimentos superficiales del río Manzanares, estado Sucre, Venezuela en los periodos de lluvia (Octubre 2003) y Sequía (Abril 2004), determinándose valores de fósforo adsorbido entre 0,78 y 5,21 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para el mes de Octubre y entre 0,70 y 3,62 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para Abril, mostrándose que los mayores niveles de fósforo se registraron en la cuenca alta del río, con un gradiente descendente en las cuencas medias y bajas, pero con pequeñas fluctuaciones de las concentraciones en algunas de las estaciones producto de las descargas antrópicas de nutrientes. Guillot (2008) realizó un fraccionamiento de fósforo en los sedimentos superficiales del Golfo de Paria y Costa Atlántica Venezolana, encontrando valores de fósforo adsorbido que oscilaron entre 0,68 y 16,79 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, siendo las aguas del río Orinoco ricas en compuestos fosfatados la principal causa de estos valores.

Fósforo asociado a óxidos (F2)

El fósforo asociado a óxidos, como su nombre lo indica es el que se encuentra ligado a los oxihidróxidos de hierro y manganeso y pueden ser movilizados por procesos dependientes del potencial redox presente en el medio.

Las concentraciones de fósforo asociado a óxidos en la zona de estudio varían entre un mínimo de 1,24 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y un máximo de 9,11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Como se muestra en la Fig. 8, la mayor proporción de este tipo de fósforo se encuentra en la estación 25, la cual se ubica en los alrededores de la isla la Tortuga y Cabo Codera, el valor hallado fue de 9,11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Estos usualmente están asociados al hierro dando lugar a los fosfatos de hierro los cuales dependen básicamente del potencial redox del medio. Por lo general, en los sedimentos superficiales oxidados, el fósforo se encuentra ligado al hierro (III) en forma estable. Cuando las condiciones se tornan reductoras, el hierro (III) se transforma

en hierro (II) y el fósforo ligado al mismo es liberado hacia la columna de agua, depositándose finalmente en el sedimento marino.

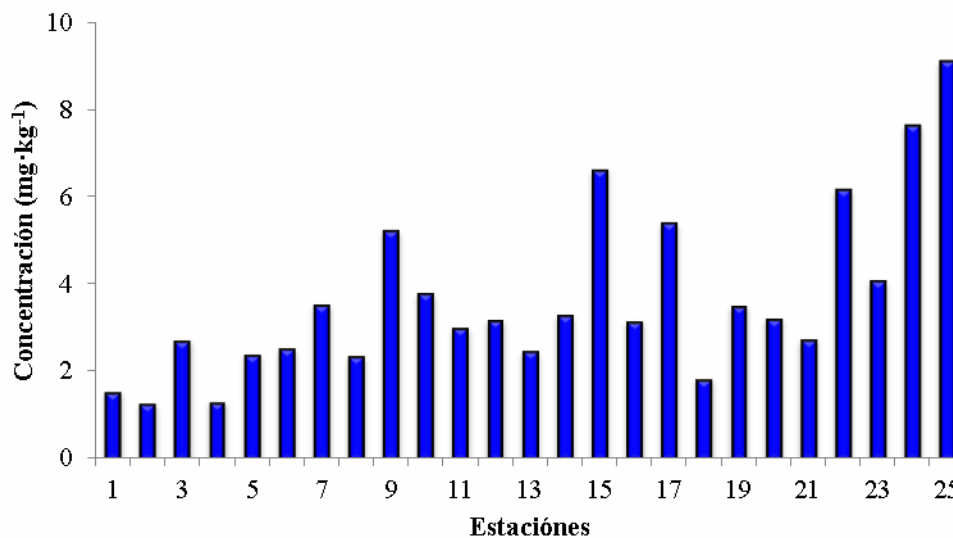


Figura 8. Concentración de fósforo asociado a óxidos ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Por lo general, la mayoría del fósforo asociados a óxidos en el sedimento son generados por precipitaciones de ciertas sustancias, orgánicas o inorgánicas, disueltas en el agua de una cuenca de sedimentación. Ellos pueden deberse a muy diversas circunstancias como el cambio de temperatura, pH, o simplemente por saturación.

En este caso se debe resaltar que el muestreo fue realizado durante el periodo de lluvia (Octubre-Noviembre), por tanto, es posible que haya existido un gran aporte de una serie de partículas en suspensión que fueron arrastrados por las corrientes perteneciente al río Orinoco, el cual durante sus crecidas desemboca muy cercano a esta área lo que hace que varíe el potencial redox, es decir, el Fe (II) que es arrastrado por las aguas de los ríos que poseen pH menor de 7, desembocan en el mar el cual posee pH aproximado de 8, produciendo una variación brusca del mismo, lo que provoca la oxidación a Fe (III) Finalmente, el fósforo ligado al mismo es liberado a la columna de agua hasta llegar al sedimento marino. No se debe olvidar que dentro de las estructuras

geológicas que drena este río se encuentra el escudo Guayanés, que es una de las formaciones más antiguas del continente. El Escudo Guayanés es considerado el mayor centro Industrial de Venezuela, así como de explotación y exploración de minas de extracción de oro, diamante, hierro y otros. Se podría considerar a este proceso como causa principal del aumento en la concentración de este tipo de fósforo.

Sedex (2000) registró valores comprendidos entre 1,31 y 5,62% de fósforo asociados a óxidos en los sedimentos perteneciente a la zona del pacífico del este, California. Señala el autor que, las formas del fósforo en los sedimentos están asociadas a los procesos fisicoquímicos que se desarrollan en la zona. Por lo general, los altos niveles de sedimentación en la zona de estudio dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce producto de la erosión como consecuencia de prácticas agrícolas poco acertadas y de la deforestación de las tierras adyacentes. Monbet (2007) encontró que el fósforo se encuentra vinculado a los óxidos de Fe presente en los sedimentos de la región Central de la gran Barrera de Coral de la plataforma Continental de Australia con valores entre 6,40 al 28,9% del fósforo total. Wetter (2008) reportó valores comprendidos entre 0,64 y 6,25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ durante el periodo de lluvia (octubre) disminuyendo para el mes de Abril (periodo de sequía) a valores que oscilaron entre 0,07 y 3,51 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, siendo la actividad antrópica la causa principal de dichas concentraciones. Guillot (2008) reportó valores entre 0,1 y 2,4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ los cuales se atribuyen principalmente a los cambios en el potencial redox.

Rubio *et al.* (2000) y Schenau *et al.* (2001) indican que el fósforo ligado a hierro y aluminio en los sedimentos de fondo se encuentran regulado por los cambios de pH del agua, el cual, en condiciones alcalinas, determina que el fósforo sea liberado hacia la columna de agua.

Fósforo autógeno (F3)

El fósforo autogénico, se caracteriza por ser propio de la zona en estudio, es decir, no proviene de ningún tipo de fuentes externas.

Las concentraciones de éste tipo de fósforo oscilaron entre 1,46 y 36,46%; obteniéndose la mayor concentración en las estaciones que se ubican en los alrededores de la isla de Margarita y La Tortuga (Fig. 9), específicamente, en la estación 11, debido a la precipitación de fósforo por la elevada productividad primaria de la región, posiblemente fosforita. Las mismas están formadas principalmente por compuestos fosfatados llamados apatitas que suelen clasificarse de acuerdo a su composición mineralógica en; carbonatoapatita, cloroapatita, fluorapatita e hidroxiapatita.

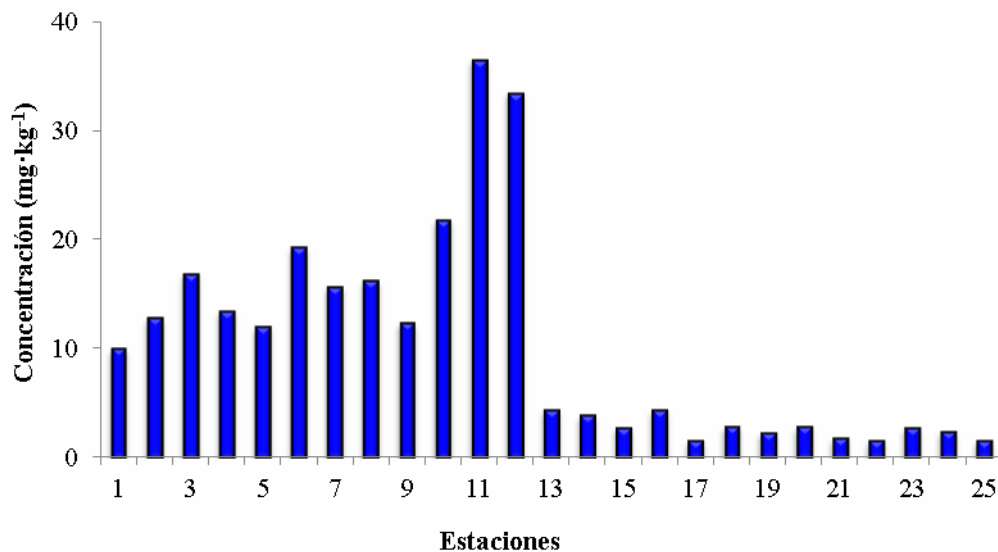


Figura 9. Concentración de fósforo autogénico ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Carignan y Vaithyanathan (1999) determinaron valores entre 0,62 y 7,88% de fósforo autogénico con respecto del fósforo total en los sedimento del río de Paraná (Argentina). Los autores indican que en la zona de estudio, la diagénesis está afectada por los procesos físicos y químicos, los cuales afectan al sedimento después del depósito y antes del metamorfismo de bajo grado. Sedex (2000) reportó valores comprendidos entre 0,24 y 5,20% de fósforo autogénico, señala el autor que los valores obtenidos se

deben a los cambios diagenéticos que se desarrollan en la zona. Guillot (2008) registró valores comprendidos entre 1,20 y 10,00 mg·kg⁻¹, los cuales fueron asociadas a la diagénesis que ocurre en estos sedimentos, como producto de la influencia de los factores fisicoquímicos.

Fósforo detrítico (F4)

El fósforo detrítico se encuentra asociado a estructuras carbonáceas (conchas, corales, esqueletos, etc.)

Las rocas sedimentarias están compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la erosión, a su vez ellas se clasifican según su origen; pues las rocas detríticas, o fragmentarias, se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas por el agua sin deterioro químico. Son acarreadas hasta masas mayores de agua, donde se depositan en estratos (Carman *et al.*, 2000).

Las concentraciones de fósforo detrítico (Fig. 10) en la zona en estudio varían entre un mínimo de 57,52 mg·kg⁻¹ y un máximo de 840,20 mg·kg⁻¹. La mayor proporción de este elemento se ubica en los alrededores de la isla de Margarita y la Tortuga, específicamente en la estación n° 11. Este tipo de fósforo es el que mayor proporción tiene en todo el área de estudio. Esto puede explicarse fácilmente por las características granulométricas que presenta la región, con sedimentos con un 99,26% de arena, y que a su vez la misma, está compuesta por una alta proporción de estructuras carbonatadas y carbonáceas como conchas, esqueletos, corales, entre otras. Lo que trae como consecuencia las altas concentraciones de este tipo de fósforo.

Cabecadas *et al.* (1999) determinaron porcentajes de fósforo detrítico con respecto al fósforo total, inferiores al 40% en el Golfo de Corinto (Grecia), indicando

que los valores determinados son consistentes con estratos superficiales de las zonas sedimentarias de consistencia blanda. Sedex (2000) registró valores comprendidos entre 19,83 y 58,54%, valores que no superaron los valores reportados en esta investigación; el autor refleja que los sedimentos perteneciente a la zona del pacífico del Este, California, son ricos en carbonato de calcio y formados por restos de foraminíferos, cocolitofóridos y pterópodos. Wetter (2008) reportó valores comprendidos entre 1,01 y 26,02 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para la época de lluvia (octubre) y entre 0,85 y 27,57 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, representando el 80% del fósforo de todas las fracciones. El autor asegura que los altos niveles de fósforo unido al calcio en su mayoría son de tipo litogénico y antrópico.

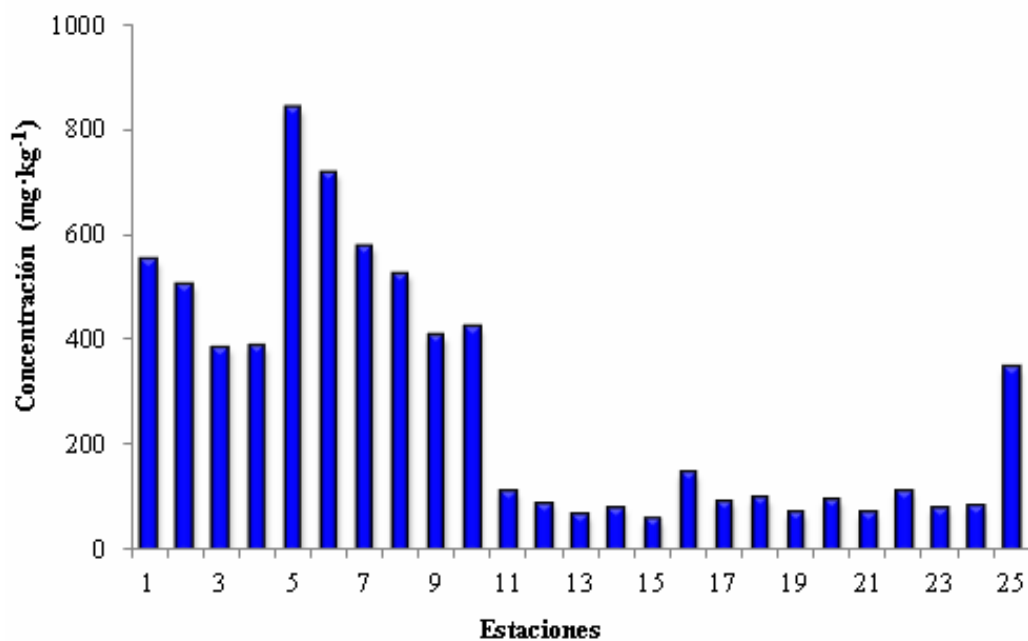


Figura 10. Concentración de fósforo detrítico ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Fósforo orgánico (F5)

El fósforo orgánico está relacionado con la cantidad de materia orgánica. Mediante procesos abióticos, producto de la actividad microbiana, el fósforo orgánico puede transformarse en formas inorgánicas, como apatitas autigénicas. Una de las

formas más importante es el P- CaCO_3 ya que controla las concentraciones de fósforo en el agua de mar y en los sedimentos marinos; esto se debe probablemente a la reacción del fósforo antropogénico con el calcio del carbonato para formar fosfato cálcico en solución sólida biogénica de CaCO_3 (Sadiq, 1992).

McDowell *et al.* (2002) señalan que, la acumulación de materiales orgánicos en los sedimentos puede ser clasificada de dos tipos, constituyentes alotóctonos y autóctonos, los cuales se diferencian en su composición. El material autóctono se asemeja a los productos biológicos primarios, mientras que la fracción alotoctona esta principalmente compuesta por productos de reacciones secundarias, como ácidos húmicos y kerógeno.

Las concentraciones de fósforo orgánico (Fig. 11) varían entre un mínimo de $32,69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y un máximo de $86,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Además, se pudo conocer que la mayor concentración fue hallada en los alrededores de la Tortuga y la isla de Margarita, específicamente en la estación 12.

Este hecho está profundamente relacionado con el fenómeno de surgencia que afecta a toda la región Nororiental, ya que la intensa productividad orgánica envía hacia el fondo grandes cantidades de materia orgánica que puede acumularse en los sedimentos logrando así una elevada concentración de fósforo asociada a esta fracción.

Sedex (2000) determinó un porcentajes de fósforo orgánico entre un 11,23 y 38,45%, el autor refleja que los valores más bajos de fósforo pudieran estar asociados apreciablemente a la liberación de ésta especie química hacia la columna de agua debido a la degradación de la materia orgánica por acción de los procesos biogeoquímicos que tienen lugar en el sedimento. Astudillo y Bellorín (2006) reportaron valores bajos de fósforo orgánico entre un 7,01 y 15,8%, en sedimentos superficiales de la laguna Buena Vista (Cariaco, estado Sucre), señalando que dichos valores pueden ser explicados por la escasa tasa de deposición de materia orgánica sobre las partículas del sedimentos; por el

cual la distribución y contenido de fósforo orgánico en los sedimentos depende del origen, textura, tasa de sedimentación y descomposición orgánica que presenta la fracción sedimentaria, además de las condiciones hidrográficas, hidroquímica y biogeoquímica del ambiente sedimentario. Guillot (2008) registró valores comprendidos entre 10 y 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos superficiales del Golfo de Paria y la Costa Atlántica Venezolana, asociadas a los aportes de las aguas del río Orinoco. Otra posible fuente son los aportes de los sedimentos procedente del material lítico de los andes y de los llanos Colombianos y Venezolanos.

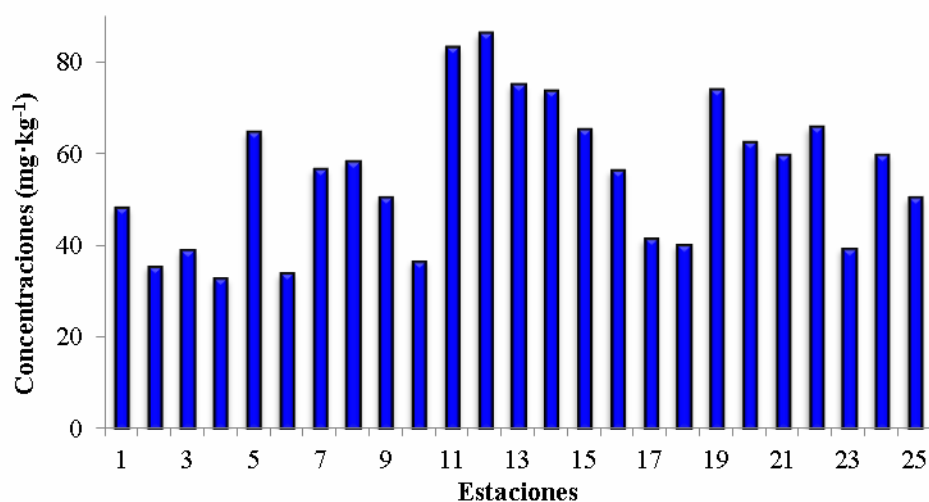


Figura 11. Concentración de fósforo orgánico ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

La distribución y contenido de fósforo orgánico en los sedimentos dependen del origen, textura, tasa de sedimentación y descomposición de la materia orgánica que presenta la fracción sedimentaria, además de las condiciones hidrográficas y biogeoquímicas del ambiente sedimentario.

Fósforo total (FT)

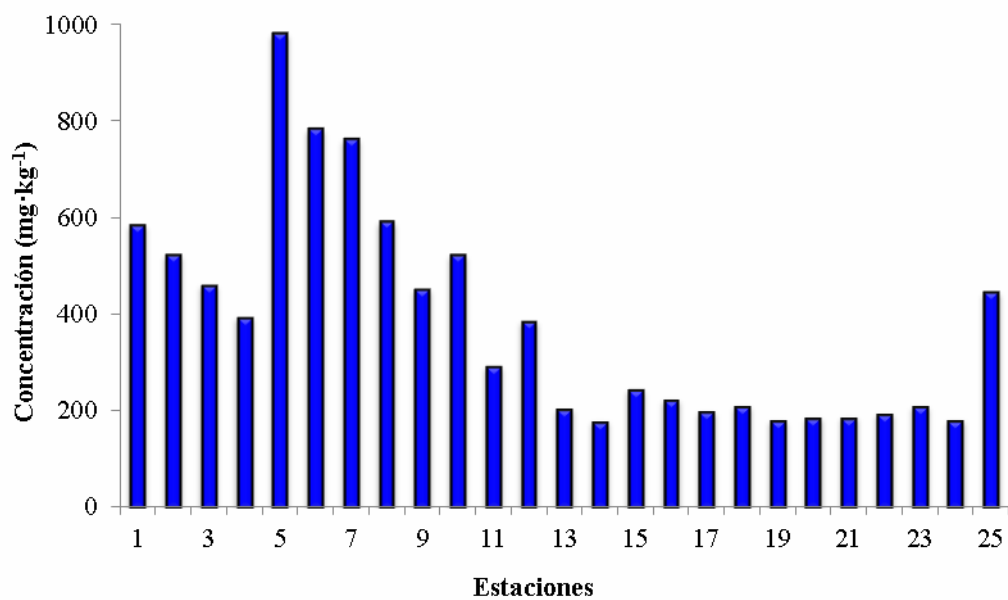
La fuente principal del fósforo en los sedimentos se origina a través de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen el mineral apatito $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F},\text{Cl},\text{OH})_2]$, aunque también puede estar presente como fosfato de hierro $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (estrengita) y de aluminio $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (variscita), en forma amorfa, restos orgánicos, disueltos en los intersticios del sedimento en forma de ortofosfatos (HPO_4^{2-} y H_2PO_4^- ; Bohn *et al.*, 1976). En el mar, generalmente, se halla como ion fosfato y/o asociado a la materia orgánica, su presencia es de gran importancia debido a que es un elemento indispensable para la síntesis de materia orgánica y a su vez, muy utilizado por el fitoplancton.

Los resultados obtenidos en esta investigación, evidenciaron que las concentraciones de fósforo total oscilaron entre 127,97 y 933,42 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, encontrándose las más elevadas en los alrededores de Araya y Cubagua, específicamente en la estación 5. Este fenómeno podría atribuirse al hecho que existe un gran aporte de materia orgánica fresca que contribuye como fuente principal de grandes cantidades de especies químicas fosfatadas, que además de servir de alimento al fitoplancton y al bentos para su crecimiento, puede ser un índice de calidad y caracterización ambiental de las aguas y del sedimento por su aporte a la producción primaria y orgánica (Bonilla *et al.*, 1995).

Por otra parte, se puede observar claramente que el tipo de fósforo que predomina en la mayor parte de esta zona es el fósforo detrítico (F4), específicamente en los alrededores de la isla de Margarita y la Tortuga, las cuales pueden ser producto de una alta acumulación de estructuras carbonaceas como corales, esqueletos de peces, conchas de moluscos, entre otros; seguido en orden secuencial por el fósforo orgánico (F5); fósforo autogénico (F3); fósforo adsorbido (F1) y por último el fósforo asociado a óxidos (F2), como se muestra en la figura 12.

El contenido de fósforo total encontrado en esta investigación es ligeramente superior a los valores reportados por Espinoza (2000) quien determinó concentraciones que oscilaron entre 16,36 y 89,90 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ en los sedimentos del Golfo de Cariaco, cuyos

valores fueron atribuidos a contaminantes químicos arrastrados por las escorrentías provenientes de las descargas domésticas, agrícolas e industriales. Similar fenómeno se observó en los sedimentos superficiales de la laguna de Unare, donde Fermín (2002) encontró valores de P-total entre 40 y 180 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, debido a que en esta zona se generan grandes aportes de contaminantes en forma líquida proveniente de las descargas de desechos domésticos, agrícolas e industriales en las vías acuáticas, de rellenos sanitarios y de fugas de fosas sépticas hacia la laguna. De igual manera, López (2002) halló un valor de F-total comprendido entre 70,63 y 310,45 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos de la laguna de Píritu valores que están asociados a aportes antrópicos y una alta productividad biológica.



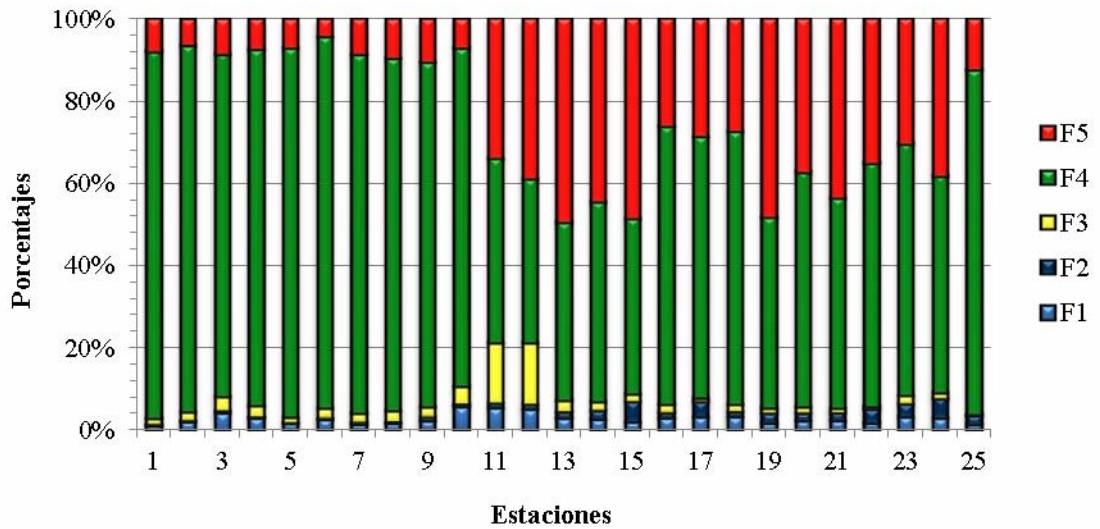


Figura 12. Concentración ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y composición fraccional (%) del fósforo total en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Una manera muy sencilla de verificar los resultados de fósforo total obtenidos por medio del fraccionamiento, fue haciendo uso del método conocido como Valderrama, el cual arrojó valores no muy lejanos a los obtenidos por Sedex, lo que implica que para realizar determinaciones de concentraciones de fósforo total ambos métodos son aceptables.

NITRÓGENO TOTAL (NT)

El nitrógeno es un elemento indispensable para todos los seres vivos, su importancia y distribución es muy similar a la del fósforo, tanto así, que existe un gran paralelismo entre dichas concentraciones y sus variaciones, este detalle es bastante normal si tenemos en cuenta que tanto los compuestos del fósforo como los del nitrógeno cumplen funciones similares en el medio marino y tanto sus fuentes de producción y asimilación son los mismos. Dicho elemento aparece en el mar,

básicamente en forma de nitratos (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y amoníaco (NH_3^+), aunque suelen aparecer en mayor cantidad los nitratos.

Una vez realizados los respectivos análisis se pudo observar, que las concentraciones de este elemento se hallaron comprendidas entre un mínimo de 129,34 y un máximo de 982,11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, ubicándose la mayor concentración en los alrededores de Araya y Cubagua, específicamente en la estación 5. Por el contrario la menor concentración fue detectada en la estación 21 entre la isla de la Tortuga y Cabo Codera, como se muestra en la Fig. 13.

Como se conoce, esta especie química, al igual que el fósforo, tiene mayor afinidad por la textura fina del sedimento y precisamente es, en estas estaciones donde se hallaron los mayores porcentajes de limos, que pudieran ser el resultado de los procesos de surgencia que sufre dicha zona, en consecuencia se encontraron los más altos valores de materia orgánica, que a su vez, es la principal fuente de nitrógeno del medio acuático.

La materia orgánica que se acumula en forma de partículas en el fondo del mar es mineralizada por la flora microbiana con la consecuente liberación de amonio y nitrógeno molecular.

Los valores de nitrógeno hallados en los sedimentos superficiales de la periferia de cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela, fueron superiores a los reportados por Mudarra (2000) cuyo valor fue de 1,71% en los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido. De igual manera, los valores de NT de 8,52% reportados por Aranda (1999) para los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

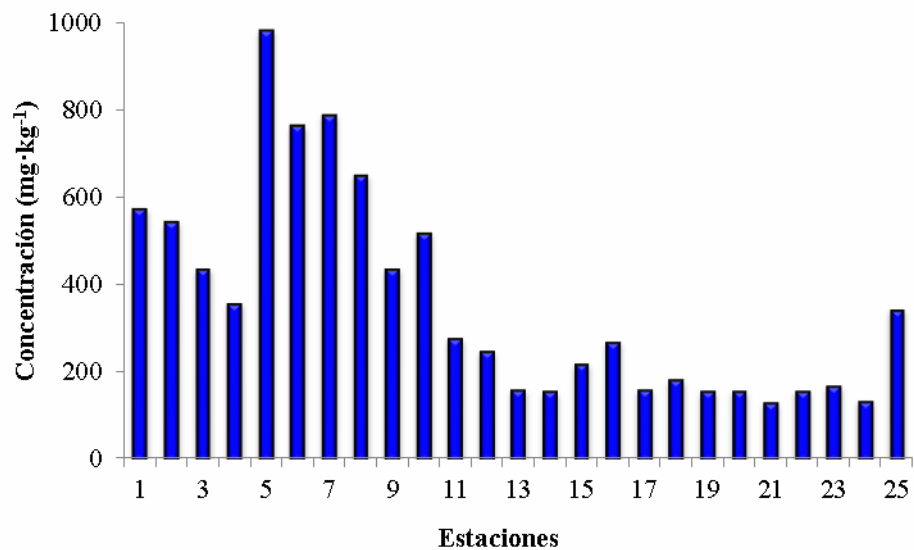


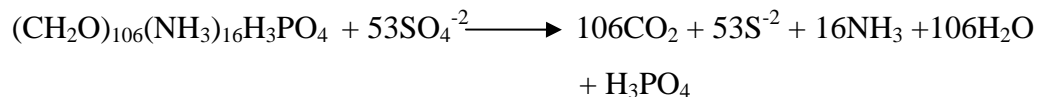
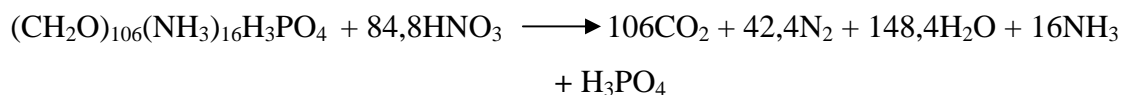
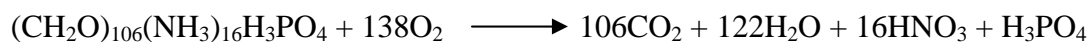
Figura 13. Concentración de nitrógeno total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en cada una de las estaciones situadas en la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela.

Los valores de nitrógeno hallados en los sedimentos superficiales de la periferia de cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela, fueron superiores a los reportados por Mudarra (2000) cuyo valor fue de 1,71% en los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido. De igual manera, los valores de NT de 8,52% reportados por Aranda (1999) para los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

Es importante destacar, que al incrementarse la actividad biológica y la temperatura en cualquier ecosistema, aumenta el metabolismo del nitrógeno orgánico. El NH_4^+ se difunde en el agua, el oxígeno disuelto incrementa su penetración al sedimento, siendo esta liberación superior a la requerida por el fitoplancton (Bonilla *et al.*, 1995).

La descomposición de la materia orgánica consiste en varias reacciones químicas causadas por condiciones de óxido-reductora; mediante el calor, la presión y por la actividad microbológica, etc., ocasionando cambios geoquímicos importantes de los elementos biogénicos contenidos en los sedimentos, los cuales se correlacionan óptimamente con los procesos de sedimentación y diagénesis (Bonilla *et al.*, 1995).

En síntesis, la descomposición de la materia orgánica mediante las siguientes reacciones:



Después que se consume todo el oxígeno disuelto y el contenido en NO_3^- y NO_2^- ocurre la reducción de los sulfatos, a sulfuro de hidrogeno y amonio.

Análisis estadísticos

Los valores de fósforo total (FT) obtenidos por el método de fraccionamiento geoquímico de Sedex (2000) y el método de Valderrama fueron sometidos a un análisis comparativo mediante el grafico de cajas y bigotes (Box y Whisker; Fig. 14).

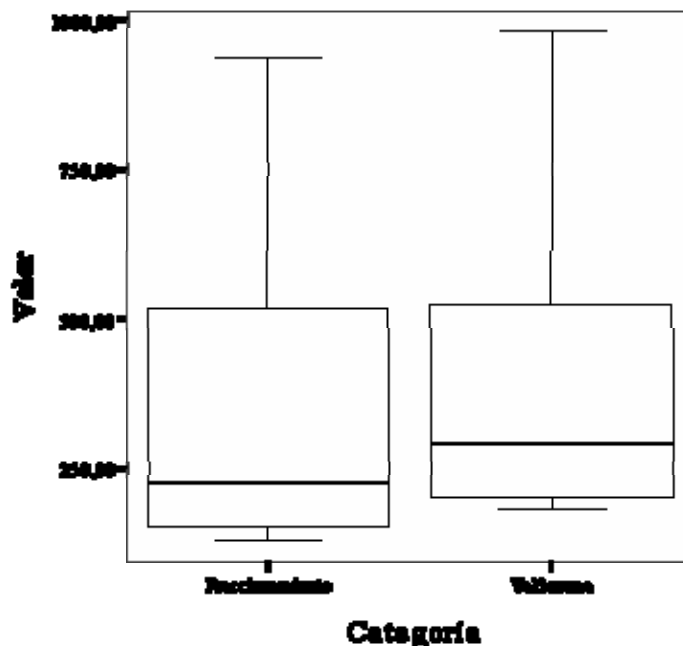


Figura 14. Prueba estadística de Box y Whisker para la comparación de los métodos de Valderrama (1981) y Sedex (2000).

Al realizar la comparación de ambos métodos mediante el gráfico de cajas y bigotes se pudo observar claramente que no existen datos atípicos, es decir, no existe diferencias significativas entre los valores. En el caso de FT obtenido mediante el fraccionamiento se encontró que el valor de la mediana (M) fue de aproximadamente a $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, mientras que para el método de Valderrama fue de $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, los valores máximos fueron de $982,52$ y $933,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente, los mínimos $178,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para el fraccionamiento y de $129,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y la dispersión de datos fue similar en ambos casos. De manera general, ambos métodos son aceptables para la determinación de fósforo tota en sedimento marino.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON

La matriz de correlación lineal para los parámetros analizados en este estudio refleja una correlación significativa ($\alpha=0,05$) del limo con la MO_T ($r=0,570$) de igual manera es el comportamiento con el NT ($r=0,667$), el FT ($r=0,630$) y el C-org ($r=0,716$), esto se debe a que cada uno de estos parámetros son dependientes y tienen origen común. El caso contrario es el de la arena, la cual tiene una correlación negativa con cada uno de los parámetros en estudio. Para caso de la MOT, la cual tiene un correlación muy significativa con el C-org ($r=0,722$), y significativa con el NT ($r=0,599$) y el FT ($r=0,528$), esto se debe a que la MOT es una de las principales fuente de fósforo y nitrógeno. Todo este comportamiento puede ser observado en la tabla 3.

Al realizar la correlación entre las distintas fracciones con cada uno de los diferentes parámetros se obtuvo, que la F1 posee una correlación significativa con el NT ($r=0,606$) y negativa con la MOT ($r= -0,020$) y la arena ($r= -0,181$), para el caso de la F2 las correlaciones son en su mayoría negativas, con excepción de la arcilla con la cual no tiene relación ($r=0,041$). Para la F3 la correlación es significativa con los parámetros como el NT ($r= 0,423$), C-org($r= 0,162$) y a su vez, tiene una relación negativa con la arena, la arcilla y la MOT. La F4 se correlaciona muy significativamente con el NT ($r=$

0,971), pero significativa con los limos ($r= 0,636$), C-org ($r=0,632$) y la arcilla ($r= 0,500$), es decir, todos estos parámetros están íntimamente relacionados entre sí, tienen origen común y son dependiente uno del otro. Por último, la F5 posee una correlación significativa negativa con NT ($r= -0,294$). Cada uno de estos comportamientos se pueden observar detalladamente en las tablas A5-9.

Tabla 3. Análisis de correlación simple aplicado a los distintos parámetros de la presente investigación.

	Arena	Limo	Arcilla	MOT	NT	FT	C-org
Arena	1,000						
Limo	-0,146	1,000					
Arcilla	-0,203	0,683	1,000				
MOT	-0,223	0,570	0,606	1,000			
NT	-0,203	0,667	0,548	0,599	1,000		
FT	-0,196	0,630	0,488	0,528	0,980	1,000	
C-org	-0,164	0,716	0,572	0,748	0,722	0,645	1,000

CONCLUSIONES

Se determinó que la textura de los sedimentos de la región marina en la periferia de la cuenca de Cariaco fue de cuatro tipos: arenosa, limosa, limo-arenosa y areno-limosa.

Los sedimentos de la periferia de la cuenca de Cariaco son considerados ricos en MOT, debido a que todos los valores reportados fueron superiores al 0,5%.

Las concentraciones de carbono orgánico presente en los sedimentos de esta región reflejan la alta productividad de la región, aún cuando los sedimentos presentan altas proporciones de arena.

Los resultados obtenidos muestran concentraciones de fósforo total mayores a $900 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. El orden decreciente en las concentraciones de las diferentes fracciones fue: fósforo detrítico (F4) > orgánico (F5) > autogénico (F3) > adsorbido (F1) > asociado a óxidos (F2).

La concentración de compuestos nitrogenados y fosfatados en los sedimentos superficiales del ecosistema en estudio, corroboran la intensidad de los procesos bióticos y abióticos, en especial la mineralización, es decir, la rápida descomposición de la materia orgánica nitrogenada a la forma inorgánica.

Las elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno que existen en los sedimentos de esta zona se deben fundamentalmente al fenómeno de surgencia que afecta esta área.

El método de Valderrama puede ser utilizado para la determinación de fósforo total en sedimentos marinos, ya que permite tener un estimado del valor real.

El análisis de Box y Whisker permitió realizar comparaciones del fósforo total obtenido por los métodos de fraccionamiento y Valderrama, demostrando que no existe diferencias significativas entre ambos métodos.

El análisis estadístico de la correlación Pearson confirma la asociación entre fósforo total y fraccionado con la materia orgánica y textura fina del sedimento.

BIBLIOGRAFÍA

Amuerman, J. 1991. Role of ecto-phosphohydrolases in phosphorous regeneration in estuarine and coastal ecosystems. In: “*Microbial Enzymes in Aquatic Enviroments*”. Chro’st, R.J. Ed., Springer Verlag, New York. Págs. 137-431.

Aranda, S. 1999. Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo. Trabajo de grado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.

Astudillo, N. y Bellorin, J. 2006. Estudio de la línea base del contenido de nutrientes en sedimentos superficiales de la laguna de Laguna de Buena Vista, Cariaco, estado Sucre. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Instituto Universitario de Tecnología de Cumaná. Venezuela.

Bartels, J. 1996. Methods of soil analysis. *Chemical Methods*, 27 (3):31-36.

Bernal, G. y Betancourt, J. 1996. Sedimentología de las lagunas costeras: Ciénaga Grande de Santa Marta y Ciénaga de Pajarales. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 25: 49-76.

Bonilla, J. y Lin, A. 1979. Materia Orgánica en los Sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*, 18 (2): 37-52.

Bonilla, J.; Fermin, I.; Gamboa, B y Cabrera, M. 1995. Aspectos geoquímicos de los sedimentos superficiales del ecosistema marino costero de Jose, estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*. 32: 5-23.

Bohn, H.; McNeal, B. y Connor, C. 1976. *Soil chemistry*. A Wiley-Interscience publication. USA.

Burone, L.; Muniz, P.; Pires-Vanin, A. y Rodrigues, M. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay, Southeastern-Brazil. *An Acad .Bras Cienc.*, 75: 77-90.

Carignan, R. y Vaithyanathan, P. 1999. Phosphorous availability in the Paraná floodplain, Argentina: Influence of pH and phosphate buffering by fluvial sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 44: 1540-1548.

Carman, R.; Edlund, G. y Damberg, C. 2000. Distribution of organic and inorganic phosphorus compounds in marine and lacustrine sediments: a ³¹P NMR study. *Chemical Geology*. 163:101-114

- Chang, S. y Jackson, M. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 84: 133-144.
- Demaison, G.; Moore, G. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64: 1179-1209.
- De la Lanza, G. 1980. Material orgánica en una laguna de la costa de Sinaloa, Mexico (I): Cuantificación total. *Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 29(2): 217-222.
- Didyk, B.; Simoneit, B.; Brassell, S. y Eglinton, G. 1978. Organic geochemical indicators of palaeo environmental condition of sedimentation. *Macmillan Journals reprinted from Nature*, 272: 216-222.
- Espinoza, L. 2000. Geoquímica de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco y del río Manzanare. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Fang, T.; Chen, J. y Huh, C. 2007. Sedimentary phosphorus species and sedimentation flux in the East China Sea. *Continental Shelf Research*, 27: 1465-1476.
- Febres, G. y Herrera, L. 1975. Interpretación dinámica de algunas características oceanográficas de la Fosa de Cariaco, Caribe., *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*, 14(1): 3-30.
- Fermín, I. 2002. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales de la laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de postgrado. Departamento de Oceanografía. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Fuentes, M. 2001. Estudio geoquímico de carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasas de la Laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*, 40(1-2): 31-37.
- Golterman, H. 1996. Fraccionación de sediment phosphate with chelating compounds: a simplification, and comparison with other methods. *Hydrobiologia*, 335: 87-95.
- Gomes, A. y Azevedo, D. 2003. Aliphatic and aromatic hidrocarbons in tropical recent sediments of campos de Goytacazes, RJ, Brazil. *J. Brazil Chem. Soc.*, 14: 358-368.
- González, H. y Ramírez, M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *J. Geochem. Explorat.*, 52: 183-192.
- Guillot, L. 2008. Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del Golfo de Paria y Costa Atlántica Venezolana Cariaco, estado Sucre. Trabajo de pregrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná.
- Hieltes, H. y Lijklema, L. 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediment. *Environ. Qual.*, 9: 405-407.

- Hupfer, M.; Gachter, R. y Giovanoli, R. 1998. Transformations of phosphorus species in settling seston and during early sediment diagenesis. *Aquat. Sci.*, 57: 305-324.
- Jensen, H. y Thamdrup, B. 1998. Iron-bound phosphorus in marine sediments as measured by bicarbonate-dithionite extraction. *Hydrobiology*, 253:47-59.
- Klavins, M.; Briede, A.; Rodinov, V.; Kokorite, I.; Parele, E. y Klavina, I. 2000. Heavy metals in Rivers Latvia. *The Science of Total Environment*, 262: 175-183.
- Liebezeit, G. 1991. Analytical phosphorus fractionation of sediment trap material. *Marine chemistry*, 43:61-69.
- López, F. 2002, Determinación del contenido de nutrientes en los sedimentos superficiales de la laguna de Píritu, estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela. 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. España. *Thalassas*, 32:75-88.
- Madrid, V.; Taylor, G.; Scranton, M. y Chistoserdov, A. 2001. Phylogenetic diversity of bacterial and Archaeal communities in anoxic zone of the Cariaco Basin. *Appl. Environ. Microb.*, 1663-1674.
- Márquez, A.; Sénior, W.; Martínez, G. y González, A. 2007. Concentraciones de nitrógeno y fósforo en sedimentos recientes de la Laguna los Patos, estado Sucre. Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*. 46(2): 133-141.
- Marval, M. 2002. Distribución y comportamiento de metales pesados en sedimentos superficiales de la región central del Delta del Rio del Orinoco, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Matthew, K.; Reuer, A.; Edward, A.; Boyle, B.; Julia, E. y Colé, C. 2003. A mid-twentieth century reduction in tropical upwelling inferred from coralline trace element proxies. *Earth and Planetary Science Letters*, (210): 437-452.
- McDowell, R.; Sharpley, A. y Chalmers, A. 2002. Land use and flow regime effects on phosphorus chemical dynamics in the fluvial sediment of the Winooski River, Vermon. *Ecol. Eng.*, 18:477-487.
- Mckelvie, I. 2005. Separation, preconcentration and speciation of organic phosphorus in Environmental Samples. *Analyst.*, 114: 1459-1463.
- Monbet, P.; Brunskill, J.; Zagorskis, I. y Pfitzner, J.(2007). Phosphorus speciation in the sediment and mass balance for the central region of the Great Barrier Reef continental

shelf (Australia). *Biogeochemistry & Environmental Analytical Chemistry (BEACh)*, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth, Devon, 71 : 2762–2779.

Mucci, A.; Sundbudy, B.; Gehlen, M.; Arakaki, T.; Zhong, S. y Silverberg, N. 2000. The fate of carbon in continental shelf sediments of eastern, Canada. *Deep sea research II*, 47: 733-760

Mudarra, O. 2000. Hidrogeoquímica de la Ensenada de Puerto Escondido, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de grado. Universidad de Oriente. Cumaná.

Müller-Karger, F.; Várela, R.; Thunell, R.; Scranton, M.; Bohrer, R.; Taylor, G.; Capelo, J.; Astor, L.; Tappa, E.; Ho, T.; Iabichella, M.; Walsh, J. y. Diaz, R. 2000 a. "The Cariaco Project: Understanding the Link between the Ocean Surface and the Sinking Flux of Particulate Carbon in the Cariaco Basin." EOS. Transactions. *Amer. Geophys. Union*, 81(45): 529-535.

Müller-Karger, F.; Várela, R. ; Thunell, R.; Scranton, M.; Bohrer, R.; Taylor, G.; Capelo, J.; Astor, L; Tappa, E.; Ho, T.; Iabichella, M.; Walsh, J. y Diaz, R. 2000. b. Sediment record linked to surface processes in the Cariaco Basin. *Amer. Geophys. Union*, 81(45):534-535.

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

Ocando, L. 1992. Distribucion espacial y temporal de parámetros fisicoquímicos y materia orgánica en la laguna de Unare, Venezuela. Trabajo de Ascenso. Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente. Cumaná.

Okuda, T.; Benítez, J.; García, J. y Fernández, E. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en la Bahía de Mochima y la laguna Grande del Obispo desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*, 7: 7-37.

Palenques, A. y Díaz, J. 1994. Anthropogenic heavy metals pollution in the sediment of the Barcelona continental Shelf (Northwestern Mediterranean). *Mar. Environment. Res.*, 38: 17-31.

Primo, E. y Carrasco, J. 1973. *Química Agrícola I. Suelos y fertilizantes*. Editorial Alhambra, S. A. España.

Richard, F. y Vaccaro, R. 1956. The Cariaco trench and anaerobic basin in the Caribbean Sea. *Deep-Sea. Res.*, 3(3) 214-228.

Roa-Morales, P. y Berthois, L. 1975. Manual de Sedimentología. Caracas, Venezuela.

Rubio, B.; Nombela, M. y Vilas, F. 2000. Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria the Vigo. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 968-980.

- Sadiq, M. 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Saliot, A.; Mejanelle, P.; Fillaux, J.; Pepe, C.; Jabaud, A. y Dagaut, J. 2001. Particulate organic carbon, sterols, fatty acids and pigment in the Amazon River system. *Biogeochemistry*. 53: 79-103
- Scranton, M.; Astor, I.; Bohrer, R.; Ho, T. y Muller-Karger, F. 2001. Controls on temporal variability of the geochemistry of the deep Cariaco Basin. *Deep-sea Res. I*, (48): 1605-1625.
- Sedex, A. 2000. Sequential extraction and analysis of phosphorus in marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 45(2): 509-515.
- Thunell, R.; Várela, R.; Llano, M.; Coliister, J.; Muller-Karger, F. y Bolirer, R. 2000. Organic carbon flux in an anoxic water column: sediment trap results from the Cariaco Basin. *Limnol. Oceanogr.*, 45:300-308.
- Tissot, B. y Welte, D. 1984. Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag. Berlin.
- Valderrama, J. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorous 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 grado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná.
- Wetter, M. 2008. Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del río Manzanares, estado Sucre-Venezuela. Trabajo de pregrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumana.

APÉNDICE

Tabla A1. Composición granulométrica (%) y textura de los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Composición porcentual (%)				
Estación	Arena	Limo	Arcilla	Textura
1	19,82	79,70	0,48	Limoso
2	89,88	9,76	0,36	Arenoso
3	97,36	2,64	0,00	Arenoso
4	81,11	18,79	0,09	Arenoso
5	41,95	56,94	1,11	Limo-arenoso
6	79,62	20,38	0,00	Limo arenoso
7	43,28	56,20	0,51	Limo-arenoso
8	67,98	31,56	0,46	Areno-limoso
9	87,50	12,06	0,44	Areno-limoso
10	89,29	10,37	0,34	Areno-limoso
11	97,61	2,39	0,00	Arenoso
12	93,57	6,43	0,00	Arenoso
13	97,83	2,17	0,00	Arenoso
14	99,27	0,73	0,00	Arenoso
15	95,44	4,16	0,40	Arenoso
16	42,20	57,14	0,66	Limo-arenoso
17	94,64	5,02	0,34	Arenoso
18	94,50	5,17	0,33	Arenoso
19	97,78	2,22	0,00	Arenoso
20	93,98	5,72	0,30	Arenoso
21	97,69	2,31	0,00	Arenoso
22	99,01	0,99	0,00	Arenoso
23	97,85	2,15	0,00	Arenoso
24	92,52	6,99	0,49	Arenoso
25	86,64	13,09	0,27	Arenoso

Tabla A2. Composición porcentual de materia orgánica total (MOT), carbono orgánico (C-org) y nitrógeno total (NT) en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Porcentajes (%)		
	MOT	C-org	NT
1	8,45	0,88	572,13
2	9,97	0,28	542,18
3	4,91	0,33	435,35
4	6,68	0,55	356,24
5	10,48	1,73	982,10
6	6,18	0,54	763,15
7	12,22	1,98	789,11
8	8,32	0,89	650,36
9	6,81	0,55	434,85
10	5,27	0,19	517,46
11	4,04	0,41	275,74
12	4,60	0,40	244,73
13	6,67	0,39	156,93
14	6,60	0,81	153,72
15	6,00	0,26	216,98
16	5,82	0,51	267,84
17	8,54	0,38	157,97
18	6,99	0,30	179,95
19	6,30	0,37	154,33
20	6,18	0,27	154,71
21	4,61	0,21	129,33
22	5,03	0,28	155,31
23	6,41	0,26	166,49
24	6,49	0,36	132,60
25	4,11	0,39	341,31
Máx	12,22	1,73	982,10
Mín	4,04	0,19	132,60
Prom	6,71	0,546	357,24
DS	1,97	0,44	242,16

Máx = máximo
Mín = mínimo

Prom = promedio
DS = desviación estándar

Tabla A3. Contenido de fósforo ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	F1	F2	F3	F4	F5	FT
1	6,69	1,51	9,90	551,42	48,12	617,67
2	11,49	1,24	12,73	505,31	35,42	566,21
3	18,63	2,69	16,78	385,19	38,94	462,25
4	12,50	1,27	13,40	387,86	32,69	447,75
5	14,20	2,36	11,92	840,20	64,72	933,42
6	20,17	2,50	19,23	717,84	33,78	793,53
7	8,61	3,51	15,58	577,77	56,58	662,07
8	9,90	2,32	16,20	525,81	58,28	612,53
9	10,34	5,21	12,30	407,76	50,58	486,20
10	28,72	3,76	21,74	423,41	36,56	514,20
11	13,18	2,97	36,46	110,69	83,25	246,57
12	10,99	3,15	33,44	88,83	86,34	222,77
13	4,17	2,45	4,33	65,96	75,09	152,02
14	4,40	3,27	3,82	81,27	73,77	166,54
15	2,62	6,61	2,67	57,52	65,40	134,84
16	6,10	3,13	4,27	146,33	56,28	216,12
17	4,60	5,38	1,47	92,65	41,38	145,50
18	4,57	1,81	2,76	98,07	40,10	147,33
19	2,71	3,48	2,19	71,01	74,10	153,51
20	3,88	3,18	2,73	96,23	62,54	168,58
21	3,17	2,71	1,69	70,19	59,81	137,60
22	3,36	6,16	1,47	111,68	65,81	188,49
23	4,24	4,06	2,65	79,68	39,32	129,97
24	4,47	7,64	2,31	82,98	59,78	157,20
25	5,30	9,10	1,46	346,52	50,35	412,75
Máx	28,72	9,10	36,46	849,20	86,34	933,42
Mín	2,62	1,24	1,46	57,52	32,69	129,97
Prom	8,76	3,66	10,14	276,89	55,56	355,02
DS	6,45	1,99	9,87	237,84	15,81	238,73

Máx = máximo
Mín = mínimo

Prom = promedio
DS = desviación estándar

Tabla A4. Contenido de fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco por el método Sedex y por sumas de fracciones.

Estaciones	Método Valderrama	Suma de fracciones
1	585,84	617,67
2	523,08	566,21
3	460,40	462,25
4	393,49	447,75
5	982,52	933,42
6	783,89	793,53
7	763,17	662,07
8	591,62	612,53
9	451,85	486,20
10	522,16	514,20
11	291,00	246,57
12	385,33	222,77
13	203,19	152,02
14	178,36	166,54
15	243,00	134,84
16	222,18	216,12
17	197,64	145,50
18	209,14	147,33
19	179,03	153,51
20	184,94	168,58
21	186,06	137,60
22	193,60	188,49
23	208,41	129,97
24	179,86	157,20
25	445,08	412,75
Máx	982,52	933,42
Mín	178,36	129,97
Prom	355,02	382,59
DS	238,73	225,73

Máx = máximo
Mín = mínimo

Prom = promedio
DS = desviación estándar

Tabla A5. Análisis de correlación Pearson entre F1 y los diferentes parámetros.

	Arena	Limo	Arcilla	MOT	NT	C-org	F1
Arena	1,000						
Limo	-0,146	1,000					
Arcilla	-0,203	0,683	1,000				
MOT	-0,223	0,570	0,606	1,000			
NT	-0,203	0,667	0,548	0,599	1,000		
C-org	-0,164	0,716	0,572	0,748	0,722	1,000	
F1	-0,181	0,117	0,064	-0,020	0,606	0,094	1,000

Tabla A6. Análisis de correlación Pearson entre F2 y los diferentes parámetros.

	Arena	Limo	Arcilla	MOT	NT	C-org	F2
Arena	1,000						
Limo	-0,146	1,000					
Arcilla	-0,203	0,683	1,000				
MOT	-0,223	0,570	0,606	1,000			
NT	-0,203	0,667	0,548	0,599	1,000		
C-org	-0,164	0,716	0,572	0,748	0,722	1,000	
F2	-0,095	-0,285	0,041	-0,312	-0,323	-0,208	1,000

Tabla A7. Análisis de correlación Pearson entre F3 y los diferentes parámetros.

	Arena	Limo	Arcilla	MOT	NT	C-org	F3
Arena	1,000						
Limo	-0,146	1,000					
Arcilla	-0,203	0,683	1,000				
MOT	-0,223	0,570	0,606	1,000			
NT	-0,203	0,667	0,548	0,599	1,000		
C-org	-0,164	0,716	0,572	0,748	0,722	1,000	
F3	-0,179	0,093	-0,107	-0,081	0,423	0,162	1,000

Tabla A8. Análisis de correlación Pearson entre F4 y los diferentes parámetros.

	Arena	Limo	Arcilla	MOT	NT	C-org	F4
Arena	1,000						
Limo	-0,146	1,000					
Arcilla	-0,203	0,683	1,000				
MOT	-0,223	0,570	0,606	1,000			
NT	-0,203	0,667	0,548	0,599	1,000		
C-org	-0,164	0,716	0,572	0,748	0,722	1,000	
F4	-0,188	0,636	0,500	0,551	0,971	0,632	1,000

Tabla A9. Análisis de correlación Pearson entre F5 y los diferentes parámetros.

	Arena	Limo	Arcilla	MOT	NT	C-org	F5
Arena	1,000						
Limo	-0,146	1,000					
Arcilla	-0,203	0,683	1,000				
MOT	-0,223	0,570	0,606	1,000			
NT	-0,203	0,667	0,548	0,599	1,000		
C-org	-0,164	0,716	0,572	0,748	0,722	1,000	
F5	0,057	-0,122	-0,116	-0,215	-0,294	0,111	1,000

Hoja de Metadatos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE FÓSFORO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PERIFERIA DE LA CUENCA DE CARIACO, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
González Méndez, Adriana Carolina	CVLAC	17781853
	e-mail	Adrigonzalez86@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Surgencia, sedimento, fósforo.

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Química

Resumen (abstract):

Se determinó el fraccionamiento de fósforo (adsorbido (F1), asociado a óxidos (F2), autogénico (F3), detrítico (F4) y orgánico (F5)), junto con el fósforo total (FT) en los sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. La cuantificación del fósforo extraído en cada una de las fracciones se realizó con la técnica de espectofotometría en la región visible a 885 nm. Los resultados arrojaron concentraciones elevadas de fósforo detrítico las cuales oscilaron entre 57,52 y 840,20 mg·kg⁻¹, específicamente en los alrededores de las islas Margarita y La Tortuga, las cuales pueden ser producto de una alta acumulación de estructuras carbonaceas como corales, esqueletos de peces, conchas de moluscos, entre otros; seguido en orden secuencial por el fósforo orgánico cuyos valores se encontraron entre 32,69 y 86,34 mg·kg⁻¹; fósforo autogénico con valores entre 1,46 y 36,46 mg·kg⁻¹; fósforo adsorbido entre 2,62 y 28,72 mg·kg⁻¹ y, por último, el fósforo asociado a óxidos entre 1,24 y 9,10 mg·kg⁻¹. Para el caso del fósforo y nitrógeno total el comportamiento fue muy similar, las concentraciones se encontraron entre 129,97 y 933,42 mg·kg⁻¹ y 132,60-982,10 mg·kg⁻¹, respectivamente, valores que estuvieron asociados directamente con la materia orgánica presente en los sedimentos de la región. Se consideran ricos en materia orgánica ya que su concentración fue superior al 0,5 %. La textura sedimentaria que predomina en la mayor parte de esta zona es de tipo arenosa, seguido de una pequeña proporción de limo. Es importante resaltar, que el fenómeno de surgencia que afecta a toda la zona se considera como uno de los principales factores que condicionan las elevadas concentraciones de los parámetros geoquímicos estudiados.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Martínez, Gregorio MSc.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Aguilera, Damarys M.Sc.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Fuentes, María Dr.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2010	11	29
------	----	----

Lenguaje: español

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis_AG	Application/Word

Alcance:

Espacial : Universal (Opcional)

Temporal: Intemporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciado en Química

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciado

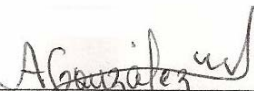
Área de Estudio: Química

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

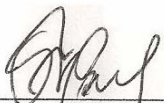
UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NUCLEO DE SUCRE

Derechos:

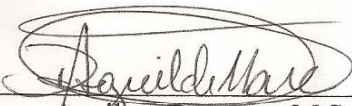
Los resultados de este trabajo de grado no han sido publicados sólo se otorga el derecho de ver el resumen.



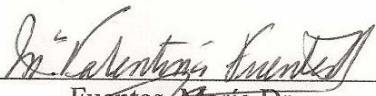
Adriana Carolina González Méndez



Gregorio Martínez MSc.



Aguilera Damarys, M.Sc.



Fuentes, María Dr.

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:



