



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

FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE METALES TRAZAS EN SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES DEL SECTOR ORIENTAL DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO  
SUCRE, VENEZUELA  
(Modalidad: Investigación)

ADELSER DEL CARMEN MOYA GONZÁLEZ

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

CUMANÁ, 2010

FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE METALES TRAZAS EN SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES DEL SECTOR ORIENTAL DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO  
SUCRE, VENEZUELA

APROBADO POR:

---

Gregorio Martínez M.Sc.

---

Jurado Principal

---

Jurado Principal

## INDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
LISTA DE TABLAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	7
METODOLOGÍA .....	14
Área de estudio .....	14
Recolección y Almacenamiento de los Sedimentos .....	14
ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS .....	17
Análisis textural de los sedimentos.....	17
Materia orgánica total .....	18
Carbono orgánico.....	18
Determinación de metales (Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn).....	18
Extracción con acetato de sodio .....	19
Extracción con ácido acético .....	19
Extracción con peróxido de hidrógeno y ácido acético .....	20
Extracción con una mezcla de ácido nítrico, clorhídrico y perclórico.....	21
Procesamiento y análisis de los resultados .....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
Calidad de los análisis.....	23
Granulometría y textura de los sedimentos.....	23
Materia orgánica .....	26

Carbono orgánico (CO) .....	28
Metales trazas .....	29
Cadmio (Cd).....	29
Cinc (Zn) .....	32
Cobalto (Co) .....	35
Cobre (Cu) .....	37
Hierro (Fe) .....	40
Manganeso (Mn).....	42
Níquel (Ni) .....	45
Plomo (Pb).....	47
Análisis de correlación.....	50
CONCLUSIONES .....	53
BIBLIOGRAFÍA .....	54
APÉNDICE.....	61

## **DEDICATORIA**

Doy infinitas gracias a:

Dios y a la Virgen del Valle, por estar en todas partes guiando mis pasos y por brindarme las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día.

Mis padres, Serbe y Adelaida quienes me brindaron su confianza, amor, apoyo y me enseñaron desde pequeña a luchar para alcanzar mis metas. Este triunfo es de ustedes, ¡los amo!

Mi hermano, Róger quien es el punto de apoyo para seguir adelante, que este triunfo sea un ejemplo en su vida para que logre todas sus metas.

Mi novio José, quien en todo momento está a mi lado dándome amor, apoyo y sobre todo ánimo.

Los que nunca dudaron que lograría este triunfo: mi tía Raquel, mi primo Diego y mi prima Rufila (QEPD).

A todos ustedes dedico este trabajo de grado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Prof. Gregorio Martínez, por su asesoría, amistad y por su constante dedicación y esfuerzo, logrando solucionar todos los inconvenientes que se presentaron durante el desarrollo de esta investigación.

A la Prof. Ivis Fermin, por brindarme su asesoramiento en los que fueron mis inicios en la realización de un trabajo de grado.

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente por prestar sus instalaciones, equipos, materiales y reactivos de laboratorio para la realización de esta investigación y al Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas.

Al Departamento de Química de la Universidad de Oriente y a todos aquellos profesores y técnicos que contribuyeron en mi formación profesional en especial a Moraima por su valiosa amistad y apoyo.

A los técnicos, Edymir Parra, Deudedit Hernández, Henry y José Prin por brindarme su colaboración en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi prima Celsy y a mi compañera de residencia Johana por su gran apoyo y cariño.

A mis amigos, Adriana González, Leidis Mujica, Mary Bellorín, Brimar Espinoza, Raúl Cedeño, María Hernández, José Bucarito, Gabriela Ortega, Jesús Vallera y Freddy Ramírez, siempre consecuentes, por su amistad y cooperación en todo momento.

A todos ellos, gracias.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación longitudinal y latitudinal de las estaciones para el presente estudio.	16
Tabla 2. Longitud de onda (nm) para los metales evaluados en el presente estudio y los límites de detección. ....	21
Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson que expresa la asociación entre los metales con el contenido de materia orgánica, carbono orgánico y textura se los sedimentos Superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Región oriental del Golfo de Cariaco mostrando la ubicación de las estaciones para el presente estudio.....	15
Figura 2. Draga Petersen para la recolección de sedimentos superficiales. ....	17
Figura 3. Representación esquemática de la metodología aplicada para la extracción y determinación de metales, en sedimentos superficiales del sector oriental del golfo de Cariaco, estado sucre, Venezuela. ....	20
Figura 4. Clasificación del tipo de sedimento mediante el triángulo de Shepard (1954). ....	24
Figura 5. Distribución textural de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.....	25
Figura 6. Distribución espacial del contenido de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales del sector oriental del golfo de Cariaco. ....	27
Figura 7. Distribución espacial de carbono orgánico (%) en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	28
Figura 8. Distribución espacial de cadmio total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	30
Figura 9. Concentraciones de Cadmio en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	31
Figura 10. Distribución espacial de cinc total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	33
Figura 12. Distribución espacial de cobalto total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	36
Figura 13. Concentraciones de Cobalto en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	37
Figura 14. Distribución espacial de cobre total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	38



Figura 16. Distribución espacial de hierro total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	41
Figura 17. Concentraciones de hierro en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	42
Figura 18. Distribución espacial de manganeso total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	43
Figura 19. Concentraciones de manganeso en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	44
Figura 20. Distribución espacial de níquel total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	46
Figura 21. Concentraciones de níquel en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	47
Figura 22. Distribución espacial de plomo total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. ....	49
Figura 23. Concentraciones de plomo en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## RESUMEN

Se evaluó la distribución y comportamiento de los metales Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn, en sedimentos superficiales del sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Para tal fin, fueron recolectadas muestras de sedimentos superficiales en 26 estaciones establecidas por toda el área de estudio. La clasificación textural de los sedimentos se determinó según el triángulo de Sheppard (1994), la materia orgánica por ignición a 550°C y el carbono orgánico por el método de combustión húmeda. La determinación de los metales se llevó a cabo aplicando el método de extracción secuencial propuesta por Tessier et al. (1979); para así extraer las distintas formas geoquímicas de asociación de los metales en el sedimento y cuantificarlos mediante espectrometría de emisión atómica. Se presentó una predominancia de los sedimentos arenosos y areno limosos en el área estudiada, mientras que el mayor porcentaje de materia orgánica se obtuvo en la zona norte del golfo frente a la región conocida como La Calentura con 18,72%. Las concentraciones promedio de metales totales fueron: Cd: 2,91 mg/kg; Co: 47,80 mg/kg; Cu: 8,44 mg/kg; Fe: 12.612,16 mg/kg; Mn: 46,95 mg/kg; Ni: 12,38 mg/kg; Pb: 13,87 mg/kg y Zn: 59,58 mg/kg. De acuerdo a las concentraciones totales determinadas, se pudo observar que el metal que presentó mayor concentración en la zona de estudio fue el hierro. Por otra parte, se observaron correlaciones significativas entre los metales (Cd, Cu, Mn, Ni, Zn) y la materia orgánica, ya que, ella parece ser, de acuerdo con estos resultados, el factor determinante en el enriquecimiento y distribución de los metales pesados en los sedimentos superficiales de muchos ecosistemas marinos costeros.

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones oceanográficas han demostrado que el desarrollo tecnológico, industrial y demográfico, conjuntamente con la actividad turística y pesquera provocan serios problemas de contaminación en los ecosistemas marino-costeros, alterando sus condiciones hidrográficas, biológicas y geoquímicas (Aguilera, 2005). Las áreas costeras son intensamente explotadas por el hombre, por su alta productividad biológica y por su gran importancia económica. Sin embargo, reciben cantidades de contaminantes de diversa naturaleza química y biológica, originados por las descargas industriales, vertidos urbanos, depositación atmosférica, descargas de ríos y escorrentías continentales. La gran mayoría de estos desechos están acompañados por metales pesados, los cuales son continuamente depositados y acumulados en el medio marino, principalmente en los sedimentos (Ponce *et al.*, 2000; Tuncer *et al.*, 2001).

Los sedimentos marinos se definen como un conjunto de materiales sólidos no consolidados de diferentes tamaños de partículas que se van depositando en el fondo de los mares y océanos debido a diferentes agentes de transporte. Ellos contienen acumulaciones de minerales detríticos, minerales precipitados químicamente y sustancias de origen orgánico. Sus características geoquímicas y fisicoquímicas ayudan a comprender el sistema de corrientes; el estado de la condición óxido-reductora imperante en el fondo; la densidad de la población de la fauna bentónica; la actividad de los microorganismos y la naturaleza del depósito sedimentario. Además, son sumideros de contaminantes que pueden provocar daños potenciales a una gran variedad de organismos que habitan en ellos. Por lo tanto, es necesario conocer las concentraciones de los compuestos químicos asociados a ellos (Che *et al.*, 2003; Valdez *et al.*, 2009).

Por otra parte, los sedimentos son considerados como fuente secundaria de contaminación ambiental debido a la alta acumulación de sustancias tóxicas que presentan, principalmente metales. En general, estos elementos muestran una elevada

capacidad para adsorberse sobre el material particulado, lo que hace que su destino final sean los sedimentos costeros y por su persistencia en el medio pueden retornar a la columna de agua y ser incorporados a la biota por una combinación de los procesos físicos, químicos y biológicos (Schneider *et al.*, 1995; Ponce *et al.*, 2000). La mayoría de los metales presentan algún grado de toxicidad, tanto para el hombre como para el resto de los seres vivos y, debido a que no son biodegradables su acumulación crea perturbaciones en período de tiempos muy cortos (Everaarts *et al.*, 1995). Ellos representan un gran peligro y riesgo para los organismos vivientes ya que cuando ingresan a los ecosistemas en altas concentraciones, lo contaminan, causando la destrucción de su fauna y flora (Sadiq, 1992).

Los metales se caracterizan por ser altamente persistentes, y su peligrosidad radica en que pueden ser tóxicos en pequeñas concentraciones, pudiendo causar graves daños a nivel celular. Pueden ser asimilados por el fitoplancton y organismos filtradores los incorporan a la cadena alimenticia; dando paso a los procesos de biocumulación y biomagnificación que agravan su condición de toxicidad (Viarengo, 1985; Sadiq, 1992). De igual manera, los metales pesados suelen presentar relaciones con los elementos nutritivos en los sistemas acuáticos, especialmente, aquellos que son utilizados en pequeñas concentraciones por los organismos vivos, como cobre, cinc, hierro y níquel, dado que su participación en los procesos biológicos se realiza de una manera similar a la de los nutrientes (Martínez, 2002; Martínez *et al.*, 2005). No obstante, en algunos ambientes estuarinos los metales guardan una estrecha relación con el amonio, lo cual sugiere una misma fuente, siendo ésta probablemente antropogénica. Tal es el caso del estuario de Tamar (Inglaterra), donde los máximos de manganeso disuelto y amonio coinciden con las menores concentraciones de oxígeno disuelto, como consecuencia de los procesos de desorción desde el agua intersticial de los sedimentos (Martínez, 1999).

Las concentraciones naturales de metales pesados están relacionadas con las actividades volcánicas, meteorización de las rocas y los procesos de erosión de los suelos. Los metales que entran al mar como producto de las emisiones terrestres pueden

disolverse en el agua o ser transportados directamente a los sedimentos marinos. Si un metal excede el límite de solubilidad en agua de mar, puede precipitar como una fase sólida o ser adsorbido en el material en suspensión y finalmente depositarse en los sedimentos. Muchos organismos marinos pueden absorber o liberar metales directamente de los sedimentos. Algunos de ellos pueden, también, formar compuestos volátiles debido a la actividad biológica o a cambios en las condiciones redox del agua de mar y sedimentos (Martínez, 2002).

La química de los metales pesados, en ambientes marinos, es una manifestación de todos los equilibrios entre varios componentes. El más importante de todos es el agua de mar, seguido de los sedimentos marinos. Las características físico-químicas, tanto del agua de mar como del sedimento, juegan un papel importante en el contenido de estos elementos. La interacción entre los metales pesados y las características físico-químicas del agua de mar y sedimentos pueden llevarse a cabo directa o indirectamente y de una forma individual o simultánea. Un ejemplo de interacción directa es la formación de sales insolubles y complejos, en solución, de metales pesados con los elementos más abundantes en el agua de mar. La interacción indirecta es aquella donde los elementos más o menos abundantes en el agua de mar o en los sedimentos marinos, modifican la concentración o la actividad de un ión metálico traza que interactúa (Martínez, 2002).

El comportamiento químico de los metales pesados y la forma como se transforman o son absorbidos por los microorganismos marinos se conoce poco. Muchos metales pesados son fácilmente adsorbidos en micropartículas en suspensión; si estas sedimentan, posiblemente quedan fijas a los sedimentos. Varios investigadores consideran estos procesos como beneficiosos, ya que los materiales que biológicamente son peligrosos quedan inactivados en los sedimentos, pero pueden causar problemas a largo plazo, ya que es posible que se altere la población béntica y en el sedimento ocurra una descomposición bioquímica con el consiguiente desprendimiento de sustancias nocivas (Bonilla, 1982).

Dada la tendencia de los metales pesados a unirse a la materia orgánica y su predisposición a ser adsorbidos por distintos materiales inorgánicos son causa de su almacenamiento en los sedimentos. Sin embargo, se ha comprobado que muchos de ellos no permanecen ligados indefinidamente a los sedimentos, ya que de las capas superiores de éstos puede liberarse, hasta el 75% de ciertos elementos metálicos, ya sea por acción mecánica o por las sustancias químicas producidas por el metabolismo de los organismos bentónicos (Velásquez, 2005).

Desde el punto de vista ambiental, los metales que pueden ocasionar daños a los seres vivos son aquellos que tienden a movilizarse más fácilmente de los sedimentos, lo que constituye un aspecto desfavorable en el ambiente por hacer los metales tóxicos biodisponibles (Sunda, 1991).

El monitoreo de metales pesados en el medio ambiente permite prevenir tempranamente posibles efectos tóxicos, reconocer áreas de impacto en lugares donde la concentración de los metales sea alta, deducir posibles rutas de exposición hacia humanos y establecer su distribución sobre áreas geográficas. También es útil para conocer la tendencia de sus concentraciones en el tiempo (Templeton *et al.*, 2000).

Los metales pesados más ampliamente investigados son cinc, cadmio, cobre, cromo, mercurio y plomo, por sus características de persistencia e integración en el medio ambiente. Se ha demostrado que ellos pueden absorberse en las arcillas, óxidos de aluminio, hierro y manganeso y materia orgánica (Sadiq, 1992).

Por otro lado, el estudio de la concentración de metales en los sedimentos es de especial interés, ya que la determinación de sus concentraciones provee información para entender su comportamiento geoquímico y su disponibilidad biológica; por ello se han desarrollado diferentes métodos analíticos para su determinación, siendo, actualmente, la extracción el más utilizado. Esta técnica consiste en extracciones donde se utilizan reactantes selectivos de características fisicoquímicas distintas en cada

fracción, para obtener las distintas formas geoquímicas de asociación de los metales con el sedimento (Izquierdo *et al.*, 1997; Roux *et al.*, 1998).

En campos de investigación relacionados con las ciencias geológicas, las muestras sólidas que se someten a este tipo de procedimientos son, principalmente, fragmentos de sedimentos, rocas y suelos. La finalidad que se persigue al aplicar una metodología de extracción química secuencial es determinar, con la mayor precisión posible, la distribución de los elementos trazas existentes en una muestra sólida entre fracciones de distinta naturaleza fisicoquímica (Nirel y Morel, 1990). Estos procedimientos tienen sus ventajas, ya que permiten extraer individualmente cada una de las fracciones (intercambiables, carbonatos, asociados a la materia orgánica, entre otras). Además, ofrece información sobre el origen, disponibilidad fisicoquímica y biológica, movilización y transporte de metales pesados en el ambiente. En este sentido, a partir de los estudios de distribución geoquímica podría inferirse sobre la cantidad del metal pesado que estaría biológicamente disponible, representando un riesgo potencial al ambiente (Horowitz, 1991; Gómez-Parra *et al.*, 2000; Riba *et al.*, 2002).

Entre los estudios importantes hechos en el país, se puede mencionar el reportado por Pérez *et al* (2006) quienes encontraron elevadas concentraciones de Fe en los sedimentos de la laguna de Bocaripo, representando un riesgo potencial de contaminación a largo plazo, ya que en ambientes muy reductores puede afectar la biodisponibilidad de otros metales, dado que el hierro puede combinarse con el azufre (S<sub>2</sub>) y formar pirita (FeS), creando condiciones más oxidantes que conllevan a acidificar fuertemente el ambiente. Gamboa y Bonilla (1983) encontraron elevadas concentraciones de Mn, Cu y Zn en los sedimentos de la cuenca Tuy-Cariaco, región influenciada por el río Neverí. Igualmente, se han reportado elevadas concentraciones de metales pesados en el área costera del estado Anzoátegui a consecuencia de los aportes de material terrígeno arrastrado por los ríos Neverí y Unare, así como por las contribuciones de las descargas de los efluentes, sin un tratamiento adecuado, de numerosas industrias establecidas en esta área (Martínez *et al.*, 2002).

Actualmente, la mayoría de los estudios sobre los sedimentos han sido orientados hacia el fraccionamiento químico de los metales en zonas que son impactadas por las actividades humanas, tales como estuarios, lagunas y bahías. Estas áreas son continuamente afectadas por los ríos, escorrentías continentales, aguas residuales, domésticas e industriales, alterando la calidad de sus sedimentos (Fan *et al.*, 2002).

El Golfo de Cariaco representa uno de los sectores que conforman una de las áreas de distribución de la surgencia costera y de las pesquerías del nororiente de Venezuela; éste es considerado como un refugio de fauna, con una gran importancia desde el punto de vista socio-económico y ecológico, presentando la influencia desde las descargas del río Carinicuao, el cual desemboca en el sector más oriental del ecosistema. Para conocer mejor al Golfo de Cariaco, es necesario determinar la calidad de sus aguas y sedimentos, con la finalidad de establecer planes de manejo integrado de esta región marino costera para su aprovechamiento sustentable.

El sector oriental del Golfo de Cariaco se caracteriza por tener una elevada productividad primaria, abundantes bosques de mangle y por ser un refugio de fauna de gran importancia ecológica y socioeconómica. Sin embargo, las actividades domésticas y el uso de pesticidas, herbicidas y abonos por los habitantes de la zona generan desechos que son vertidos al ecosistema, directamente o arrastrados por las aguas de lluvia, ríos y arroyos. Entre los contaminantes de mayor peligrosidad, se encuentran los metales pesados, los cuales se depositan en los sedimentos (Martínez, 2002).

Probablemente, las concentraciones de los metales aumenten con el incremento de las actividades agrícolas, urbanas e industriales en la región. En tal sentido, se plantea estudiar algunos metales trazas en sus sedimentos con la intención de aportar datos recientes sobre la zona y evaluar su condición ambiental.

En la actualidad, es necesario conocer el estado ambiental del Golfo por la gran riqueza pesquera que representa, y por los proyectos que están planteados a mediano y



largo plazo para el desarrollo industrial de la zona, como el muelle de aguas profundas de Guacarapo, el puente entre Cumaná y Araya; parte del proyecto de unión con Margarita, el gasoducto, un puerto minero, granjas para la producción de peces y camarones y el potencial turístico ecológico.

En este orden de ideas, se seleccionó la técnica de extracción, con el objetivo de evaluar el fraccionamiento geoquímico de los metales cinc, manganeso, cobalto, cadmio, níquel, hierro, cobre y plomo en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco y determinar la concentración de cada uno de los elementos presentes en sus sedimentos; y estudiar el contenido de materia orgánica total, carbono orgánico, y granulometría de los sedimentos superficiales de esta región.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El Golfo de Cariaco es un ecosistema geográficamente semi-cerrado ubicado en la costa nororiental de Venezuela, específicamente, al este de la Cuenca de Cariaco, desde los 10° 25' y 10° 35' latitud Norte y los 63°40' y 64°13' de longitud Oeste. El mismo tiene aproximadamente 62 km de longitud Este-Oeste y un máximo de 15 km en su parte más ancha. El golfo cubre un área de 642 km<sup>2</sup>, su volumen se estima en 3,15 x 10<sup>7</sup> km<sup>3</sup> aproximadamente y está separado de la depresión oriental por un umbral submarino entre 60 y 70 m de profundidad. Su entrada se encuentra ubicada por el Oeste, con un ancho aproximado de 5,5 km y su característica topográfica principal es la presencia de una cuenca anóxica sedimentaria ubicada en la parte sur de la región central, con una profundidad cercana a los 93 m (Okuda *et al.*, 1978).

El área de estudio se ubica en el sector oriental del golfo, también conocido como Saco del Golfo de Cariaco, el cual se encuentra afectado por las descargas del río Carinicua o Cariaco y por los efluentes domésticos de las poblaciones de Cariaco, Muelle de Cariaco, San Antonio y otros centros poblados establecidos en sus márgenes. En esta zona, predomina la suspensión como mecanismo de transporte de las partículas del sedimento, lo cual es obvio, porque allí las aguas son someras, las corrientes débiles y hay poco oleaje. Además, la topografía no permite un mayor desarrollo de estos elementos hidrodinámicos (Márquez, 2005) (Figura 1).

### Recolección y Almacenamiento de los Sedimentos

Se recolectaron muestras de sedimentos superficiales en 26 estaciones ubicadas en el sector oriental del Golfo de Cariaco, usando una draga Petersen (Figura 2). Cada muestra fue almacenada en bolsas de polietileno y refrigeradas a -20°C hasta su procesamiento y análisis en los laboratorios del Departamento de Oceanografía del

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Posteriormente, cada una de las muestras de sedimentos descongeladas fue separada en dos porciones, de las cuales, una se secó en la estufa a 60°C y pulverizada finamente en un mortero de porcelana para ser conservadas en envases limpios y llevar a cabo las respectivas determinaciones analíticas. La otra porción fue secada a temperatura ambiente para ser utilizada en el análisis granulométrico.

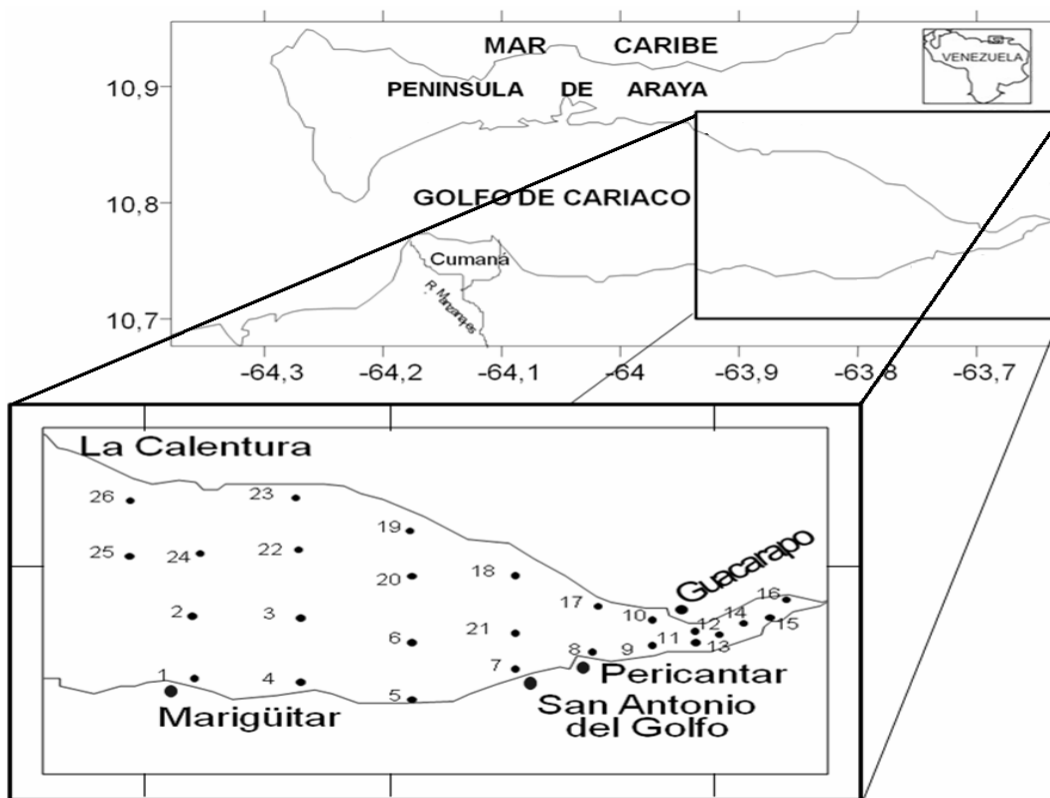


Figura 1. Región oriental del Golfo de Cariaco mostrando la ubicación de las estaciones para el presente estudio.

Tabla 1. Ubicación longitudinal y latitudinal de las estaciones para el presente estudio.

Estación	Longitud Oeste	Latitud Norte
1	63° 52' 25''	10° 26' 75''
2	63° 52' 55''	10° 29' 31''
3	63° 50' 58''	10° 29' 32''
4	63° 50' 38''	10° 27' 01''
5	63° 47' 63''	10° 26' 66''
6	63° 47' 62''	10° 28' 43''
7	63° 45' 85''	10° 27' 35''
8	63° 44' 35''	10° 28' 05''
9	63° 42' 96''	10° 28' 06''
10	63° 42' 96''	10° 29' 15''
11	63° 42' 00''	10° 28' 14''
12	63° 42' 00''	10° 28' 74''
13	63° 41' 22''	10° 28' 50''
14	63° 40' 44''	10° 28' 80''
15	63° 39' 78''	10° 28' 86''
16	63° 39' 48''	10° 29' 46''
17	63° 44' 35''	10° 29' 39''
18	63° 46' 31''	10° 31' 26''
19	63° 18' 60''	10° 32' 14''
20	63° 48' 37''	10° 30' 36''
21	63° 46' 25''	10° 29' 29''
22	63° 50' 68''	10° 31' 50''
23	63° 50' 70''	10° 32' 89''
24	63° 52' 54''	10° 31' 47''
25	63° 54' 72''	10° 31' 54''
26	63° 54' 81''	10° 33' 07''



Figura 2. Draga Petersen para la recolección de sedimentos superficiales.

## **ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS**

### **Análisis textural de los sedimentos**

Para determinar la textura de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco (arena, limo y arcilla) se utilizó el método del densímetro (Primo y Carrasco, 1973), 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. Una muestra de 50 g de sedimento seco, previamente tamizado en una malla de 2 mm de espesor, se licuó durante 5 minutos con 10 ml de solución dispersante de calgón (hexametafosfato de potasio) y 300 ml de agua destilada. La solución fue vertida en un cilindro arrastrando toda partícula del sedimento con ayuda de una pizeta hasta completar un litro de solución con agua destilada. Luego, fue agitada vigorosamente durante un minuto a fin de homogeneizar el contenido y a los 40 segundos del cese de la agitación, fue tomada la primera lectura del densímetro y temperatura de la suspensión. Al cabo de dos horas se volvió a tomar la densidad y temperatura. La concentración de sólidos totales indicada en la primera lectura corresponde a partículas de diámetro  $\leq 20 \mu$  (limo + arcilla) y la segunda lectura corresponde a partículas de diámetro  $\leq 2 \mu$  (arcilla). Por consiguiente, la concentración de limo fue obtenida restando la segunda lectura de la primera y el contenido de arena se calcula por diferencia entre el peso total de sedimento y el peso de limo mas arcilla. La clasificación de los sedimentos fue determinada según el triángulo de Sheppard (1954).

## Materia orgánica total

Se cuantificó por pérdida de peso, debida a la oxidación de la materia orgánica, según el método descrito por González y Ramírez (1995), el cual consiste en la calcinación de las muestras de sedimento en una mufla a 550°C, hasta la obtención de una fracción libre de materia orgánica. Donde 2 g de sedimento seco fueron pesados en crisoles de porcelana previamente tarados y calcinados a 550°C por períodos de 12 horas hasta la obtención de un peso constante.

## Carbono orgánico

El método de combustión húmeda fue aplicado para determinar la concentración de carbono orgánico, utilizando el ácido sulfocrómico como agente oxidante de la materia orgánica (Okuda, 1964). 0,1 g de sedimento se colocó en una fiola de 125 ml con 10 ml de una solución sulfocrómica 0,4 mol/l. Esta mezcla fue durante 5 minutos, evitando pérdida de la muestra con la ayuda de un embudo. Luego, fue transferida a una fiola de 500 ml, arrastrando con agua destilada hasta completar aproximadamente 150 ml para ser titulada con una solución de sal de Mohr 0,2 mol/l, agregando 5 ml de ácido fosfórico y 4 gotas del indicador difenilamina.

## **Determinación de metales (Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn)**

La concentración de los metales se determinó utilizando la técnica propuesta por Tessier *et al.* (1979), con ligeras modificaciones, el cual ha sido el método más desarrollado y aplicado a los sedimentos, por varios autores (Song *et al.*, 1999; Teixeira *et al.*, 2001; Riba *et al.*, 2002; Fan *et al.*, 2002). La técnica consiste en una extracción la cual utiliza reactantes selectivos para cada fracción. De esta manera extrae las distintas formas geoquímicas de asociación de los metales con el sedimento. Una primera fracción (F1) que contiene los metales adsorbidos en la superficie de las partículas de los sedimentos, operacionalmente llamados metales intercambiables y una segunda fracción (F2) donde están los metales ligados a los carbonatos, los cuales presentan una gran

sensibilidad a los cambios de pH (Izquierdo *et al.*, 1997; Roux *et al.*, 1998); estas dos primeras fracciones incluyen a los metales biodisponibles de origen antropogénico, de entrada más reciente al medio y además da información sobre el grado de contaminación al cual un sedimento en particular ha sido expuesto (Riba *et al.*, 2002). La tercera fracción (F3) permite obtener los metales unidos a la materia orgánica, oxihidróxidos de hierro y manganeso y sulfuro como potencialmente biodisponible, ya que en condiciones extremas de pH y potencial redox pueden desprenderse los metales asociados a ella y movilizarse dentro del medio (Förstner, 1993). Finalmente, la cuarta fracción (F4) o residual corresponde a los metales de origen litogénico adicionados a la matriz sedimentaria durante la diagénesis química y son biológicamente inertes (Klavins y Virkavs, 2001). Sin embargo, en este estudio, las extracciones no fueron de manera secuencial, ya que para las fracciones 1, 3 y 4 se pesaron muestras de sedimentos individuales, con la finalidad de evitar los errores de manipulación en las extracciones y filtrado de las muestras y el desarrollo de un proceso de filtrado mucho más lento (Figura 3).

#### Extracción con acetato de sodio

Para la primera etapa (Fracción 1), 1,00 g de sedimento seco se digirió en un erlenmeyer de 125 ml con 20 ml de acetato de sodio 1 mol/l, ajustada a pH 7, por dos horas, a temperatura ambiente. Luego, las muestras fueron agitadas constantemente, filtradas, y lavadas con agua nanopura y enrasadas a un volumen de 25 ml, conservando el residuo.

#### Extracción con ácido acético

En esta segunda etapa (Fracción 2), el papel de filtro proveniente de la primera extracción se colocó en un erlenmeyer de 125 ml con 20 ml de ácido acético al 25% V/V por cuatro horas a temperatura ambiente y con agitación constante. Las soluciones fueron filtradas en balones de 25 ml, descartándose el residuo.

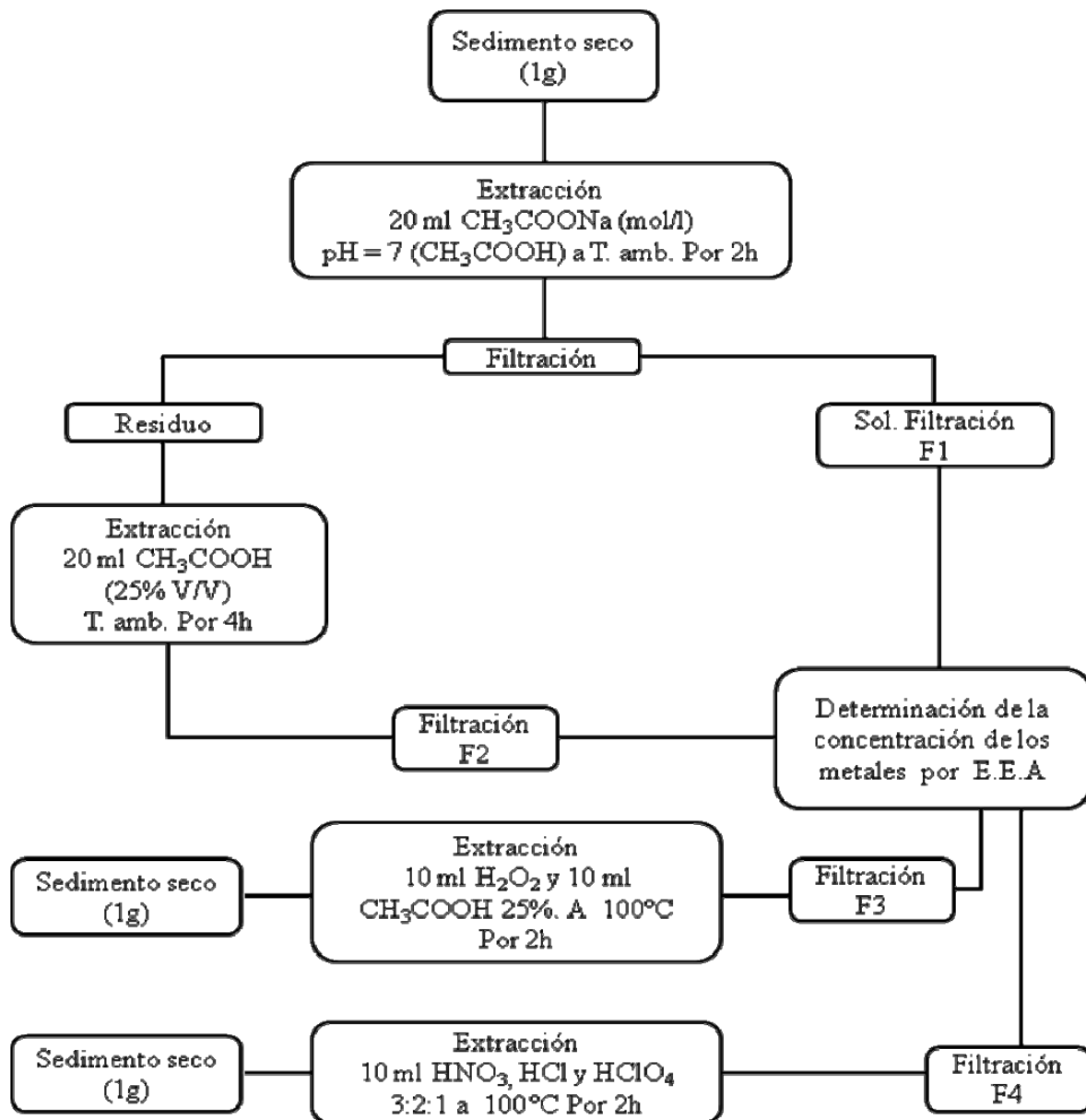


Figura 3. Representación esquemática de la metodología aplicada para la extracción y determinación de metales, en sedimentos superficiales del sector oriental del golfo de Cariaco, estado sucre, Venezuela.

#### Extracción con peróxido de hidrógeno y ácido acético

Para la tercera etapa (Fracción 3), 1,00 g de sedimento seco se sometió a una digestión por dos horas a 100 °C, con 10 ml de peróxido de hidrógeno al 30%, ajustado a



pH 2 con ácido nítrico concentrado y 10 ml de ácido acético al 25% v/v, usando un banco de arena para el calentamiento y con agitación constante. Luego, las muestras fueron filtradas, y lavadas con agua nanopura y enrasadas a un volumen de 25 ml, descartándose el residuo. La concentración de esta fracción fue determinada restando las dos primeras fracciones a la lectura de esta extracción.

#### Extracción con una mezcla de ácido nítrico, clorhídrico y perclórico

En la última etapa (Fracción 4) 1,00 g de sedimento seco se sometió a una digestión con 10 ml de una mezcla de ácido nítrico, clorhídrico y perclórico en la proporción 3:2:1 por dos horas, a una temperatura de 100°C y con agitación constante. Luego, las muestras fueron filtradas y lavadas con agua nanopura y enrasadas a un volumen de 25 ml. La concentración de esta fracción se calculó restando las tres primeras fracciones a la lectura de esta extracción.

Las concentraciones de los metales estudiados fueron determinadas usando un espectrómetro de emisión óptica en un plasma inductivamente acoplado, Perkin Elmer, modelo 5300 DV, midiendo los blancos de cada fracción, patrones y muestras extractantes a las longitudes de ondas específicas de cada metal (Tabla 2).

Tabla 2. Longitud de onda (nm) para los metales evaluados en el presente estudio y los límites de detección.

Metales	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Long de Onda (nm)	248,3	228,6	213,9	279,5	232,0	357,9	28,63	224,8
LD mg/kg	0,010	0,012	0,008	0,017	0,012	0,012	0,028	0,010

## **Procesamiento y análisis de los resultados**

Se utilizó el programa Microsoft Office Excel 2007 para los cálculos de las concentraciones, diseño de tablas y algunos gráficos de barras, y el Surfer 9.0, para las distribuciones espaciales de los parámetros geoquímicos evaluados en el Golfo de Cariaco. Se utilizó análisis estadístico multivariante de los paquetes estadísticos Statgraphics Plus 5.1 y MVPS (Multi-Variate Statistical Package) versión 3.12, para las correlaciones simples de los metales entre sí con la materia orgánica y la textura de los sedimentos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El estudio de metales traza en cuerpos de agua, sedimentos y organismos, es importante para establecer sus niveles naturales, variabilidad y origen, principalmente en las áreas más sensibles a la contaminación, como son estuarios y bahías. El desarrollo industrial ha tenido su asiento, en un porcentaje bastante significativo, en las riberas de ríos, estuarios y bahías, descargando allí desechos con grandes cantidades de sustancias nocivas, asumiendo que estas son usualmente dispersadas y transformadas por el mar. Dentro de esas sustancias, los metales traza constituyen un caso especial, ya que no se degradan y, una vez depositados, permanecen en el medio ambiente marino (Martínez *et al.*, 2002).

### **Calidad de los análisis**

La exactitud del método utilizado fue verificada mediante el análisis de un patrón de sedimento certificado por HISS-1; marinos. Los valores de la desviación estándar obtenidos se compararon con los señalados por la casa fabricante. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla A1.

Estos resultados indican el grado de exactitud que presenta el método utilizado en este estudio, lo que significa que el método analítico es aceptable y produce resultados reproducibles.

### **Granulometría y textura de los sedimentos**

El análisis textural se realizó para conocer las distintas distribuciones de tamaños de granos que existen en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco (Tabla A1). Los sedimentos del golfo de Cariaco han sido descritos anteriormente como arenolimosos, en los que predominan altas proporciones de arenas (superiores al 50%) y de limos, con menores porcentajes de arcillas (Martínez *et al.*, 2002). Por su parte,

Landaeta (2002) encontró, en los sedimentos de la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná, una textura areno-limosa.

De acuerdo al Triángulo de Shepard (1954), en la figura 4 se muestra tres tipos de sedimentos: arenoso, areno-limoso y limo arenoso. En esta investigación la presencia de arena es la más resaltante de las clases texturales determinadas, observándose que en la mayoría de las estaciones los sedimentos son de textura arenosa y areno-limoso.

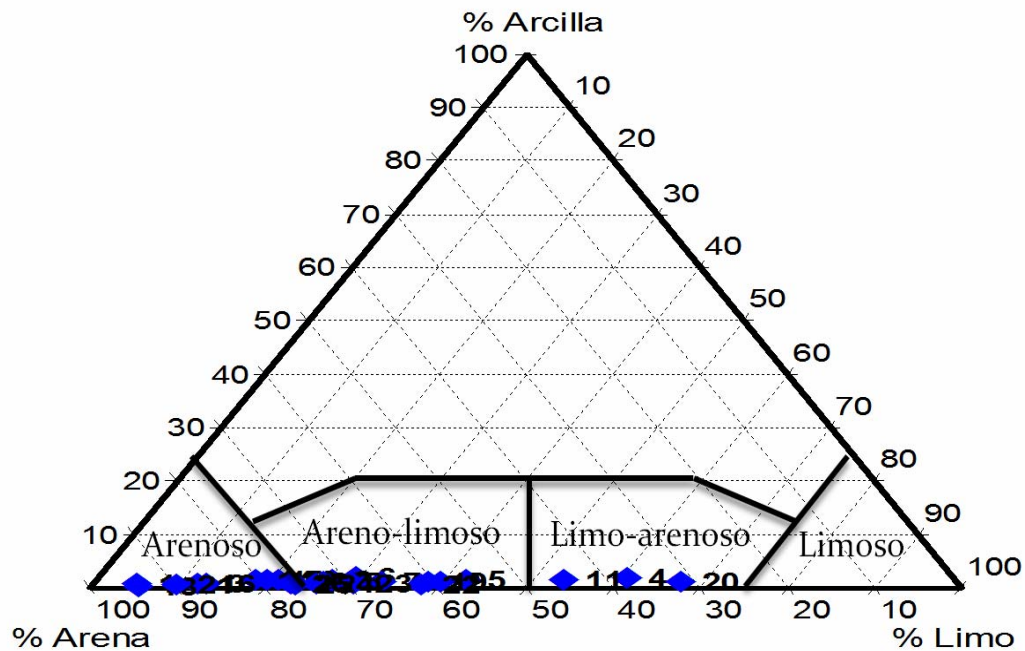


Figura 4. Clasificación del tipo de sedimento mediante el triángulo de Sheppard (1954).

La Figura 5 muestra la distribución textural de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, donde se aprecia que una amplia área presenta una textura principalmente arenosa con un máximo de 94,41% de arena (estación 1), representadas mayoritariamente por arenas finas, localizándose los mayores valores en la zona nor-occidental, sur-occidental y al norte del Golfo cerca de Guacarapo. El alto porcentaje de arena podría ser causado por la deposición del material sedimentario de textura arenosa transportado por los ríos que descargan sus aguas en la región, así como por los aportes sedimentarios que provienen de diversas fuentes: biogénicos y terrígenos.

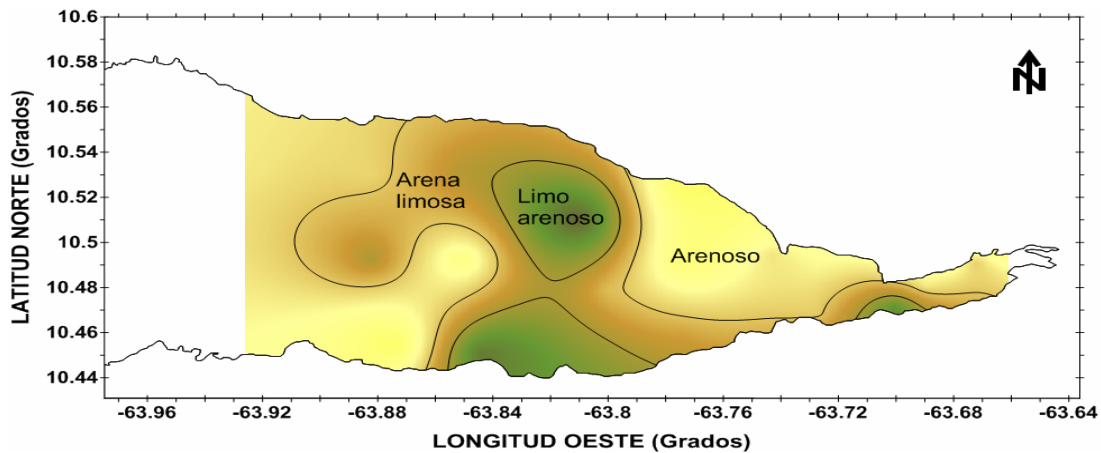


Figura 5. Distribución textural de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Otra textura importante en esta región es la arena limosa, ubicada en toda la zona central del golfo y extremo oriental del ecosistema (Figura 5), seguido por una textura limo arenosa en el sector central del ecosistema.

El porcentaje de limos en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco estuvo comprendido entre 4,93 y 67,22% con un valor promedio de 28,28%, observándose el valor máximo en la estación 20, la cual se encuentra ubicada en el centro del Golfo y un mínimo en la estación 1 de 4,93%, mientras; las arcillas representan menos del 2,00% en todas las estaciones. Las cantidades de arcillas encontradas en el área podrían ser causadas por procesos físicos tales como flujo de los ríos y quebradas, vientos y olas, los cuales transportan las partículas más finas hasta la región central y occidental del área en estudio. En la zona cercana a la desembocadura del río Carinicuaos los sedimentos son principalmente de textura arenosa, mientras que las partículas finas (limos y arcillas) son transportadas más lejos, dentro del mismo ecosistema.

En los datos registrados por Bonilla *et al.* (1998), en los sedimentos superficiales del ecosistema marino-costero de Jose, se determinó un promedio de arenas de 40,82% menor que los encontrados en el Golfo de Cariaco, probablemente por la abundancia de

sedimentos gruesos (arenosos) depositados por las efluentes cercanas. Martínez (2002), reportó en los sedimentos superficiales de la Costa Norte del golfo de Cariaco valores de arenas de 74,90%, pero de limo y arcilla superiores hasta 8,34 y 15,48 % respectivamente.

Por otra parte Landaeta (2002) determinó en los sedimentos superficiales en la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná, un 99,41% y un bajo contenido de limo y arcilla, similar a la granulometría determinada en este estudio (Tabla A2).

### **Materia orgánica**

El término materia orgánica se usa para designar la porción del sedimento producto de la actividad biológica, el cual contiene el carbono en cualquier forma distinta a los carbonatos. Está compuesta de los organismos de la flora y fauna acuática, ambos vivos y muertos, así como también de los productos de secreción, autólisis y digestión. La distribución de la materia orgánica sedimentaria mantiene, generalmente, el mismo comportamiento que la productividad primaria, y depende tanto del origen, la textura, los niveles de oxígeno en las aguas de fondo, la tasa de sedimentación y descomposición orgánica en sedimentos de los diferentes ecosistemas, así como también de las condiciones hidrográficas, hidroquímicas y biogeoquímicas del ambiente sedimentario (Bonilla *et al.*, 2003; Guíñez *et al.*, 2010).

En la figura 6, se presenta la distribución espacial del porcentaje de materia orgánica en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. Los valores variaron entre 1,54% en la estación 18 y 20,36% en la estación 26, con un valor promedio de 9,18% (Tabla A2). El mayor porcentaje de la materia orgánica se obtuvo en la zona nor-occidental del golfo, cerca del sector costero conocido como La Calentura con un 18,72%. Esto puede ser debido a la productividad biológica en las aguas superficiales la cual es más alta cerca de la costa norte debido al aumento de nutrientes aportados por los ríos así como por los procesos de surgencia que se dan en la región Nororiental de Venezuela (Velásquez, 2005). Márquez *et al.* (2005) señalaron que los

niveles de materia orgánica detectados en los sedimentos superficiales del litoral nororiental del Golfo de Cariaco, reflejan el tipo de grano sedimentario predominante y el grado de actividad biogeoquímica prevaleciente, el cual es indicativo de la productividad de la zona.

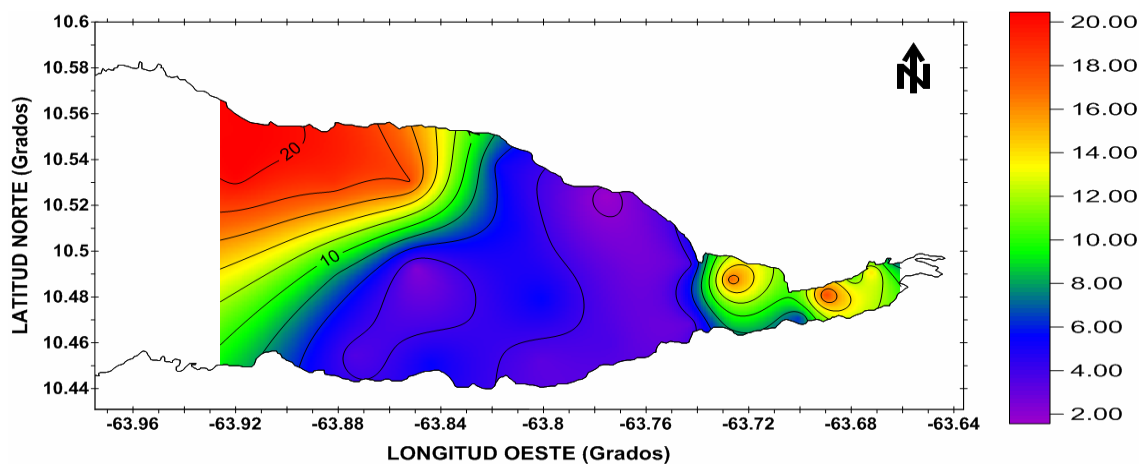


Figura 6. Distribución espacial del contenido de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales del sector oriental del golfo de Cariaco.

Estos resultados son comparables con los valores obtenidos en los sedimentos superficiales del golfo de Santa Fe por Castellar (2004), quien obtuvo un promedio de 8,01% y los registrados por Landaeta (2002) en los sedimentos superficiales de la región marino-costera, frente a la ciudad de Cumaná con 9,59%, así como también los encontrados por Ramírez (1999) en los sedimentos de Punta Arenas con 13,11% y los hallados en los sedimentos superficiales de la laguna de Píritu por Martínez *et al.* (1999) con un valor máximo de 16,35%.

Estudios realizados por Páez-Osuna *et al.* (1986), y De La Lanza (1984) señalaron como zonas con alta contaminación aquellas que presentan contenidos de materia orgánica iguales o superiores al 20% encontrándose valores cercanos al mismo en las estaciones 13, 22, 24, 25 y 26 en el golfo de Cariaco, lo que evidencia una clara intervención del ecosistema, que de no ser controlada alcanzará los niveles de contaminación señalados por estos autores.

## Carbono orgánico (CO)

El carbono orgánico forma la mayor parte de la materia orgánica y es un parámetro que refleja el índice de fertilidad de los sedimentos de un ecosistema costero y de los sedimentos profundos de mares y océanos. Los ambientes costeros se caracterizan por recibir importantes aportes de materia orgánica que sedimentan rápidamente debido a su escasa profundidad (Hedges, 1992).

Los valores de carbono orgánico (figura 7) variaron desde un mínimo de 0,04 hasta un máximo de 2,85%, en las estaciones 16 y 2 respectivamente, con un valor promedio de 1,52% (Tabla A2). Las concentraciones más elevadas se detectaron hacia el sector nor-occidental cerca de la zona conocida como la Calentura y en la región Centro-Occidental y sur cerca de Pericantar. El análisis estadístico (Tabla 3) indicó que existe correlación positiva significativa entre la materia orgánica y el carbono orgánico.

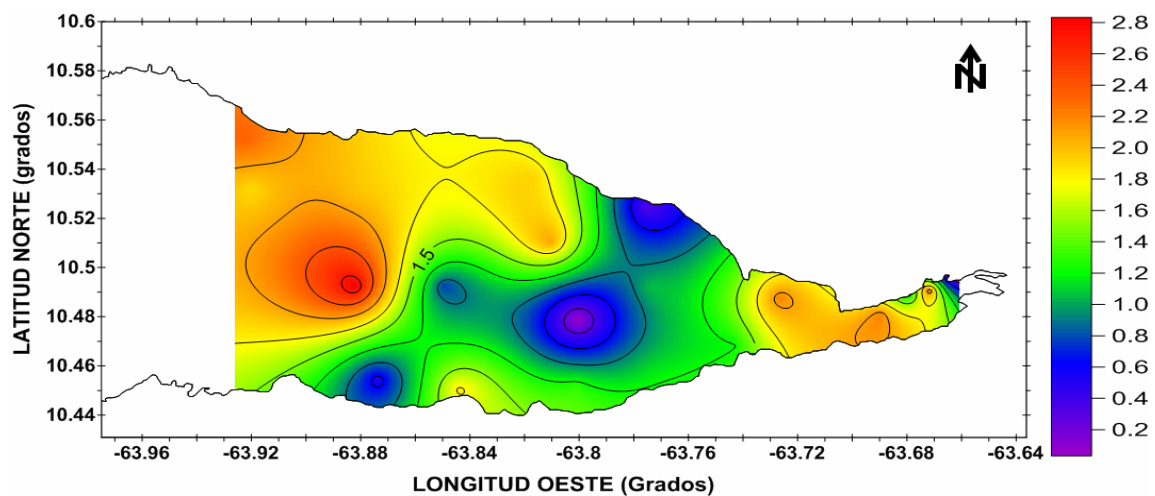


Figura 7. Distribución espacial de carbono orgánico (%) en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Mudarra (2000) señaló para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido valores de CO relativamente más altos a los obtenidos en este estudio,



oscilando entre 2,30 y 6,19% con un promedio de 4,06%, indicando su relación con sedimentos de grano fino. El autor establece que los valores altos de CO están relacionados con las características granulométricas de los sedimentos de tipo limo-arcilloso, además de la incorporación autóctona *in situ*, favorecida por los procesos de degradación de la materia orgánica. Al igual que en otros ecosistemas costeros, el CO presentó valores altos, promedio de 4,39% en los sedimentos de la laguna de Chacopata (Fuentes *et al.*, 1997), 4,18% en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco (Bonilla y Lin, 1979) y 5,56% en la Cuenca de Cariaco (Bonilla, 1993).

## **Metales trazas**

### **Cadmio (Cd)**

El cadmio es un constituyente natural de algunas rocas, encontrándose en forma de sulfuro, carbonato y óxido de cadmio. De esta forma son prácticamente insolubles en agua, pero en la naturaleza se pueden transformar como compuestos más solubles (nitratos y haluros).

Un informe, elaborado por Organización Mundial de la Salud señala que el lavado de las rocas enriquece, con cantidades significativas de cadmio, los ambientes acuáticos (Williams, 1987). Más aún, en ecosistemas marinos muy productivos, el cadmio puede provenir del fitoplancton muerto que se deposita en el fondo (González *et al.*, 2006). Este podría ser el caso del ecosistema en estudio.

En los sedimentos, este metal se adsorbe fuertemente en la materia orgánica y puede ser muy tóxico, cuando es ingerido por los organismos bentónicos, ya que no se le conoce ninguna función biológica y puede biocumularse en ellos. Aunque la susceptibilidad al cadmio puede variar ampliamente entre organismos acuáticos, se sabe que los organismos de agua salada son más resistentes al envenenamiento por cadmio que organismos de agua dulce (Andres *et al.*, 2000).

La figura 8, muestra la distribución espacial del contenido de cadmio total en los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco, donde las concentraciones del metal variaron entre 0,40 mg/kg para la estación 1 y 7,13 mg/kg en la estación 22, con un valor promedio de 2,91 mg/kg (Tabla A7).

La mayor concentración se detectó hacia la costa Norte del Golfo cerca del sector costero conocido como La Calentura, centro del golfo y cerca de la zona de Guacarapo; probablemente la acumulación de este metal en esa zona es causada por varios factores como: la alta actividad pesquera, el tráfico de pequeñas embarcaciones, tanto líquidos como sólidos generados por las actividades desarrolladas por los pobladores; este valor está asociado a los sedimentos areno-limosos.

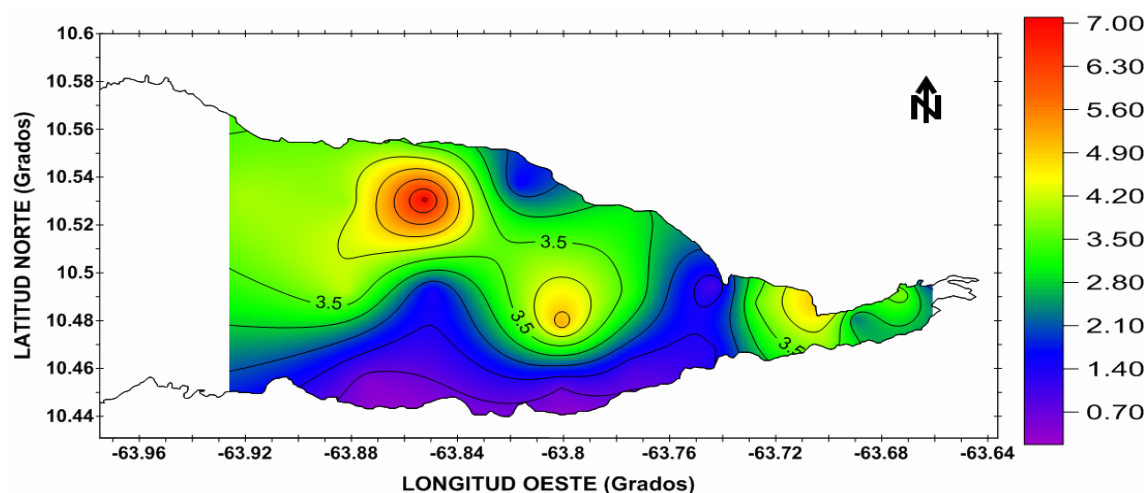


Figura 4. Distribución espacial de cadmio total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

El fraccionamiento del cadmio (Figura 9) muestra una variación en sus concentraciones en toda el área costera, en la F1 que corresponde a los metales intercambiables no se detectaron concentraciones en la estaciones 23 y 24 y se presentó el valor máximo en la estación 22 con concentración de 2,08 mg/kg, probablemente por su alto contenido de arena, presentándose un promedio de 0,35 mg/kg (Tabla A3, A4, A5, A6).

Las concentraciones de Cd intercambiable (F1) se consideraron menores que los metales ligados a los carbonatos (F2) y los metales unidos a la materia orgánica (F3), pero mayores que los metales de origen litogénico (F4), lo que indica que pueden existir fuentes antrópicas probables como las actividades domésticas y agrícolas que aumenten su procedencia en la zona.

Los valores encontrados en la F2 fueron mayores que las demás fracciones, presentando un máximo de 3,83 mg/kg en la estación 23 y un mínimo de 0,14 mg/kg en la estación 1, con un promedio de 1,61 mg/kg, las cuales podrían estar asociadas a la textura del sedimento, lo que trae como consecuencia que puedan regularse las concentraciones en el agua de mar en pequeñas proporciones, probablemente porque la adsorción del Cd en la superficie de los carbonatos es estable (Sadiq, 1992).

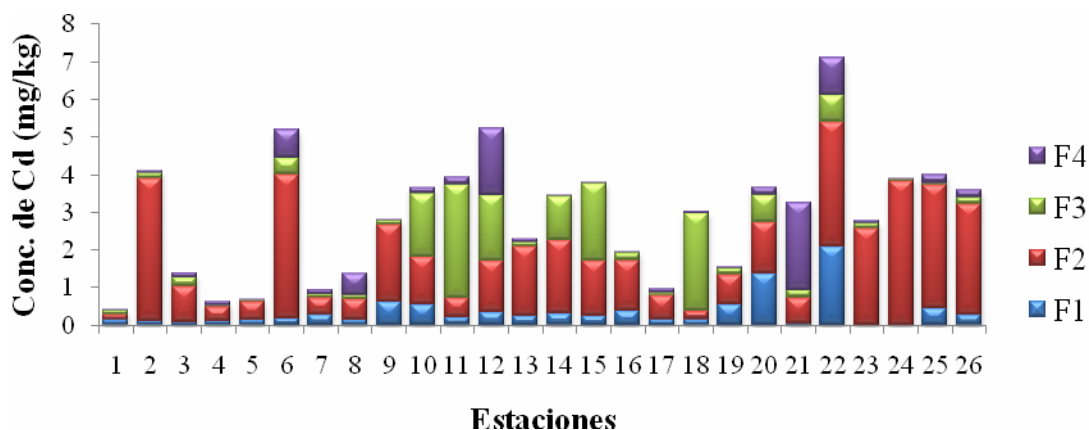


Figura 5. Concentraciones de Cadmio en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

El cadmio se encontró principalmente asociado a los carbonatos (55,33 %), la materia orgánica y sulfuro (21,31%) y, en menor proporción (12,02%) los metales intercambiables y la fracción residual (11,33%). Este comportamiento puede explicarse en base a que el cadmio, en los sedimentos marinos, generalmente existe como iones divalentes positivamente cargados, y presenta una fuerte afinidad geoquímica con el

calcio, coprecipitando en los carbonatos, y puede ser asimilado por el fitoplancton, bioacumulándose y biomagnificándose en la materia orgánica (Sadiq, 1992).

Un resultado similar fue descrito por Martínez (2002) en un análisis de los sedimentos superficiales en la misma área; aunque, cabe destacar que los valores encontrados por él, en la región Sur del Golfo igual a 1,20 mg/kg, son un poco menores a los encontrados en el presente estudio.

Estos altos valores pueden ser consecuencia de las actividades humanas desarrolladas en la zona, ya que en dicha región existe una gran actividad agrícola. Acosta *et al.* (2002) reportaron niveles muy superiores (23,70 mg/kg), en boca de Paparolo que indica un origen doméstico-industrial. También en el estudio realizado por Márquez (2003) obtuvo un valor promedio igual a 0,11 mg/kg en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, valor bastante bajo en comparación con los encontrados en el sector oriental del Golfo de Cariaco.

#### Cinc (Zn)

El cinc es un elemento relativamente abundante en la naturaleza (70 mg/kg en la corteza terrestre) y que resulta esencial para los seres vivos, pero puede ocasionar toxicidad en los organismos marinos a elevadas concentraciones. La contaminación por este metal ocurre normalmente en los ecosistemas costeros que son afectados desde el litoral por vertidos urbanos e industriales, los cuales originan un incremento de sus concentraciones en agua y sedimento (Cobelo *et al.*, 2003). Este elemento posee una amplia aplicación en la industria química y metalúrgica; sus aleaciones con aluminio se han utilizado recientemente en la industria automovilística y en la construcción por su alta resistencia a la corrosión. Es utilizado en la fabricación de pinturas, productos agrícolas y en las imprentas litográficas (Moore y Ramammorthy, 1984; Rodríguez, 2007).

Las concentraciones totales de cinc variaron entre un máximo 112,19 mg/kg en la estación 12 y un mínimo de 18,84 mg/kg en la estación 1, con un promedio de 59,58 mg/kg. En la distribución espacial total del Zn (figura 10) se muestra que las altas concentraciones se encuentran ubicada cerca del desagüe de la industria camaronera «Aquacam» frente de la zona de Guacarapo.

Martínez (2002) encontró para los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco un valor promedio de cinc total de 57,66 mg/kg; este valor es muy similar a los promedios encontrados en el presente estudio y pueden estar asociados tanto a las características granulométricas del sedimento como al contenido de materia orgánica que prevalece en dichos sedimentos. Mudarra (2002) reportó un promedio de zinc total de 35,50  $\mu\text{g/g}$  para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido, valor que es inferior tanto al reportado para sedimentos no contaminados como a los encontrados en el presente estudiado. Márquez (2003) en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, obtuvo un promedio de cinc total de 58,63 mg/kg, valor que es similar al promedio reportado para este estudio.

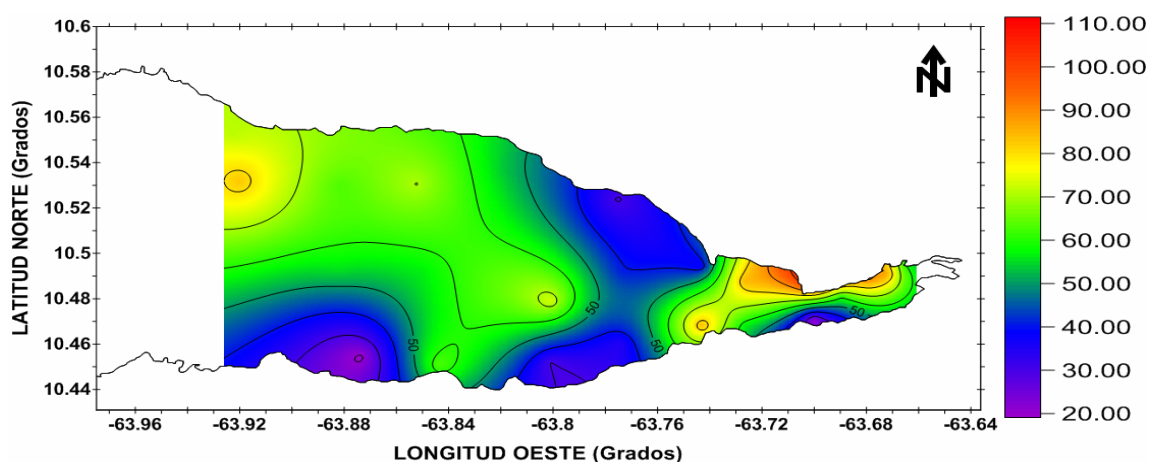


Figura 6. Distribución espacial de cinc total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

El fraccionamiento geoquímico del Zn (Figura 11), mostró que en la F1 se registro un valor no detectado como mínimo en las estaciones 21, 23 y 24 y un máximo de 16,29 mg/kg en la estación 22, con un promedio de 2,24 mg/kg. Estas

concentraciones, son probablemente debidas a algunos compuestos de Zn solubles que tienen capacidad de absorberse sobre los sedimentos y lodos en los lechos de los ríos, donde, parte de estos materiales llegan al mar a ser transportados por las corrientes hasta la desembocadura de dichos ríos (Castellar, 2004). La F2 y F3 se obtuvieron en mayor proporción que la F1 y F4. Para la F2, se observó un máximo de 54,59 mg/kg y un mínimo de 6,81 mg/kg, con promedio de 30,13 mg/kg (Tabla A2, A3, A4, A5); posiblemente, estos valores se deban a que los metales biodisponibles en esta zona son arrojados directamente de fuentes antropogénicas.

En la F3, las concentraciones de este metal variaron entre un máximo de 39,55 mg/kg y un mínimo de 0,43 mg/kg con un promedio de 16,20 mg/kg, posiblemente debido a que el Zn se encuentra asociado con la fracción del grano fino y relacionado fuertemente con el carbono orgánico (Sadiq, 1992). Para la F4, se determinó que este metal presentó mayor proporción que la F1, con un máximo de 56,55 mg/kg en la estación 8 y un mínimo de 0,72 mg/kg en la estación 5 con un promedio de 11,01 mg/kg.

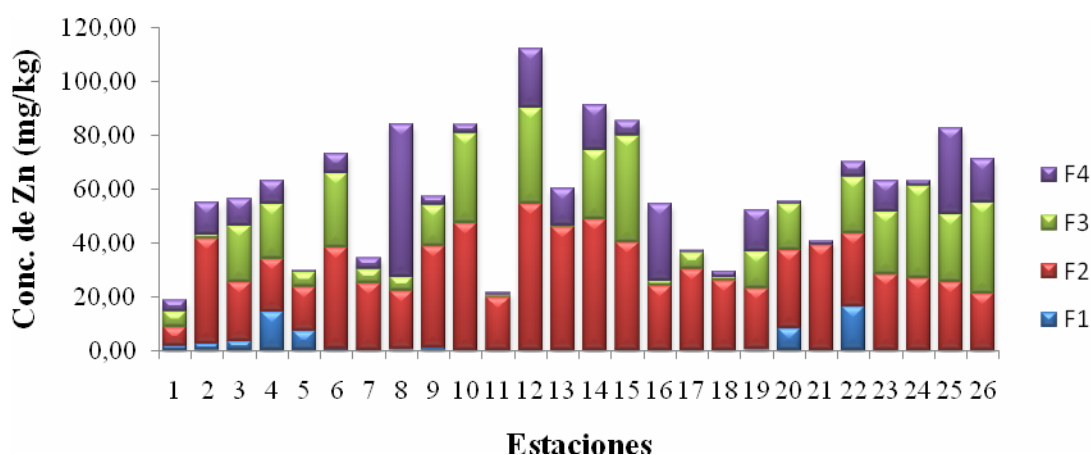


Figura 7. Concentraciones de Cinc en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Lewis *et al.* (1992) indican que las concentraciones de Zn en el agua de los océanos son menores a  $1,53 \times 10^{-3}$   $\mu\text{mol/l}$ , pero en áreas costeras y estuarios siempre son más altas debido a los aportes antrópicos de las aguas industriales y urbanas, pasando el

metal a formar parte del sedimento. En los valores reportados por Bonilla *et al.* (1998) en los sedimentos del ecosistema marino-costero de Jose, se encontró un máximo de 168,14 mg/kg y un mínimo de 35,82 mg/kg, valores superiores a los hallados en el Golfo de Cariaco. De la misma manera Martínez *et al.* (2002) reportaron en los sedimentos de la Bahía de Bergantín un valor máximo de 2613,52 mg/kg, también mayor al determinado en el golfo.

### Cobalto (Co)

El cobalto es un elemento que se encuentra distribuido en la naturaleza y forma aproximadamente, el 0,001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre. El cobalto se usa para aleaciones en la manufactura de motores de aviones, imanes, herramientas para triturar y cortar y articulaciones artificiales para la rodilla y la cadera, aleaciones magnéticas, fusiones para máquinas y herramientas y la amalgama dental y quirúrgica, llamada vitallium.

Los compuestos de cobalto se usan también para colorear vidrio, cerámicas y pinturas y como secador de esmaltes y pinturas para porcelana y tiene gran variedad de aplicaciones industriales, incluso se usan como catalizadores, y en agricultura para remediar la deficiencia de cobalto en el suelo y en la vegetación. Los resultados de la ingesta y acumulación de altas concentraciones de cobalto sobre los efectos de la salud, son: vómitos y náuseas, problemas de visión y del corazón. Los humanos añaden cobalto por liberación de pequeñas cantidades en la atmósfera por la combustión de carbón y la minería, el procesado de minerales que contiene cobalto y la producción y uso de compuestos químicos con cobalto (Velásquez, 2005).

En la figura 12, la distribución espacial de cobalto total (mg/kg) muestra que las concentraciones mayores se obtuvieron en la zona noreste del Golfo de Cariaco, observándose un máximo de 121,97 mg/kg en la estación 12 cerca de la zona de Guacarapo y un mínimo de 4,49 mg/kg en la estación 1 cerca de Marigüitar.

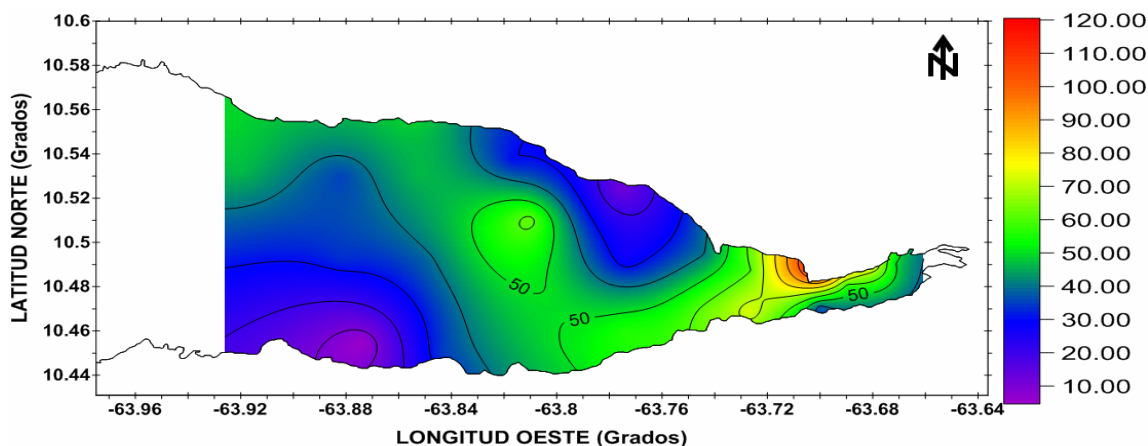


Figura 8. Distribución espacial de cobalto total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

En la figura 13, se muestra el fraccionamiento geoquímico, observándose una altas concentraciones de Co en las fracciones asociadas a materia orgánica (F3) y residuales (F4), con una mayor proporción en la fracción F3, indicando un valor máximo de 60,60 mg/kg en la estación 8 y un mínimo de 0,22 mg/kg en la estación 1, con un promedio de 32,95 mg/kg (Tabla A3, A4, A5, A6); es probable que estas concentraciones se deban a que este elemento puede entrar al agua y depositarse sobre el sedimento, cuando el agua de lluvia corre sobre el suelo y rocas que lo contienen, también por los desechos domésticos e industriales arrojados al mar. Para la F4, se obtuvo un máximo de 69,59 mg/kg en la estación 12 y un mínimo de 1,36 mg/kg en la estación 18, con un promedio de 13,89 mg/kg, esto ocurre probablemente porque se espera que éste se encuentre en forma de compuestos de coordinación, ya que presenta valencias variables en el fondo del mar (Castellar, 2004).

En este estudio, el Co presentó sus mayores porcentajes en las fracciones asociadas a la materia orgánica (F3), la cual puede ser considerada como potencialmente biodisponibles (68,92%), y la fracción residual (29,05%); la fracción intercambiable y la fracción asociada a los carbonatos, presentaron porcentajes mínimos de cobalto en todo el ecosistema, lo que indica que el cobalto presente en el sector oriental del Golfo de Cariaco puede ser aportados al ecosistema por fuentes naturales.



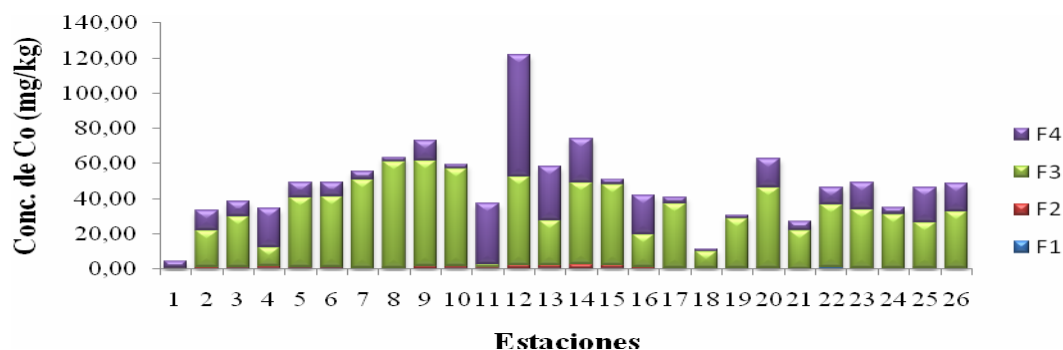


Figura 9. Concentraciones de Cobalto en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

### Cobre (Cu)

El cobre es un elemento abundante en la corteza terrestre y esencial para los organismos vivos por su rol catalítico, en muchos sistemas enzimáticos. Producto de la revolución industrial, su uso ha sido reconocido en el campo de diferentes industrias como la eléctrica, construcción, automotriz y en la conservación de la madera. El Cu está presente en muchas formas químicas, orgánicas e inorgánicas, principalmente en formas de sulfatos, carbonatos y sulfuros de hierro y cobre (calcopirita). Tiene tendencia a concentrarse en los óxidos de manganeso sedimentarios y en fracciones de minerales arcillosos, especialmente ricos en carbono orgánico. También, tiene mucha facilidad de adsorberse sobre las partículas sólidas en suspensión e incorporarse rápidamente al sedimento. El 90 % del Cu en un sistema acuático forma complejos con la fracción húmica en disolución (Doménech, 1995).

La figura 14 muestra la distribución espacial de las concentraciones de cobre total (mg/kg) presentando un máximo de 24,85 mg/kg en la estación 12 y un mínimo de 1,55 mg/kg en la estación 1, con un promedio de 8,44 mg/kg; indicando que los valores máximos se denotaron hacia la costa noreste del golfo , así como también en la estación 19 la cual se encuentra ubicada entre el centro del sector costero conocido como La Calentura y Guacarapo, principalmente asociados a los sedimentos areno-limosos.

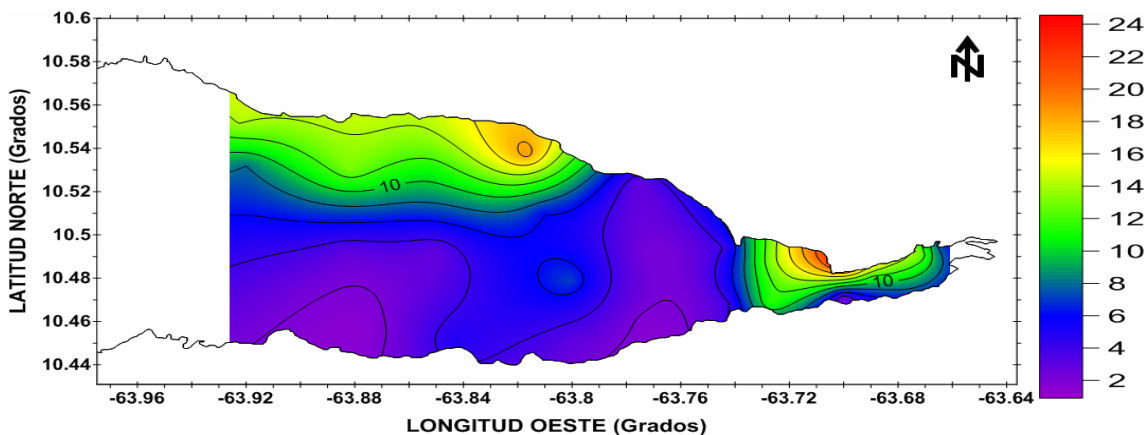


Figura 10. Distribución espacial de cobre total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Martínez (2002) reportó un valor promedio de cobre total para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco de 10,39 mg/kg, este valor es superior al promedio encontrado en el presente estudio. Mudarra (2002) publicó un promedio del metal total de 0,99 mg/kg, para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido, sugiriendo que no existe contaminación en dicho ecosistema y que las concentraciones moderadamente bajas encontradas son debido al posible aporte terrígeno y natural de este metal en dicho ecosistema, el valor medio reportado por este autor es bastante inferior a los encontrados en el presente estudio. Márquez (2003) en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, reportó un promedio de cobre total de 3,96 mg/kg, valor que es inferior a los promedios reportados para este estudio.

Con respecto al fraccionamiento geoquímico de cobre (Figura 15), se muestra la ausencia de este metal en la F1 y en la F2 para la mayoría de las estaciones. Notándose que para la F1 se observó un máximo en la estación 25 de 4,20 mg/kg y para la F2 en la estación 18 de 0,36 mg/kg. La mayor concentración correspondió a la F3, con un máximo de 22,15 en la estación 12 y un mínimo de en la estación 4 de 1,21 mg/kg, con un promedio de 6,59 mg/kg (Tabla A3, A4, A5, A6); probablemente el cobre encontrado se encuentra altamente asociado a la materia orgánica o a sulfuros, debido a que tiene tendencia a encontrarse en los óxidos de manganeso sedimentarios y en fracciones de arcilla, especialmente rica en carbono orgánico (Castellar, 2004).

Finalmente, se observó que en la F4 los valores oscilaron con un máximo de 4,51 mg/kg en la estación 13 y un mínimo en la estación 2 de 0,03 mg/kg, con un promedio de 1,55 mg/kg. Esto podría depender de la acumulación y formas orgánicas e inorgánicas de este elemento en presencia de otros aniones por su afinidad, liberándose el  $\text{Cu}^+$  a  $\text{Cu}^{2+}$  por oxidación del agua de mar (Sadiq, 1992)

La especiación geoquímica del Cu mostró que la fracción F3, asociada a la materia orgánica y sulfuros y la matriz sedimentaria constituyen las principales fases de acumulación de Cu en los sedimentos del sector oriental del golfo de Cariaco. Este comportamiento puede indicar que la mayor parte del contenido total de Cu presente en los sedimentos es de origen biogénico, permitiendo una distribución del metal en todas las fases del sedimento con la mayor proporción en la materia orgánica y en la fracción residual.

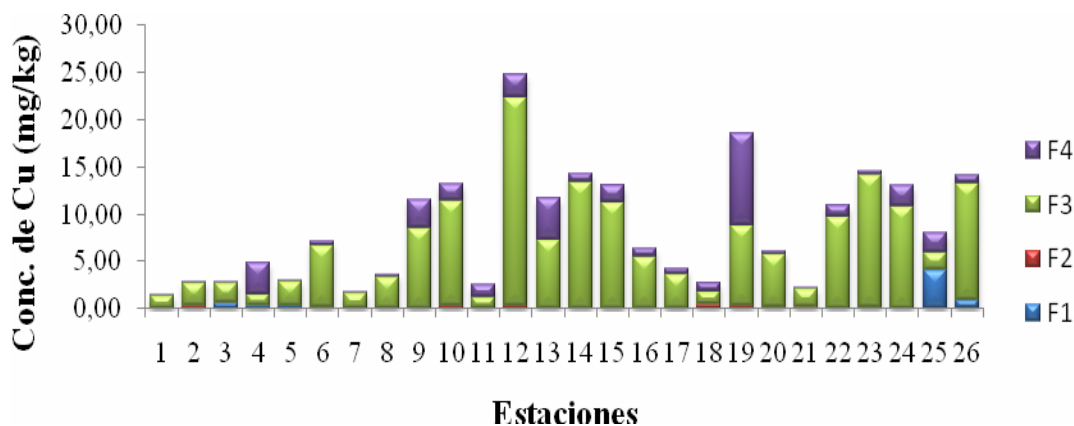


Figura 11. Concentraciones de cobre en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Las concentraciones determinadas en la presente investigación son inferiores a los contenidos de cobre reportados por Martínez (2002), quien señala valores promedios de 17,99 mg/kg para la costa norte del golfo de Cariaco. Valores altos de Cu, como producto de las actividades antropogénicas, han sido reportados en los sedimentos de la Laguna de Píritu, estado Anzoátegui, Venezuela (Bonilla y González 1992). Gamboa *et*

*al.* (1983) señalaron un promedio de cobre, para los sedimentos de la Cuenca Tuy-Cariaco de 12,11 mg/kg; Gamboa *et al.* (1986) registraron un promedio de 16,46 mg/kg en la Bahía de Guanta, 13,15 mg/kg en la Bahía de Barcelona, 13,33 mg/kg en la Bahía de Bergantín, 8,37 mg/kg en la Bahía de Pertigalete, y 9,25 mg/kg en la Bahía de Pozuelos.

## Hierro (Fe)

El hierro es un metal muy abundante en la corteza terrestre, encontrándose como óxido de hierro en minerales como el oligisto y la magnetita, materias primas para la obtención industrial del hierro puro. Por encontrarse en grandes proporciones en la corteza terrestre, suele incrementar su concentración en ambientes marinos, en períodos de lluvias. Los ríos y escorrentías continentales son las vías de transporte más importantes del hierro hacia estos ambientes donde es un micronutriente esencial para el fitoplancton y puede ser un factor limitante para su crecimiento (Wells y Mayer, 1991).

La figura 16, muestra la distribución espacial de las concentraciones de hierro total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, presentando un máximo de 27.692 mg/kg en la estación 12 y un mínimo de 1.5434 mg/kg en la estación 1, con un promedio de 12.613 mg/kg (Tabla A7). Las mayores concentraciones de este metal se localizaron hacia la costa norte, sur y centro del área estudiada, donde el predominio de sedimentos areno-limosos y limo-arenosos favorecen la adsorción de este elemento. Estas altas concentraciones pueden estar relacionadas con los procesos biogénicos y a los procesos de corrosión que se efectúan en ambientes marinos, produciéndose la precipitación de oxidohidróxidos de hierro y manganeso.

El fraccionamiento de hierro en los sedimentos superficiales de Golfo de Cariaco (Figura 17) indicó que, para la fracción F1, el promedio fue de 0,94 mg/kg, con un máximo de 12,49 mg/kg en la estación 12 y un mínimo de no detectado en varias estaciones; para la fracción F2 el promedio fue de 2.115,70 mg/kg, representando tan

solo el 16,77%, con un valor máximo en la estación 2 de 8.024,29 mg/kg y un mínimo de 232,94 mg/kg en la estación 19; para la fracción F3 el promedio fue 7.865 mg/kg, lo que representa un 62,36% del total; presentando un valor máximo de 15.891 mg/kg y un mínimo de 29,02 mg/kg.

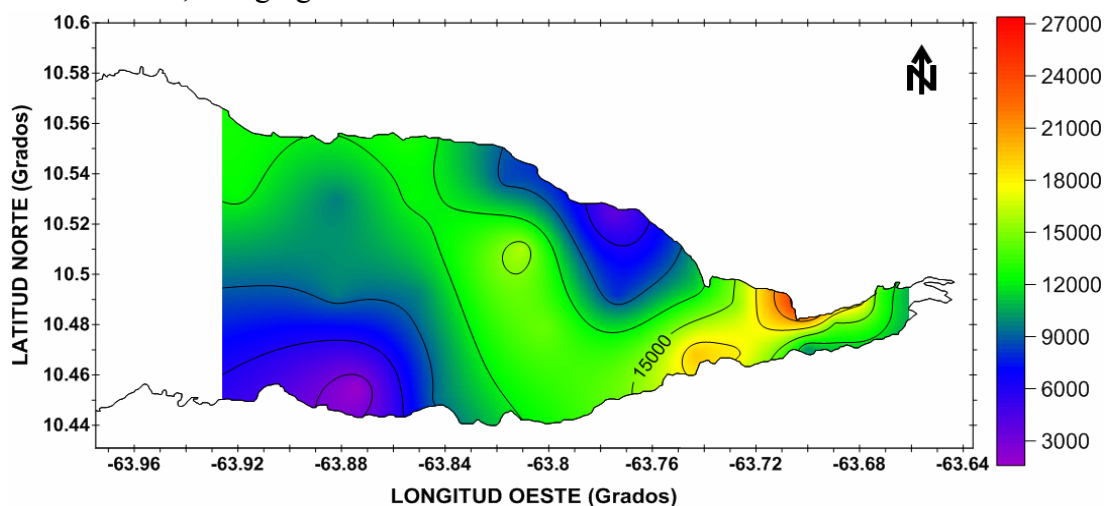


Figura 12. Distribución espacial de hierro total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Para la fracción F4, el promedio fue de 2.631,36 mg/kg, lo que equivale a 20,86%, presentando un valor máximo 7.945 de mg/kg y un mínimo de 16,90 mg/kg (Tabla A3, A4, A5, A6).

Se puede observar que las mayores proporciones se presentan en la F3, lo que indica que, este metal puede estar asociado fuertemente a la materia orgánica o al azufre que se deposita en los sedimentos de esta región marino-costera.

Las altas concentraciones de hierro son normales en las áreas costeras y estuarinas, especialmente por encontrarse en grandes proporciones en la corteza terrestre (Fermín, 2002). Además se asocia con un grado de actividad abiótica en donde el hierro participa a través de la degradación de la materia orgánica (Sadiq, 1992).

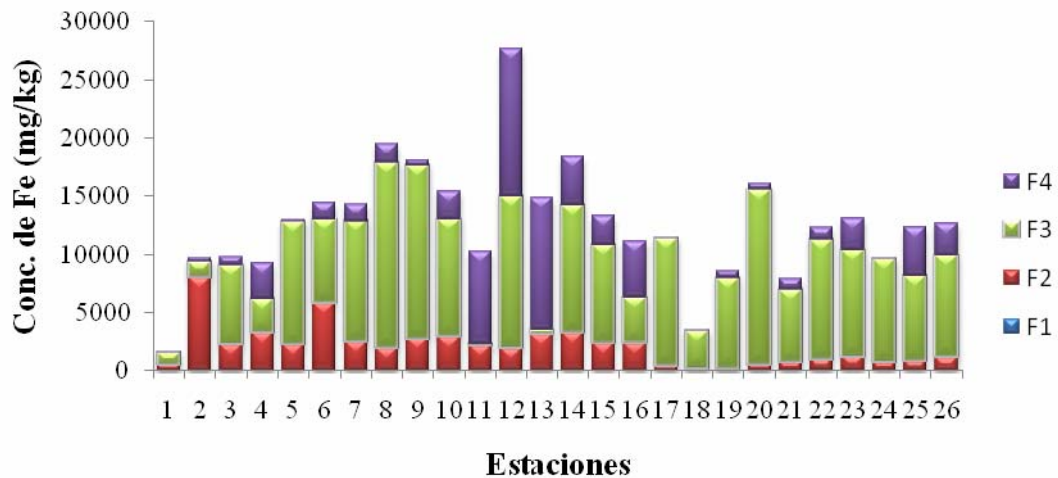


Figura 13. Concentraciones de hierro en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Comparando los valores hallados por López (2002) de 1.458 mg/kg en los sedimentos superficiales de la Laguna de Píritu se consideró inferior que las concentraciones determinadas en el sector oriental del Golfo de Cariaco, debido a que el Fe es liberado desde muchas fuentes, mientras que en sedimentos superficiales de la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná se hallaron valores de 20.148 mg/kg (Landaeta, 2002), mayores a los reportados en este estudio.

#### Manganeso (Mn)

El manganeso es un metal esencial en las reacciones enzimáticas; es ampliamente utilizado en la industria del acero, como aleaciones con otros metales que lo hacen resistente a la corrosión del mar, por lo que se utiliza en la fabricación de barcos y torpedos y en forma de cables para mediciones eléctricas de alta precisión, ya que su conductividad eléctrica casi no varía con la temperatura; por otra parte, es también uno de los elementos químicos de singular importancia en los ambientes acuáticos, ya que presenta una gran reactividad, especialmente en sistemas estuarinos, y la alta capacidad de adsorción que poseen los óxidos de manganeso en forma coloidal y en las partículas suspendidas, contribuyen significativamente en la caracterización y el comportamiento

estuarino de otros metales (Moore y Ramammorthy, 1984; Viarengo, 1985; Martínez, 1999).

La figura 18 muestra la distribución espacial total de manganeso (mg/kg), indicando que este metal presenta altas concentraciones hacia el extremo oriental del ecosistema, con variaciones entre un máximo en la estación 12 de 106,56 mg/kg y un mínimo de 6,10 mg/kg en la estación 18, con un promedio de 46,95 mg/kg. Esta distribución es posiblemente debido a los aportes del río Carinicua en el saco y a las actividades antrópicas que se desarrollan en el sector de Pericantar.

Martínez (2002) reportó un valor promedio de Mn total para los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco de 74,11 mg/kg, siendo mayor que los encontrados en esta zona de estudio. Mudarra (2002) publicó un valor promedio del metal total de 17,00 mg/kg para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido y atribuyó este comportamiento a la evolución del tipo de sedimento, así como también al aporte terrígeno que favorece los procesos abióticos por las condiciones redox que pueden existir. El valor promedio reportado por este autor es bastante inferior a los encontrados en el ecosistema estudiado. Márquez (2003) en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, reportó un promedio de Mn total de 55,26 mg/kg, y señaló que estas altas concentraciones del metal pueden ser de origen natural ya que el manganeso se encuentran asociados a los oxihidróxidos y también se puede inferir que estos pueden provenir de efluentes domésticos e industriales.

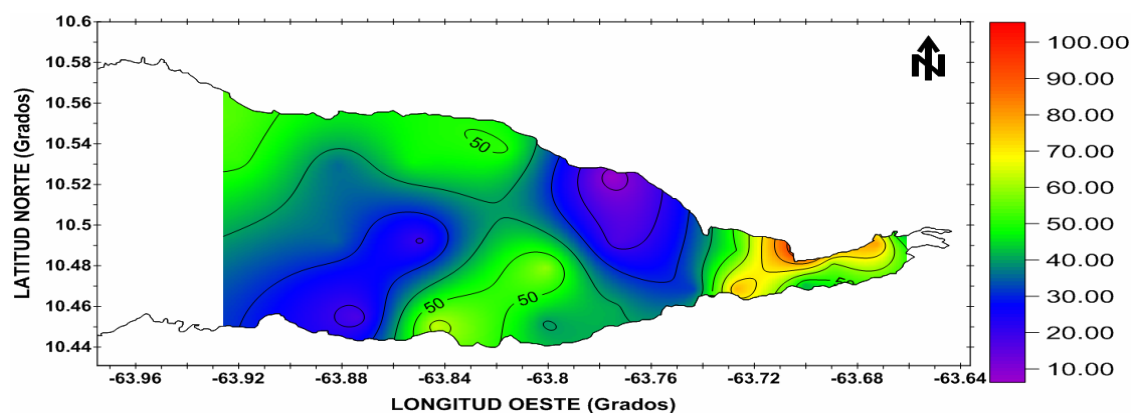


Figura 14. Distribución espacial de manganeso total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

El fraccionamiento geoquímico de manganeso (Figura 19) muestra que la fracción F1, al igual que para los metales Fe y Zn, presentó las menores concentraciones con un máximo en la estación 22 de 16,69 mg/kg y no detectado en la estación 24, con un promedio de 2,13 mg/kg. La presencia de Mn puede ser causa de las fuentes litogénicas, domésticas y agrícolas; para la F2 el promedio fue de 12,76 mg/kg, lo que equivale 27,18%, con un máximo de 33,16 mg/kg (Est. 2) y un mínimo de 0,5 mg/kg (Est.18); para la F3 el promedio fue 23,72 mg/kg, que representa un 50,52% del Mn total, presentando un máximo en la estación 12 de 66,57 mg/kg y un mínimo de 3,56 mg/kg en la estación 1. Para la F4, el promedio fue de 8,35 mg/kg, representando tan solo el 17,78%, con variaciones entre 31,84 mg/kg (Est. 12) y un mínimo de 0,05 mg/kg (Est. 18) (Tabla A3, A4, A5, A6).

De acuerdo a las concentraciones determinadas en este estudio, el manganeso se encuentra principalmente asociada a la materia orgánica y al azufre, la cual es considerada como potencialmente biodisponible. También es notable la asociación del metal con los carbonatos, como consecuencia de los procesos de adsorción y coprecipitación del Mn con  $\text{CaCO}_3$  en los sedimentos superficiales (Velásquez, 2005). Igualmente, se observó la presencia de Mn intercambiable, como indicador de los aportes domésticos en la zona.

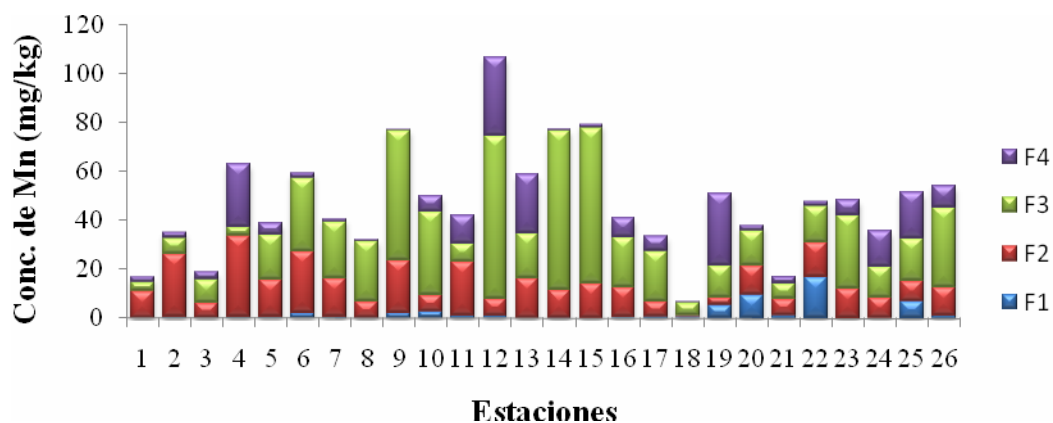


Figura 15. Concentraciones de manganeso en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.



Investigaciones previas han reconocido la dependencia de las concentraciones de Mn con factores como presión, temperatura, salinidad, textura del grano, y condiciones redox en los sedimentos (De Lange, 1986).

## Níquel (Ni)

El níquel es un elemento muy abundante, constituye cerca de 0,008% de la corteza terrestre y 0,001% de las rocas ígneas. En algunos tipos de meteoritos hay cantidades apreciables de níquel, y se piensa que existen grandes cantidades en el núcleo terrestre. El níquel está en pequeñas cantidades en plantas, animales, agua de mar y petróleo y en grandes cantidades en el carbón (Morales y Ávila, 1999). El níquel es liberado al aire en las emisiones de las plantas de energía e incineradoras de basuras. Este se deposita en el sedimento después de ser arrastrado por las gotas de lluvia. Usualmente, para que el níquel sea eliminado del aire se requiere un largo periodo de tiempo. Este metal puede terminar en los medios acuáticos cuando es transportado en las aguas residuales. La mayoría de los compuestos del níquel liberados al ambiente se adsorberán en los sedimentos o en partículas del suelo, donde llegan a inmovilizarse (Fermín, 2002). La Figura 20 señala la distribución espacial del contenido de níquel total (mg/kg) en los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco, donde las concentraciones del metal variaron entre 3,17 mg/kg para la estación 1 y 27,04 mg/kg en la estación 25, con un valor promedio de 13,38 mg/kg (Tabla A3). La mayor concentración se detectó hacia la costa noroccidental del Golfo cerca del sector costero conocido como La Calentura; este valor está asociado a sedimentos areno-limosos.

Martínez (2002) publicó valores de Ni total de 22,80 mg/kg para la costa norte del golfo; 10,29 mg/kg para la costa sur del golfo y 34,17 mg/kg para la zona central del golfo de Cariaco, concentraciones mayores a las encontradas en el presente trabajo, exceptuando la costa sur, que dicho promedio fue un poco menor. Mudarra (2002)

reportó un valor promedio de 2,00 mg/kg, para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido, considerando que no existe contaminación por este metal en este ecosistema, ya que este valor es menor que el límite señalado por Sadiq (1992).

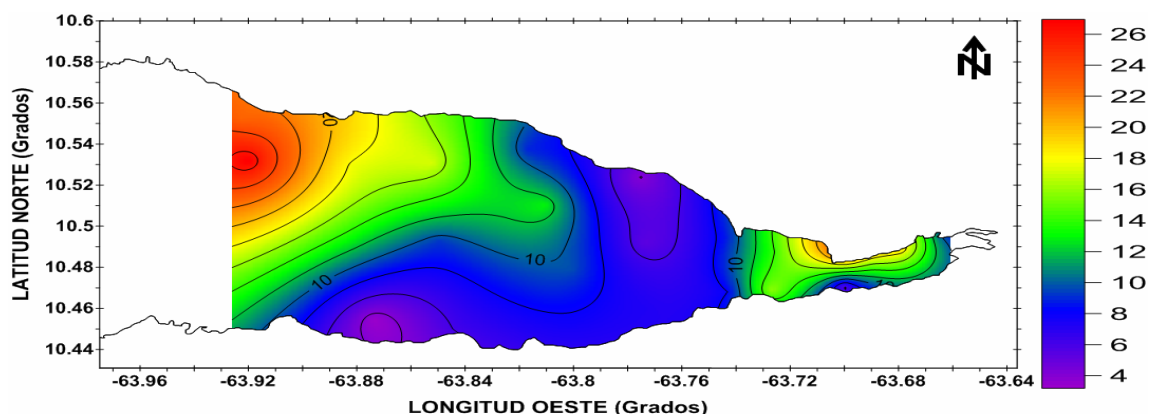


Figura 16. Distribución espacial de níquel total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

El fraccionamiento de níquel (Fig. 21) muestra que las menores proporciones del metal se presentan en la fracción F1 con valores que oscilaron entre no detectado en las estaciones 21, 23 y 24 y un máximo de 1,85 mg/kg, con un promedio de 0,37 mg/kg. Para la fracción F2, el Ni se obtuvo en la mayoría de las estaciones con un máximo de 10,80 mg/kg en la estación 2 y un mínimo de 1,40 mg/kg en la estación 18, con un promedio de 5,21 mg/kg, en esta fracción se determinaron mayores concentraciones que en las fracciones F3 y F4, este resultado podría estar asociado a la textura del sedimento o que el Ni que se encuentra en el Golfo de Cariaco es de origen antropogénico (Tabla A3, A4, A5, A6). El estudio geoquímico muestra que el Ni presente en los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco tiene una mayor asociación con los carbonatos (F2), indicando un origen autóctono (42,08%), tanto biogénico como evaporítico. También existe una proporción considerable de origen litogénico (F4: 16,80%).

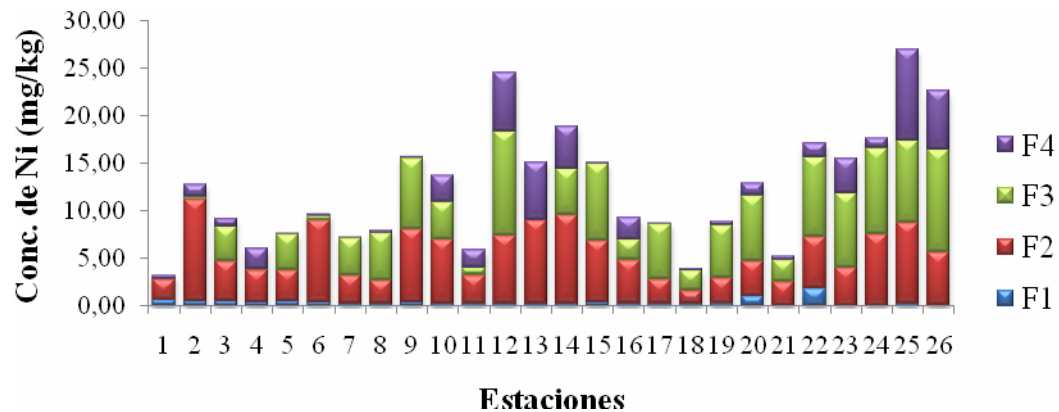


Figura 17. Concentraciones de níquel en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

### Plomo (Pb)

El plomo es uno de los metales más antiguos conocidos por el hombre. Desde la época medieval ha sido utilizado en tuberías para cañerías, materiales de construcción, soldaduras, pinturas, explosivos y municiones (Sadiq, 1992). Más recientemente, este metal es usado principalmente en baterías, en aditivos para la gasolina, en soldaduras y líquidos anticorrosivos y pinturas decorativas (Demayo *et al.*, 1984; Moore y Ramammorthy, 1984; Sadiq, 1992). Es uno de los metales más dañinos para la salud humana, puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%) (Díaz, 2008). Como el Cd, el Pb es muy tóxico y no se le conoce función biológica en los seres vivos. Este metal puede acumularse en los organismos acuáticos y organismos bentónicos, afectando su salud, por envenenamiento. Sus efectos sobre los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando solo hay pequeñas concentraciones presente (Barceló, 1992).

La distribución espacial del plomo total (Fig. 22) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco muestra los valores más altos hacia la zona sur frente Pericantar y hacia la región central del golfo con niveles superiores a 20 mg/kg. Su mayor concentración se observó en la estación 8 con 41,89 mg/kg y un mínimo de no detectado en la estación 1, con un promedio de 13,87 mg/kg.

Martínez (2002) encontró para los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco un valor promedio de plomo total de 16,61 mg/kg, muy superior al valor de 5,00 mg/kg establecido por Sadiq (1992) para sedimentos no contaminados (Velásquez, 2004). Este valor reportado también es superior al promedio encontrado en el presente estudio. Para Martínez (2002), este resultado reflejó una fuerte influencia antropogénica en este ecosistema, y señaló como principales fuentes el tráfico de embarcaciones, mayormente con motores fuera de borda, los lastres de Pb en los aparejos de los pescadores y redes de pescar, los cuales van a parar a los sedimentos del fondo. Mudarra (2002) reportó un valor medio de plomo total de 31,57 mg/kg para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido, valor muy superior al reportado por Sadiq (1992) para sedimentos no contaminados, y es bastante superior a los encontrados en el presente estudiado. Márquez (2003) en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fé, obtuvo un promedio de plomo total de 2,41 mg/kg, valor que es inferior al reportado en este estudio.

El fraccionamiento de plomo en los sedimentos superficiales de Golfo de Cariaco (Figura 23) indicó que en la fracción F1 el promedio fue de 0,64 mg/kg, con un máximo de 1,00 mg/kg en la estación 20 y no detectado en la estación 1; para la fracción F2 el promedio fue de 1,67 mg/kg, representando tan sólo el 12,04%, con un valor máximo en la estación 23 de 3,43 mg/kg y un mínimo de no detectado en la estación 1; para la fracción F3, el promedio fue 3,78 mg/kg, lo que representa un 27,25% del total; presentando un valor máximo de 30,21 mg/kg en la estación 20 y un mínimo no detectado en la estación 1. Para la fracción F4, el promedio fue de 7,78 mg/kg, lo que equivale a 56,09%, presentando un valor máximo de 35,19 mg/kg y un mínimo de no detectado (Tabla A3, A4, A5, A6).

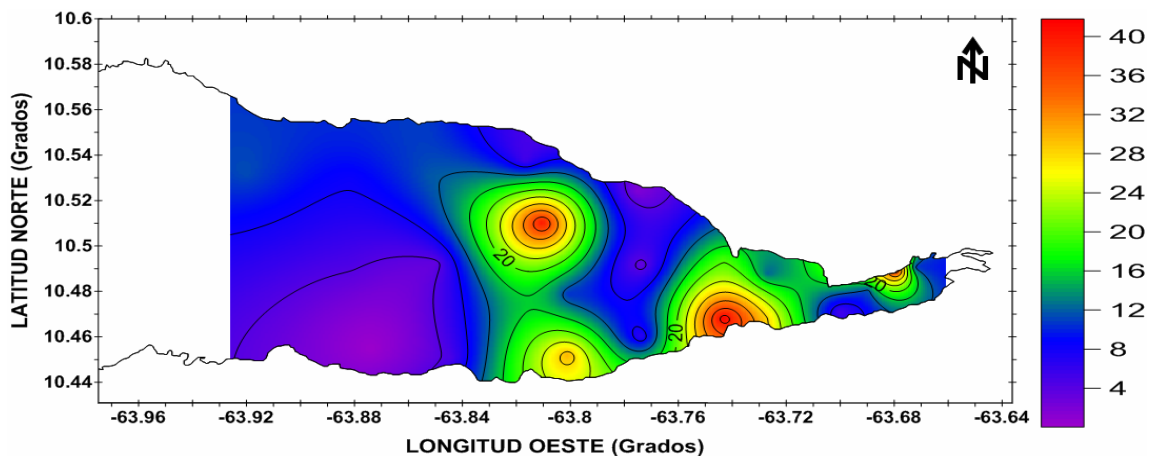


Figura 18. Distribución espacial de plomo total (mg/kg) en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Se puede observar que la mayor proporción de Pb se presenta en la fracción F4, indicando que el plomo presente en estos sedimentos superficiales puede ser producto principalmente de los minerales presentes en el ecosistema, además de las escorrentías límnicas que descargan sus aguas en este ecosistema marino-costero. Otra fracción importante de Pb en este ecosistema está asociada a la materia orgánica de origen tanto alóctona como autóctona (Castellar, 2004).

Villaescusa-Celaya *et al.* (1997) en un estudio realizado en la región fronteriza de Baja California (México) y California (EUA) reportaron que el porcentaje de plomo asociado a la fracción residual varió entre 34 y 88% del metal total, en contraste este metal en la fase intercambiable no acumuló más del 10%. Belzunce-Segarra *et al.* (1997) en sedimentos superficiales de la Ría de Vigo (España) reportaron entre 19 y 42% de plomo unido a las fracciones biodisponibles, y aproximadamente un 53% del plomo asociado a la fracción residual. Izquierdo *et al.* (1997) en sedimentos superficiales de la Bahía de Cádiz (España) reportaron que el plomo es uno de los metales que presenta una menor asociación con la fracción residual (< 50%). Por otra parte, presenta una importante proporción asociada a las fracciones móviles entre 23,4 y 33,1% e indicaron que esto es propio de zonas intervenidas que reciben aportes de este metal.

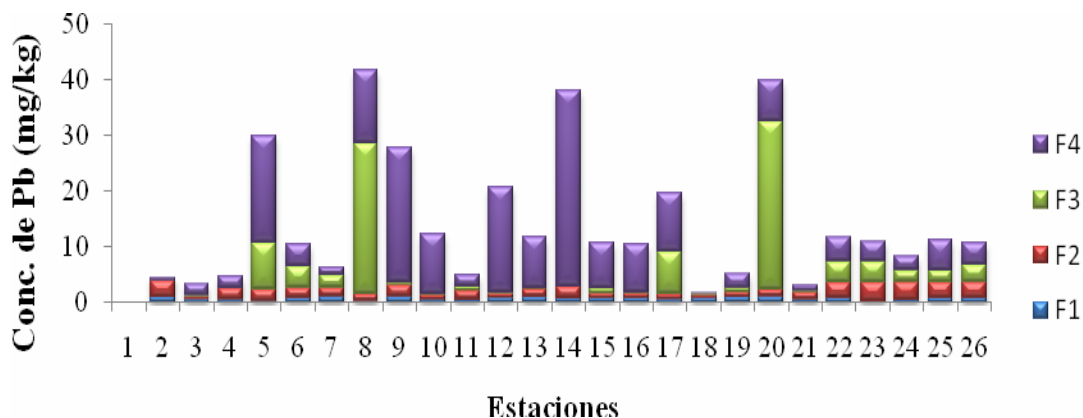


Figura 19. Concentraciones de plomo en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

### Análisis de correlación

Usando el análisis estadístico multivariante se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para establecer los grados de asociación existentes entre las diferentes variables analizadas en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco. Los resultados reflejados en la Tabla 3 muestran que la materia orgánica presenta una correlación positiva con cinco de los ocho metales estudiados (Cd, Cu, Mn, Ni, Zn), no se observa correlación con el cobalto, hierro y el plomo. También puede observarse que ésta presenta una fuerte correlación con el carbono orgánico.

Ahumada (1992) señala que por lo general los metales presentan correlación con la materia orgánica, ya que parece ser el factor determinante en la distribución y concentración de metales en los sedimentos superficiales de muchos ecosistemas marinos costeros, observación que ha sido corroborada por Rosales *et al.* (1986) y Palanques y Diaz (1994), entre otros. Rubio *et al.* (2000) señalan que existe una clara dependencia de los niveles de metales con respecto al contenido de materia orgánica en los sedimentos de la Ría de Vigo.

Asimismo, el análisis de correlación refleja una clara dependencia del tamaño del grano y las concentraciones de los metales estudiados: se observa una correlación

negativa de los metales con el porcentaje de arena, limo y positiva con la arcilla con el Mn y el Fe. Algunos estudios señalan que el tamaño de grano y los contenidos de materia orgánica de origen marino, terrestre y antropogénico constituyen los principales factores de control de la distribución de los elementos metálicos en los sedimentos de ambientes acuáticos (Gutiérrez-Galindo *et al.*, 1994; Naidu *et al.*, 1997; Shriadah, 1999; Rubio *et al.*, 2000).

Para los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco se puede inferir que la concentración de los metales está fuertemente controlada por el contenido de materia orgánica. Esto es consistente con las correlaciones positivas significativas entre los metales y la materia orgánica, al compararlos con la composición granulométrica de los sedimentos, las cuales fueron menos pronunciadas.

El hierro presenta correlación positiva significativa a altamente significativas con seis de los metales estudiados, excepto con el cadmio. Rubio *et al.*, (1995; 2000) afirman que las correlaciones de los metales con el hierro es el comportamiento esperado en condiciones naturales, ya que el hierro es un elemento definitorio de las características de los sedimentos, razón por la cual la relación del hierro con cualquier otro metal formará una tendencia lineal, lo contrario podría ser significativo de una contaminación antrópica.

El manganeso, presenta correlación con el cobalto, cobre, hierro y níquel. Por su parte, el cobalto, hierro, níquel y plomo presentan correlación entre ellos, lo que sugiere un mismo origen y un mismo sistema de transporte. Rosales *et al.* (1986) indica que es muy frecuente encontrar correlación entre varios metales y a su vez con el hierro y manganeso, sugiriendo una misma fuente y sistema de transporte, así como su adsorción en los óxi-hidróxidos de hierro y manganeso. Rubio *et al.* (2001) afirman que el contenido metales trazas y su correlación con otros parámetros en diferentes ecosistemas costeros exhiben un amplio rango que es reflejo de las condiciones locales, determinada principalmente por los aportes o procesos de remoción que se presentan en cada zona.

Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson que expresa la asociación entre los metales con el contenido de materia orgánica, carbono orgánico y textura se los sedimentos Superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Variables	MO	Aren	Lim	Arc	CO	Zn	Mn	Co	Cd	Ni	Pb	Cu	Fe
MO	<b>1,000</b>												
Aren	0,042	<b>1,000</b>											
Lim	-0,039	-1,000	<b>1,000</b>										
Arc	-0,115	-0,447	0,425	<b>1,000</b>									
CO	0,570*	-0,494	0,498*	0,098	<b>1,000</b>								
Zn	0,534*	0,050	-0,057	0,254	0,264	<b>1,000</b>							
Mn	0,415*	-0,200	0,187	0,565*	0,346*	0,713*	<b>1,000</b>						
Co	0,249	-0,128	0,118	0,405*	0,230	0,712*	0,789*	<b>1,000</b>					
Cd	0,536*	-0,065	0,067	-0,014	0,270	0,498*	0,354	0,325	<b>1,000</b>				
Ni	0,806*	0,046	-0,046	-0,020	0,478*	0,749*	0,635*	0,611*	0,573*	<b>1,000</b>			
Pb	-0,054	-0,258	0,255	0,219	0,068	0,367	0,319	0,618*	0,005	0,255	<b>1,000</b>		
Cu	0,592*	0,059	-0,064	0,160	0,370*	0,705*	0,754*	0,615*	0,426*	0,710*	0,164	<b>1,000</b>	
Fe	0,231	-0,163	0,153	0,436*	0,224	0,726*	0,750*	0,985*	0,315	0,574*	0,678*	0,560*	<b>1,000</b>

\*= Significativo



## CONCLUSIONES

El fraccionamiento geoquímico del Co y el Fe en los sedimentos del Golfo de Cariaco sigue el siguiente orden: Materia orgánica > residual > carbonatos > intercambiables, lo cual indica que estos metales pueden estar asociados fuertemente a la materia orgánica y sulfuros que se deposita en los sedimentos de esta región marino costera. El Pb es el único elemento que presento mayor concentración en la fracción residual, lo cual es indicativo de la presencia de este metal en los minerales que componen la matriz sedimentaria en el Golfo de Cariaco.

La abundancia de los metales totales en la zona de estudio es: Fe > Zn > Co > Mn > Pb > Ni > Cd > Cu > Ni.

Las mayores concentraciones de materia orgánica fueron encontradas en la región Noroccidental, posiblemente podría estar influenciado por factores que aportan al ecosistema grandes cantidades de materia orgánica, tanto de origen biogénico como de origen antrópico.

En los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco predominaron los sedimentos arenosos, areno-limosos y limo arenosos.

Se observaron correlaciones significativas entre la materia orgánica y los metales pesados (Cd, Cu, Mn, Ni, Zn), indicando que la materia orgánica en los sedimentos superficiales del golfo Cariaco puede ser el factor determinante en el enriquecimiento y distribución de los metales pesados.

El análisis de correlación de Pearson indicó que la mayoría de los metales evaluados se encuentran asociados hierro y su comportamiento geoquímico, siendo definitorio en la concentración de los metales pesados en sedimentos marinos.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta, V.; Lodeiros, C.; Senior, W. y Martínez, G. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencias*, 27(12): 686-690.

Aguilera, D. 2005. Evaluación geoquímica de los sedimentos superficiales de las bahías este y oeste del Morro de Puerto Santo, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.

Ahumada, R. 1992. Patrones de distribución de Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, y Pb en sedimentos superficiales de la Bahía San Vicente, Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 27 (2): 265-282.

Andrés, S.; Ribeyre, F.; Tourencq, J. y Boudou, A., 2000. Interspecific comparison of cadmium and zinc contamination in the organs of four fish species along a polymetallic pollution gradient (lot River, France), *Sci. Total Environm.*, 248:11-25.

Barceló, I.; Flores, J. y Solis, H. 1992. Determinación de las diferentes fracciones de plomo en fase acuosa del Lago Artificial del Parque Tezozomoc de la Cd. De México D.F., Memorias del VIII Congreso Nacional de la SMISAAC; Cocoyoc, Morelos.

Belzunce, M.; Bacon, J.; Prego, R. y Wilson, M. 1997. Chemical forms of heavy metals in surface sediments of the San Simón inlet, Ría de Vigo Galicia. *J. Environ. Sci. Health*, A32 (5): 1271-1292.

Bonilla, J. y Lin, A. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 18 (1-2): 37-52.

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

Bonilla, J. y González, C. 1992. Algunos aspectos geoquímicos y características químicas en los sedimentos de la Laguna de Píritu, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 31 (1-2): 12-23.

Bonilla, J. 1993. Características hidrogeoquímicas: comportamiento multivariante en el bioecosistema marino costero de Jose, Estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de profesor Titular. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.

Bonilla, J., Fermin, J. y González, C. 1998. Análisis estadístico multivariantes aplicado al grado textural y a los aspectos geoquímicos de los sedimentos del ecosistema marino costero de Jose, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 37 (1-2): 53-62.

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

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

Che, Y.; He, Q. y Lin W. 2003. The distributions of particulate heavy metals and its indication to the transfer of sediments in the Changjiang Estuary and Hangzhou Bay, China. *Mar. Poll. Bull.*, 46: 123-131.

Cobelo, A.; Priego, R. y Nieto, O. 2003. Especiación química del plomo disuelto en ambientes contaminados. Caso de estudio: la Ría de Pontevedra (NO España). *Ciencias Marinas*, 29 (4): 377-388.

De Lange, G. 1986. Early diagenetic reactions in interbedded pelagic and turbiditic sediments in the Nares Abyssal Plains (Westers North Atlantic): consequences for the composition of sediment and interstitial water. *Geochim. Cosmochim., Acta* 50: 2543-2551.

Demayo, A.; Taylor, M.; Taylor, K.; y Hodson, P. 1984. Toxic effects of lead and lead compounds on human health, aquatic life, wildlife, and live-stock. *CRC Crit. Rev. Environ. Control*, 12: 257-305.

Díaz, A. 2008. Especiación de los metales pesados manganeso, plomo, níquel, cobre cinc y cadmio en sedimentos del golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Doménech, X. 1995. *Química de la hidrósfera. Origen y destino de los contaminantes*. Estado. Miraguano, Madrid.

Everaarts, J. y Nieuwenhuize, J. 1995. Heavy metals in surface sediment and epibenthic macroinvertebrates from the coastal zone and slope of Kenya. *Mar. Pollut. Bull.*, 31: 281-289.

Fan, W.; Wang, W.; Chen, J.; Li, X. y Yen, Y. 2002. Cu, Ni and Pb speciation in surface sediments from a contaminated bay of Northern China. *Mar. Poll. Bull.*, 44: 816-832.

Fermín, I. 2002. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales de la Laguna de Unare, Estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de Postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.

Fuentes, M.; Bonilla, J.; y Fermín, J. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Estado. Sucre. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 36 (1-2): 79-96.

Gamboa, B. y Bonilla, J. 1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy - Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 22(1-2): 103-110.

Gamboa, B., Bonilla, J., y Cedeño, G. 1986. Concentración de algunos metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, Estado Anzoátegui. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 25 (1-2): 233-240.

Gómez, A.; Forja, J.; DelValls, T.; Sáenz, I. y Riba, I. 2000. Early contamination by heavy metals of the Guadalquivir Estuary after the Aznalcóllar mining spill (SW Spain). *Mar. Poll. Bull.*, 40: 1115- 1123.

González, H. y Ramirez, M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *J. Geochem. Explor.*, 52: 183-192.

González, M.; Méndez, D.; López, V. y Vásquez, A. 2006. Evaluación de la contaminación en sedimento del área portuaria y zona costera de salina cruz, Oaxaca, México. *Interciencias*, 31(9): 1-23.

Guiñez, M.; Valdés, J. y Siffedine, A. 2010. Variabilidad espacial y temporal de la materia orgánica sedimentaria, asociada a la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), en un ambiente costero del norte de la corriente de Humboldt, bahía de Mejillones, Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(2): 242-253,

Gutiérrez, E.; Flores, G.; Ortega, V. y Villaescusa, J. 1994. Metales pesados en sedimentos de la costa fronteriza Baja California (México)-California (EUA). *Ciencias Marinas*, 20 (1):105- 124.

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

Horowitz, A. 1991. *A primer on sediments - trace element chemistry*. Segunda edición. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan.

Izquierdo, C.; Usero, J. y Gracia, I. 1997. Speciation of heavy metals in sediments from SALT Marshes on the Southern Atlantic coast of Spain. *Mar. Poll. Bull.*, 34(2): 123-128.

Landaeta, R. 2002. Especiación de metales en sedimentos superficiales de la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná.

Lewis, B. y Landig. 1992. The investigation of dissolved and suspended particulate trace metals fractionation in the Black Sea. *Mar Chem.* 40:105-141.

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

Márquez, A. 2005. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales del litoral nororiental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 44(2):89-103.

Martínez, G. 1999. Especiación de metales pesados en la cuenca baja y pluma del Río Manzanares, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.

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

Martínez, G.; Senior, W. y Márquez, A. 2005. Distribución y especiación de metales pesados en el material en suspensión de las aguas superficiales de la pluma del río de manzanares, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 44(2): 75-87.

Moore, J. y Ramammorthy, S. 1984. *Heavy metals in natural Waters*. Springer-Verlog, New York.

Morales, N. y Ávila, H. 1999. Contaminación de Ni y Va en agua y sedimentos de la Costa Occidental del Golfo de Venezuela. *ICLAM: Acta científica venezolana*, 50: (2): 85.

Mudarra, O. 2000. Hidrogeoquímica de la Ensenada de Puerto Escondido, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.

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

Naidu, A.; Blanchard, A.; Kelley, J.; Goering, J.; Hameed, M. y Baskaran, M. 1997. Heavy metals in Chukchi Sea sediments as compared to selected Circum-arctic Shelves. *Mar. Pollut. Bull.*, 35 (7): 260-269.

- Nirel, P. y Morel, F. 1990. Pitfalls of sequential extractions. *Water Res.*, 24:1055-1056.
- Okuda, T. 1964. Some problems for the determination of organic carbon in marine sediments. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 3(1-2): 106 – 107.
- Okuda, T.; Benítez, J.; Bonilla, J. y Cedeño, G. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 17(1-2): 68-88.
- Páez-Osuna, F. Botello, A. y Villanueva, S. 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos estuary and Ostion lagoon, México. *Mar. Pollut. Bull.*, 34(2): 123-128.
- Palanques, A. y Díaz, J. 1994. Anthropogenic heavy metals pollution in the sediment of the Barcelona continental Shelf (Northwestern Mediterranean). *Mar. Environ. Res.*, 38: 17-31.
- Perez, M.; Martinez, G. y Fermin, I. 2006. Biodisponibilidad de metales traza en sedimentos superficiales del ecosistema lagunar costero Bocaripo-Chacopata, Península de Araya, Estado Sucre. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 45(2): 81-91.
- Ponce, R.; Forja, J. y Gómez, A. 2000. Influencia de la actividad antropogénica en la distribución vertical de Zn, Cd, Pb y Cu en agua intersticial y sedimentos marinos costeros (Bahía de Cádiz, SW de España), *Ciencias Marinas*, 26(3): 479-502.
- Primo, E. y Carrasco, J. 1973. *Química Agrícola I. Suelos y fertilizantes*. Editorial Alhambra, S. A. España.
- Ramírez, C. 1999. Geoquímica de sedimentos recolectados en trampas ubicadas en Punta Arenas y Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Riba, I.; DelValls, T.; Forja, J. y Gómez, A. 2002. Influence of the Aznalcóllar mining spill on the vertical distribution of heavy metals in sediments from the Guadalquivir estuary (SW Spain). *Mar. Poll. Bull.*, 44(1): 39-47.
- Rodríguez, E. 2007. Fraccionamiento geoquímica de algunos metales pesados en los sedimentos superficiales de la zona marino- costera de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Rosales, L. y Álvarez, U. 1986. Sedimentological and chemical studies in sediment from Alvarado Lagoon system, Veracruz, México. *An. Inst. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico*, 13 (3): 19-28.

Roux, L.; Roux, S. y Appriou, P. 1998. Behaviour and speciation of metallic species Cu, Cd, Mn and Fe during estuarine mixing. *Mar. Poll. Bull.*, 36(1): 56-64.

Rubio, B.; Nombela, M.; Vilas, F.; Alejo, I.; García-Gil, E. y Pazos, O. 1995. Distribución y enriquecimiento de metales pesados en sedimentos actuales de la parte interna de la Ría de Pontevedra. *Thalassas*, 11: 3

Rubio, B.; Nombela, M. y Vilas, F. 2000. Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): assessment of metal pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, 40 (11): 968-980.

Rubio, B.; Pye, K.; Rae, J. y Rey, D. 2001. Sedimentological characteristics, heavy metal distribution and magnetic properties in subtidal sediments, Ría de Pontevedra, NW Spain. *Sedimentology*, 48: 1-20.

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

Schneider, P. y Davey, S. 1995. Sediment contaminant off the coast of Sydney, Australia: A models for their distribution. *Mar. Pollut. Bull.*, 31(4-12): 262-272.

Shriadah, M. 1999. Occurrence of trace metals in the Arabian Gulf and the Gulf of Oman sediments off the United Arab Emirates. *Oebalia*, 25: 43-52.

Sunda, W. 1991. Trace metal interactions with marine phytoplankton. *Biol. Oceanogr.*, 6:411-442.

Templeton, M.; Ariese, F.; Cornelis, R.; Danielsson, L.; Muntau, H.; Van Leeuwen, H P. y Lobinski, R. 2000. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. definitions, structural aspects, and methodological approaches *Pure Appl. Chem.*, 72(8):1453-1470.

Tessier, A.; Campbell, P. y Bisson, N. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.*, 51: 844-851.

Tuncer, G.; Tuncel, G. y Turgut, B. 2001. Evolution of metal pollution in the Golden Horn (Turkey) sediments between 1912 and 1987. *Mar. Poll. Bull.*, 42(5): 350-360.

Valdez, J. y Siffedine, A. 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía de Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37 (2): 131-141.

Velasquez, L. 2004. 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.

Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. *Mar. Poll. Bull.*, 16(4): 155-158.

Villaescusa, J.; Gutiérrez, E. y Flores, G. 1997. Metales pesados en fracciones geoquímicas de sedimentos de la región fronteriza de Baja California, México y California, EUA. *Ciencias Marinas*, 23 (1): 43-70.

Wells, M. y Mayer, L. 1991. variations in the chemical lability of iron in estuarine coastal and shelf waters and its implications for phytoplankton. *Mar. Chem.*, 32: 195-210.

Williams, K.; Green, D. y Pascoe, D. 1987. Effect of Cadmium on oviposition and egg viability in *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae). *Bull. Environ. Contam. Toxic.* 38: 86-90.



## APÉNDICE

Tabla A1. Concentraciones de metales pesados presentes en el material de referencia (HISS-1; marine sediment).

Concentraciones (mg/kg)								
Muestra	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Réplica 1	0,27	0,57	1,97	787,00	14,85	1,54	2,57	3,53
Réplica 2	0,12	0,45	2,00	793,40	15,92	1,85	2,27	3,44
Réplica 3	0,20	0,45	1,87	832,00	15,87	1,62	2,89	3,41
Promedio	0,20	0,49	1,94	804,13	15,55	1,67	2,58	3,46
D. S	0,08	0,07	0,07	24,34	0,61	0,16	0,31	0,07
Valor aceptado	(0,024± 0,09)	(0,65± 0,10)	-	-	-	(2,16±0,29)	-	(4,94±0,79)

Tabla A2. Porcentaje de materia orgánica, carbono orgánico y composición granulométrica de los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Estaciones	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (%)	Granulometría y textura (%)		
			Arena	Limo	Arcilla
1	3,44	0,51	94,42	4,93	0,65
2	8,54	2,85	59,45	39,56	0,99
3	2,23	0,77	86,37	13,10	0,54
4	5,46	1,84	37,63	60,85	1,52
5	3,18	1,28	56,33	42,50	1,17
6	5,56	0,03	68,48	29,56	1,97
7	3,62	1,11	65,88	33,05	1,07
8	3,08	1,19	71,72	27,33	0,91
9	8,80	1,78	71,60	27,16	1,24
10	17,01	2,20	77,64	21,05	1,31
11	6,34	2,09	45,12	53,68	1,20
12	10,19	1,69	78,95	19,83	1,22
13	18,07	2,20	76,62	22,54	0,85
14	10,32	1,12	80,53	18,34	1,13
15	13,98	2,23	72,67	26,40	0,94
16	6,78	0,04	87,34	12,09	0,58
17	3,56	1,41	76,17	23,22	0,61
18	1,54	0,32	94,34	5,66	N.D.
19	5,29	1,92	60,77	38,21	1,03
20	5,15	2,09	31,97	67,22	0,81
21	3,01	1,05	90,02	9,61	0,37
22	18,07	1,79	61,94	37,77	0,29
23	16,02	1,72	69,57	29,95	0,48
24	18,82	1,99	73,73	25,71	0,56
25	20,36	1,90	76,24	23,30	0,46
26	20,36	2,33	76,67	22,54	0,78
Promedio	9,18	1,52	70,85	28,28	1,52
Mínimo	1,54	0,03	31,97	4,93	N.D.
Máximo	20,36	2,85	94,42	60,85	1,97

N.D.: Valores por debajo del límite de detección.

Tabla A3. Concentraciones (mg/kg) obtenidas para F1 de los metales en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

<b>Estaciones</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
1	0,13	0,05	N.D.	N.D.	0,03	0,58	N.D.	1,76
2	0,10	0,11	N.D.	2,57	0,62	0,45	0,90	2,41
3	0,09	0,15	0,60	1,18	0,20	0,53	0,55	3,49
4	0,10	0,15	0,21	1,97	0,76	0,38	0,44	14,29
5	0,14	0,19	0,21	1,30	0,65	0,46	0,25	7,19
6	0,19	0,23	N.D.	12,49	1,98	0,43	0,86	0,84
7	0,29	0,11	N.D.	N.D.	0,57	0,21	0,95	0,27
8	0,14	0,16	N.D.	N.D.	0,26	0,17	0,24	0,46
9	0,63	0,16	N.D.	N.D.	2,25	0,34	0,99	0,96
10	0,54	0,17	N.D.	N.D.	2,61	0,30	0,52	0,33
11	0,20	0,19	N.D.	N.D.	1,10	0,27	0,41	0,07
12	0,35	0,16	N.D.	N.D.	0,86	0,27	0,80	0,14
13	0,26	0,17	N.D.	N.D.	0,26	0,17	0,94	0,07
14	0,31	0,06	N.D.	N.D.	0,18	0,30	0,62	0,10
15	0,26	0,27	N.D.	N.D.	0,20	0,32	0,68	0,02
16	0,39	0,09	N.D.	N.D.	0,55	0,30	0,80	0,07
17	0,16	0,14	N.D.	N.D.	0,62	0,27	0,60	0,25
18	0,15	0,15	N.D.	N.D.	0,42	0,21	0,82	0,14
19	0,55	0,05	N.D.	0,22	5,36	0,29	0,92	0,46
20	1,37	0,27	N.D.	2,19	9,65	1,05	1,00	8,26
21	0,05	0,00	N.D.	0,00	1,05	N.D.	0,35	N.D.
22	2,08	0,72	N.D.	2,63	16,69	1,85	0,86	16,29
23	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,14	N.D.	0,12	N.D.
24	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,40	N.D.
25	0,46	0,15	4,10	N.D.	7,08	0,24	0,81	0,12
26	0,27	N.D.	0,94	N.D.	1,17	0,10	0,84	0,14
Promedio	0,35	0,15	0,23	0,94	2,13	0,37	0,64	2,24
Mínimo	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Máximo	2,08	0,72	4,10	12,49	16,69	1,85	1,00	16,29

**N.D.:** Valores por debajo del límite de detección.

Tabla A4. Concentraciones (mg/kg) obtenidas para F2 en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

<b>Estaciones</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
1	0,14	0,20	N.D.	510,94	10,97	2,17	N.D.	6,81
2	3,80	1,01	0,30	8.024,29	25,49	10,80	3,07	39,12
3	0,93	0,72	N.D.	2.292,46	5,96	4,15	0,41	21,85
4	0,39	1,15	N.D.	3.319,99	33,16	3,44	2,06	19,95
5	0,50	0,89	N.D.	2.253,57	15,06	3,34	2,15	16,62
6	3,82	0,82	0,05	5.827,72	25,17	8,55	1,83	37,45
7	0,45	0,51	N.D.	2.512,19	15,73	2,99	1,65	24,61
8	0,55	0,21	N.D.	1.991,48	6,65	2,56	1,26	21,83
9	2,03	1,54	N.D.	2.786,66	21,55	7,70	2,09	38,06
10	1,27	1,29	0,29	2.915,45	6,67	6,66	0,78	47,04
11	0,51	0,70	N.D.	2.212,99	21,80	2,98	1,74	19,86
12	1,35	2,01	0,21	1.953,76	7,29	7,09	0,71	54,59
13	1,82	1,85	N.D.	3.160,76	16,25	8,81	1,44	45,81
14	1,94	2,59	N.D.	3.273,11	11,19	9,33	2,17	48,55
15	1,44	1,91	0,02	2.356,46	14,11	6,55	0,89	40,44
16	1,34	0,90	N.D.	2.393,33	12,26	4,49	0,80	24,21
17	0,62	0,21	0,02	448,76	6,20	2,54	0,90	30,23
18	0,22	0,00	0,36	237,54	0,50	1,40	0,53	26,02
19	0,78	0,14	0,24	232,94	3,32	2,60	0,97	22,80
20	1,36	0,20	0,12	473,74	11,72	3,70	1,26	29,03
21	0,67	0,06	0,16	730,95	6,62	2,50	1,39	39,11
22	3,33	0,45	N.D.	1.021,52	14,23	5,39	2,77	27,38
23	2,56	0,62	0,07	1.242,59	11,97	4,00	3,43	28,28
24	3,83	0,42	N.D.	743,51	8,19	7,54	3,35	26,99
25	3,28	0,32	N.D.	879,47	8,08	8,48	2,82	25,58
26	2,95	0,50	N.D.	1.212,14	11,57	5,59	2,90	21,18
Promedio	1,61	0,82	0,07	2.115,70	12,76	5,21	1,67	30,13
Mínimo	0,14	N.D.	N.D.	510,94	0,50	1,40	N.D.	6,81
Máximo	3,83	2,59	0,36	8.024,29	33,16	10,80	3,43	54,59

**N.D.:** Valores por debajo del límite de detección.

Tabla A5. Concentraciones (mg/kg) obtenidas para F3 en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

<b>Estaciones</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
1	0,10	0,22	1,39	1.016,01	3,56	0,01	N.D.	5,99
2	0,14	20,58	2,47	1.282,10	6,77	0,23	0,04	1,74
3	0,25	29,11	2,09	6.762,86	9,54	3,63	0,26	21,11
4	0,03	10,79	1,21	2.841,55	3,65	0,09	0,01	20,13
5	0,01	39,55	2,69	10.542,61	18,39	3,70	8,23	5,29
6	0,43	40,43	6,59	7.130,22	30,20	0,48	3,80	27,80
7	0,08	50,04	1,62	10.316,11	23,35	3,97	2,22	5,36
8	0,11	60,60	3,37	15.890,94	24,47	4,98	27,16	5,18
9	0,11	59,98	8,53	14.836,47	53,16	7,54	0,49	15,15
10	1,69	55,54	11,12	10.052,85	34,13	4,01	0,25	33,31
11	3,01	1,64	1,17	29,02	7,86	0,75	0,66	0,80
12	1,76	50,21	22,15	13.004,93	66,57	10,97	0,16	35,53
13	0,12	25,76	7,22	392,23	18,39	0,11	0,12	0,51
14	1,16	46,55	13,38	10.898,35	65,43	4,79	0,07	25,83
15	2,07	45,67	11,20	8.451,04	63,64	8,04	0,94	39,55
16	0,19	18,73	5,48	3.902,07	20,32	2,16	0,17	1,86
17	0,07	36,67	3,65	10.838,96	20,80	5,81	7,55	6,11
18	2,59	9,89	1,36	3.191,56	5,13	2,08	0,04	1,11
19	0,17	28,35	8,51	7.700,51	13,05	5,53	0,75	13,58
20	0,73	46,13	5,60	15.025,59	14,26	6,89	30,21	17,52
21	0,20	21,89	1,89	6.227,07	6,34	2,30	0,33	0,43
22	0,70	35,51	9,67	10.244,03	15,06	8,42	3,78	21,14
23	0,14	33,49	14,10	9.136,77	29,88	7,92	3,82	23,33
24	0,05	30,88	10,81	8.875,10	12,92	9,09	2,04	34,17
25	0,04	26,10	1,84	7.231,84	17,42	8,70	2,19	24,85
26	0,17	32,33	12,32	8.660,19	32,51	10,76	3,07	33,93
Promedio	0,62	32,95	6,59	7.864,65	23,72	4,73	3,78	16,20
Mínimo	0,01	0,22	1,21	29,02	3,56	0,01	N.D.	0,43
Máximo	3,01	60,60	14,81	15.890,94	66,57	10,97	27,16	34,17

**N.D.:** Valores por debajo del límite de detección.

Tabla A6. Concentraciones obtenidas para F4 en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

<b>Estaciones</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
1	0,03	4,02	0,15	16,90	2,29	0,41	0,00	4,28
2	0,06	11,39	0,03	386,41	2,28	1,27	0,51	11,88
3	0,12	8,43	0,12	766,67	3,25	0,90	2,13	10,16
4	0,10	22,09	3,44	3057,49	25,66	2,18	2,27	8,89
5	0,02	8,83	0,14	208,97	5,07	0,14	19,22	0,72
6	0,75	7,98	0,45	1463,57	1,89	0,20	3,99	7,18
7	0,12	4,82	0,09	1461,30	1,12	0,04	1,54	4,14
8	0,57	2,24	0,26	1571,38	0,84	0,29	13,23	56,55
9	0,02	11,53	2,97	494,63	0,05	0,17	24,16	3,35
10	0,15	2,33	1,81	2418,77	6,81	2,73	10,76	3,44
11	0,21	34,56	1,32	7944,82	11,51	1,88	2,20	1,17
12	1,77	69,59	2,49	12733,29	31,84	6,22	18,95	21,92
13	0,09	30,43	4,51	11341,88	23,78	6,03	9,33	13,91
14	0,03	24,77	0,95	4201,56	0,56	4,52	35,19	16,64
15	0,00	3,00	1,86	2488,65	1,39	0,16	8,24	5,46
16	0,02	22,27	0,92	4802,97	8,11	2,41	8,78	28,36
17	0,10	3,82	0,57	50,25	5,86	0,14	10,62	0,80
18	0,06	1,36	0,98	115,52	0,05	0,24	0,21	2,18
19	0,06	1,66	9,84	635,30	29,08	0,44	2,65	15,47
20	0,21	15,98	0,38	561,03	2,26	1,27	7,55	0,93
21	2,33	5,08	0,14	933,43	2,92	0,47	0,98	1,32
22	1,02	9,67	1,30	1035,67	1,64	1,52	4,29	5,40
23	0,08	15,35	0,39	2705,68	6,46	3,61	3,51	11,52
24	0,03	3,89	2,23	24,51	14,50	1,11	2,49	2,00
25	0,21	19,96	2,03	4242,90	19,00	9,62	5,50	32,33
26	0,19	16,06	0,85	2751,87	8,82	6,23	3,98	16,24
Promedio	0,32	13,89	1,55	2631,36	8,35	2,08	7,78	11,01
Mínimo	0,02	1,36	0,03	16,90	0,05	0,04	0,21	0,80
Máximo	2,33	69,59	9,84	13733,29	29,08	9,62	35,19	56,55

Tabla A7. Concentraciones totales (mg/kg) de los metales en los sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco.

Estaciones	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	0,40	4,49	1,55	1543,85	16,85	3,17	.N.D	18,84
2	4,09	33,08	2,80	9695,37	35,16	12,76	4,52	55,15
3	1,39	38,41	2,81	9823,18	18,95	9,21	3,35	56,62
4	0,62	34,19	4,86	9221,00	63,24	6,08	4,79	63,26
5	0,67	49,45	3,04	13006,45	39,17	7,64	29,84	29,82
6	5,19	49,46	7,09	14433,99	59,24	9,66	10,48	73,27
7	0,94	55,48	1,72	14289,60	40,76	7,21	6,36	34,38
8	1,37	63,21	3,63	19453,81	32,23	8,00	41,89	84,01
9	2,79	73,20	11,50	18117,76	77,01	15,76	27,73	57,52
10	3,65	59,33	13,23	15387,07	50,22	13,70	12,31	84,12
11	3,94	37,10	2,49	10186,82	42,28	5,88	5,01	21,90
12	5,23	121,97	24,85	27691,98	106,56	24,55	20,62	112,19
13	2,29	58,21	11,73	14894,86	58,68	15,12	11,83	60,30
14	3,44	73,97	14,33	18373,02	77,36	18,94	38,06	91,12
15	3,77	50,84	13,07	13296,15	79,34	15,07	10,75	85,47
16	1,94	41,99	6,39	11098,37	41,24	9,35	10,55	54,50
17	0,95	40,84	4,24	11337,97	33,47	8,76	19,67	37,39
18	3,02	11,40	2,70	3544,62	6,10	3,92	1,60	29,45
19	1,55	30,20	18,59	8568,98	50,81	8,87	5,30	52,31
20	3,67	62,57	6,10	16062,55	37,88	12,92	40,01	55,73
21	3,25	27,03	2,18	7891,45	16,93	5,26	3,05	40,86
22	7,13	46,35	10,97	12303,85	47,62	17,18	11,69	70,21
23	2,78	49,46	14,56	13085,04	48,44	15,53	10,88	63,13
24	3,91	35,19	13,04	9643,12	35,61	17,74	8,29	63,16
25	3,99	46,52	7,97	12354,21	51,58	27,04	11,31	82,88
26	3,58	48,90	14,11	12624,20	54,06	22,68	10,78	71,48
Promedios	2,91	47,80	8,44	12612,66	46,95	12,38	13,87	59,58
Mínimo	0,40	4,49	1,55	1543,85	6,10	3,17	N.D.	18,84
Máximo	5,23	121,97	24,85	27691,98	106,56	24,55	38,06	112,19

**N.D.:** Valores por debajo del límite de detección.

## **HOJA DE METADATOS**



# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 1/5

<b>Título</b>	<b>FRACCIONAMIENTO GEOQUÍMICO DE METALES TRAZAS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL SECTOR ORIENTAL DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA (Modalidad: Investigación)</b>
<b>Subtítulo</b>	

## Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Moya González, Adelser del C.</b>	<b>CVLAC</b>	<b>17.779.315</b>
	<b>e-mail</b>	<b>adelser@hotmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

## Palabras o frases claves:

<b><i>FRACCIONAMIENTO</i></b>
<b><i>METALES</i></b>
<b><i>SEDIMENTOS</i></b>

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 2/5

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Química	Oceanografía

## Resumen (abstract):

Se evaluó la distribución y comportamiento de los metales Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn, en sedimentos superficiales del sector Oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Para tal fin, fueron recolectadas muestras de sedimentos superficiales en 26 estaciones establecidas por toda el área de estudio. La clasificación textural de los sedimentos se determinó según el triangulo de Sheppard (1994), la materia orgánica por ignición a 550°C y el carbono orgánico por el método de combustión húmeda. La determinación de los metales se llevó a cabo aplicando el método de extracción secuencial propuesta por Tessier et al. (1979); para así extraer las distintas formas geoquímicas de asociación de los metales en el sedimento y cuantificarlos mediante espectrometría de emisión atómica. Se presentó una predominancia de los sedimentos arenosos y areno limosos en el área estudiada, mientras que el mayor porcentaje de materia orgánica se obtuvo en la zona norte del golfo frente a la región conocida como La Calentura con 18,72%. La concentraciones promedios de metales totales fueron: Cd: 2,91 mg/kg; Co: 47,80 mg/kg; Cu: 8,44 mg/kg; Fe: 12.612,16 mg/kg; Mn: 46,95 mg/kg; Ni: 12,38 mg/kg; Pb: 13,87 mg/kg y Zn: 59,58 mg/kg. De acuerdo a las concentraciones totales determinadas, se pudo observar que el metal que presento mayor concentración en la zona de estudio fue el hierro. Por otra parte, se observaron correlaciones significativas entre los metales (Cd, Cu, Mn, Ni, Zn) y la materia orgánica, ya que, ella parece ser, de acuerdo con estos resultados, el factor determinante en el enriquecimiento y distribución de los metales pesados en los sedimentos superficiales de muchos ecosistemas marinos costeros.

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 3/5

**Contribuidores:**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>ROL / Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>M.Sc. Gregorio Martínez</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	8.439.342
	<b>e-mail</b>	gmartínez@udo.edu.ve
	<b>e-mail</b>	
<b>Dra. María Valentina Fuentes</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	4.184.222
	<b>e-mail</b>	mvfuentesh@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>Prof. Ángel Marcano</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

**Fecha de discusión y aprobación:**

**Año      Mes      Día**

<b>2010</b>	<b>11</b>	<b>29</b>
-------------	-----------	-----------

**Lenguaje:** español

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 4/5

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
Tesis-adelsermoya	Application/Word

**Alcance:**

**Espacial :** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Temporal:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Licenciado en Química

---

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Licenciatura

---

**Área de Estudio:** Química

---

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

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

---

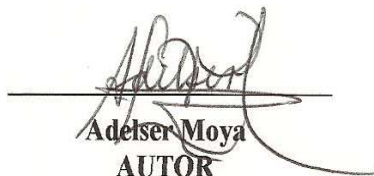
# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

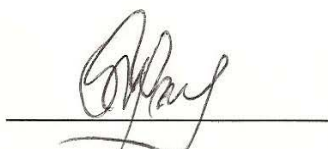
## Derechos:

Yo, Adelser del C Moya González., portadora de la C.I. N° 17 779 315 autorizo  
a la biblioteca central de la UDO-Sucre la utilización de mi trabajo de grado, para  
ser publicada en su totalidad.

---

---

  
Adelser Moya  
AUTOR

  
Gregorio Martínez  
TUTOR

  
María Fuentes  
JURADO 1

  
Angel Marcano  
JURADO 2

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**

  
Maj Britt Mostue  
