



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

**CONTENIDO Y COMPORTAMIENTO GEOQUÍMICO DE LOS METALES
PESADOS EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL SECTOR MARINO
COSTERO LA CHICA-GOLINDANO, DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO
SUCRE, VENEZUELA.**

(Modalidad: Tesis de Grado)

JOSÉ LUIS SUCRE GUZMAN

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

Cumaná, 2023

CONTENIDO Y COMPORTAMIENTO GEOQUÍMICO DE LOS METALES PESADOS
EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL SECTOR MARINO COSTERO LA
CHICA-GOLINDANO, DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

Aprobado por:

M. Sc. Ramón Hurtado
Asesor

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con todo el corazón a:

Dios por ser mi guía espiritual, por darme la fuerza el valor necesario para alcanzar este logro, a pesar de todos los altibajos que he tenido en mi vida.

Mis padres, la señora Sara Guzmán de Sucre y el señor Moise Sucre Coroy (Q. E. P. D), que, en algunos momentos de sus vidas, me aconsejaron y apoyaron, para poder lograr las metas que me trace en la vida. Este logro es suyo estén donde estén.

Mi hermano el señor Enrique Sucre Guzmán, por ser un bastión importante en mi vida, en los buenos y malos momentos, casi siempre estuvo conmigo, a él le dedico este logro.

Mis hermanas o sobrinos por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, en especial a mi sobrino José Moisés Zerpa Sucre.

Mis grandes amigos Danny Martínez, Simón Alemán, Jesús Sucre, Pedro Antonio Jiménez, Pedro Elia Marcano, Juan Carlo Jiménez, Rubén Área y Eli Quintero, por los buenos momentos que he compartido con ustedes. Ustedes saben cuánto anhele este momento tan importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer muy especialmente

Al Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado en sus instalaciones. Al Prof. Ramon Hurtado, por su dedicación, esfuerzo y asesoramiento en este trabajo de investigación

A los T.S.U. Edymir Parra, Deudedith Hernández y Orangel Randulfo, por todo el apoyo y la colaboración brindada durante el desarrollo de esta investigación.

A mis amigas Felicia Brito, Ana Carolina Reyes y Mariajosé Gonzalez, por todo el apoyo y la ayuda brindada durante la elaboración de mi tesis.

A mis compañeros y amigos por compartir conmigo la hermosa experiencia de mi formación como profesional: Alexander García, Daniel Contreras, Luis Días, Wilma Marchan, Alfredo Días, José Bucarito, Yonny Ramos, Yonny Ramírez, Ancel Cova y Edgar Alexander García.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE.....	IV
LISTA DE TABLAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	7
Área de estudio.....	7
Diseño del muestreo.....	7
<i>Recolección y almacenamiento de los sedimentos</i>	9
Análisis de las muestras.....	9
Textura de los sedimentos.....	9
Materia orgánica (MO).....	10
Carbonato de calcio.....	10
Carbono orgánico.....	11
Metales pesados en sedimentos.....	11
Metales totales.....	11
Fraccionamiento y especiación de metales.....	11
Fracción 1, metales intercambiables.....	12
Fracción 2, metales unidos a carbonatos.....	12
Fracción 3, metales unidos a óxidos de hierro y manganeso.....	12
Fracción 4, metales unidos a materia orgánica y sulfuros.....	12
Fracción 5, metales en la fracción residual.....	13
Procesamiento y análisis de los resultados.....	13
Calidad de los análisis.....	14
Precisión y Exactitud de los Métodos.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
Textura de los sedimentos.....	17
Materia Orgánica a 450 °C, (MO).....	20
Carbonato de calcio.....	23
Carbono orgánico.....	25
Metales analizados.....	26
Hierro (Fe).....	26
Cobre (Cu).....	30
Cobalto (Co).....	33
Cromo (Cr).....	37
Níquel (Ni).....	41
Cadmio (Cd).....	44
Zinc (Zn).....	49
Manganeso (Mn).....	52
Plomo (Pb).....	55
Matriz de correlación.....	60
CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
APENDICE.....	76

METADATOS..... 89

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo en el sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela	8
Tabla 2. Longitud de onda (nm) y límite de detección ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) para los metales evaluados en el presente estudio.	14
Tabla 3. Precisión del método de extracción de metales totales	15
Tabla 4. Confiabilidad del método utilizado mediante un estudio comparativo del contenido de cada metal extraído y determinado en una muestra de sedimento certificado proveniente de environmental resource associates, cat. # 540, lot # 243	16
Tabla 5. Matriz de correlación de Pearson que expresa la asociación entre los metales con la textura, materia volátil a 450°C , carbono orgánico total y equivalentes de carbonato de calcio de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Distribución de las estaciones de muestreo para los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	8
Figura 2. Draga de muestreo dietz Lafond de 0,02 m ² de área utilizada para la recolección de los sedimentos superficiales	9
Figura 3. Clasificación textural de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco según el triángulo de Shepard	19
Figura 4 Distribución espacial de arena en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	19
Figura 5 Distribución espacial de limo en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	20
Figura 6 Distribución espacial de arcilla en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano golfo de Cariaco	20
Figura 7 Distribución espacial de materia volátil a 450°C (%) en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	23
Figura 8. Distribución espacial de carbonato (%) en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	24
Figura 9. Distribución espacial de carbono orgánico (%) en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	26
Figura 10 Distribución espacial de hierro total (mg·kg ⁻¹) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La chica Golindano del golfo de Cariaco	27
Figura 11 Concentraciones de hierro en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del Golfo de Cariaco	29
Figura 12. Distribución espacial de cobre total (mg·kg ⁻¹) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chpca-Golindano del golfo de Cariaco	30
Figura 13. Concentraciones de cobre en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	32

	Pág
Figura 14. Distribución espacial de cobalto total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chpca-Golindano del golfo de Cariaco	34
Figura 15. Concentraciones de cobalto en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	36
Figura 16. Distribución espacial de cromo total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales de sector marino costero La Chpca-Golindano del golfo de Cariaco	38
Figura 17. Concentraciones de cromo en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	39
Figura 18. Distribución espacial de níquel total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chpca-Golindano del golfo de Cariaco	42
Figura 19. Concentraciones de níquel en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	43
Figura 20. Distribución espacial de cadmio total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chpca-Golindano del golfo de Cariaco	45
Figura 21. Concentraciones de cadmio en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	47
Figura 22. Distribución espacial de cinc total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	50
Figura 23. Concentraciones de cinc en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	51
Figura 24. Distribución espacial de manganeso total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	52

	Pág
Figura 25. Concentraciones de manganeso en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	54
Figura 26. Distribución espacial de plomo total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	56
Figura 27. Concentraciones de plomo en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco	58

RESUMEN

Se evaluó la distribución y comportamiento de los metales Fe, Cu, Co, Cr, Ni, Cd, Zn, Al, Mn y Pb, en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. La clasificación textural de los sedimentos se determinó según el triángulo de Shepard (1994). La materia orgánica se calculó por el índice de vanmele, los equivalentes de carbonato de calcio por titulación 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 y colaboradores. (1979); para así extraer las distintas formas geoquímicas de asociación de los metales en el sedimento y cuantificarlos mediante espectroscopia de absorción atómica (EAA), con un espectrómetro marca Perkin Elmer, modelo 3110 DV, midiendo los blancos para cada fracción, patrones y extractos de las muestras a las longitudes de ondas específicas de cada metal. La textura predominante en los sedimentos del área de estudio fue la arenosa seguida de la limo-arenosa y la areno-limosa. Las concentraciones promedios de metales totales fueron: Fe ($17549, \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Cu ($6,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Co ($10,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Cr ($44,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Ni ($19,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Cd ($5,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Zn ($778,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Mn ($32,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y Pb ($21,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). De acuerdo con las concentraciones totales determinadas, se pudo observar que los metales que presentaron mayores concentraciones fueron el hierro y el zinc. El resto de los metales tuvieron concentraciones menores de $45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en el siguiente orden de abundancia: Cr > Mn > Pb > Ni > Co > Cu > Cd >. Por otra parte, se observaron correlaciones significativas entre el Zn, Fe, Cr, Mn y Cu y el carbono orgánico con el resto de los metales este tuvo correlación positiva no significativa a excepción del Co, el cual presentó correlación negativa no significativa con él, ya que, éste 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 junto con la materia orgánica. La especiación de los metales mostró que las mayores proporciones se encuentran asociadas a las fracciones potencialmente biodisponibles (materia orgánica y sulfuros metálicos), seguida de la fracción asociada a los oxihidroxidos de Fe y Mn, la fracción asociada a los carbonatos, la asociada a los intercambiables, por ultima, la asociada a la fracción residual.

INTRODUCCIÓN

Los océanos y mares son el depósito final de la mayoría de las sustancias desechadas por el hombre y, con el tiempo la actividad biológica favorece la descomposición de los compuestos orgánicos en dióxido de carbono y agua como productos finales. Sin embargo, las especies inorgánicas, especialmente los metales, son continuamente acumulados en el medio marino, excepto una porción menor que pueden ser ingeridos por los organismos que habitan el medio. Por otro lado, muchos acontecimientos catastróficos para la salud de los humanos han ocurrido en el pasado, por ejemplo, el envenenamiento por mercurio en Japón. El deseo por evitar estos desafortunados incidentes, ha aumentado el interés por el monitoreo de los metales pesados en el medio marino, con la finalidad de conocer sus concentraciones. La mejor forma para asegurar la mínima ocurrencia de tales sucesos es entender el comportamiento físico, químico y biológico de los metales en los sistemas marinos, y utilizar este conocimiento para proponer programas de investigación cuando se presenten (Martínez, 2002).

El término metal pesado abarca a cualquier elemento químico que tenga alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los metales pesados incluyen el mercurio, cadmio, arsénico, cromo, níquel, plomo, entre otros. Deben su peligrosidad al hecho de no ser química ni biológicamente degradables, una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que aumenta la cadena alimentaria (Brown y col., 1999).

El medio acuático es uno de los ambientes más expuestos a la contaminación por metales pesados, debido a las descargas terrestres, acuático-terrestres o atmosféricas donde el receptáculo final generalmente son los mares (Martínez, 2002). Förstner y Col (1993) estiman que más de un millón de sustancias son introducidas en las aguas naturales a través de vertidos antrópicos. Muchas de ellas no son consideradas tóxicas, si bien pueden alterar las características organolépticas del agua, perturbar severamente el

ecosistema y/o ser directamente nocivas para el hombre (Rosas, 2001; Aubray y Elliott 2006).

Las concentraciones naturales de metales pesados están relacionadas con las actividades volcánicas, meteorización de las rocas, los procesos de erosión de los suelos y transporte dentro de una cuenca sedimentaria. Los metales que entran al mar como producto de las emisiones terrestres, pueden permanecer disueltos en el agua o precipitar en 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. Las características fisicoquímicas, tanto del agua de mar como del sedimento, juegan un papel importante en el contenido de estos elementos (Martínez, 2002).

Es conocido que los metales presentes en los sedimentos en concentraciones elevadas ejercen efectos adversos sobre la biota residente (Brannon y col. 1980; Birge y col. 1987; Burgess y Scott, 1992). Algunos metales pesados pueden ser absorbidos en altas concentraciones por las macroalgas y por el fitoplancton. El mercurio, cobre, níquel, plomo, cobalto, cadmio, entre otros, son los metales que pueden ser los más tóxicos en concentraciones elevadas para las plantas (Alloway, 1995). Esta toxicidad también puede afectar los niveles tróficos superiores de la cadena alimentaria, tanto por ingesta directa como por la potencial transmisión a través de la red trófica (Adam, 1990).

En las últimas décadas, se ha producido un gran cambio en nuestra comprensión de la biogeoquímica de los metales pesados en los sistemas marinos. La especiación, o forma química de los metales, determina su interacción con la materia en suspensión y con los sedimentos, la biodisponibilidad y/o toxicidad de los metales para los organismos acuáticos, y tiene influencia en el ciclo de los metales a través de los estuarios, así como en la interfase agua-sedimentos en ambientes con diferentes condiciones redox (Martínez y col, 2006; Lewis y Lansing, 1992).

Los sistemas costeros constituyen ambientes fuertemente influenciados por el desarrollo socioeconómico. Las zonas litorales, inmediatamente adyacentes a los asentamientos humanos e industriales, son áreas directamente afectadas por la actividad

antrópica. En tal sentido, la determinación de metales en los sedimentos es un buen indicador del origen de los contaminantes en el medio, y de los impactos que éstos pueden producir en la biota marina.

Los sedimentos marinos son el depósito final de las sustancias producidas en las aguas superficiales, y de aquellas introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos. Dependiendo de las variaciones fisicoquímicas del ambiente de deposición, estos sedimentos pueden actuar como sumidero o como fuente de una serie de sustancias que modifican a las propiedades naturales de la columna de agua y la cadena trófica marina (Alagarsamy, 2006; Buccolieri y col, 2006).

Por tal motivo, el conocimiento de las propiedades y composición de los sedimentos del fondo, marino permite evaluar la condición de los ambientes marinos, y reconocer eventuales perturbaciones derivadas de la acumulación de sustancias antropogénicas y naturales, que puedan constituir riesgos para la salud del ecosistema. Este conocimiento permite, además, aplicar medidas apropiadas y realistas que no pongan en riesgo la salud de estos ambientes ni el desarrollo socio-económico de las comunidades costeras (Valdez y col, 2009).

La mayoría de los estudios de los metales en sedimentos de los sistemas acuáticos están relacionados con la concentración total del metal. Sin embargo, el uso de la concentración total como criterio para establecer el efecto potencial de la contaminación en los sedimentos o discutir su movilidad, implica que todas las formas del metal tienen el mismo impacto en el ambiente; presunción claramente insostenible (Tessier y col, 1979). La movilidad y biodisponibilidad de metales pesados en los suelos y los sedimentos del fondo marino dependen, en gran medida, de sus formas químicas y de las características mineralógicas vinculantes. Esto implica que, estas formas y características deben ser estudiadas con más interés que la concentración total de los metales (Baeyens y col, 2003), ya que los efectos tóxicos y las características geoquímicas de los metales están determinadas principalmente por sus especies móviles (Quevauviller y col, 1993). No obstante, determinar el tipo de unión específica sedimento-metal es difícil, debido a la amplia variedad de fases sólidas que pueden fijar

metales pesados y las bajas concentraciones de metales involucradas (Repine y col, 1986).

La especiación química se ha definido como el proceso de identificación y cuantificación de diferentes especies, formas o fases químicas presentes en una matriz ambiental (Davidson y col, 1994; Ahumada y colaboradores., 2004). La técnica de extracción química secuencial se aplica extensamente en estudios medioambientales, y aunque su capacidad de separar o definir fracciones geoquímicas no es perfecta, es útil para entender el comportamiento químico y la disponibilidad biológica de los metales en los sedimentos (Förstner, 1983), debido a que permiten diferenciar entre muestras que presentan concentraciones de metales totales similares. Además, son métodos prácticos que ofrecen información acerca del origen, forma de asociación, disponibilidad fisicoquímica y biológica, movilización y transporte de elementos pesados en ambientes acuáticos (Martínez y col, 2002).

La asociación de los metales con la matriz de sedimento es diversa. Estos pueden estar adsorbidos en la superficie de las partículas que forman el sedimento (metales en forma de iones intercambiables), los cuales son fácilmente liberados de los sistemas acuáticos por pequeños cambios ambientales; unidos a los carbonatos (metales ligados a carbonatos; precipitados en forma de carbonatos) los cuales se liberan al descender el pH de los sedimentos (generalmente son extraídos a pH 5); o están presentes en la fase donde pasarán fácilmente al agua cuando las condiciones del sedimento sean reductoras (metales asociados a oxihidróxidos de hierro y manganeso). Estos óxidos son sustancias de alto poder de adsorción y son termodinámicamente inestables en condiciones anóxicas. Otras fracciones las constituyen aquellos metales liberados desde el sedimento bajo condiciones oxidantes (metales ligados a la materia orgánica y sulfuros) y los que están formando parte de estructuras cristalinas, incorporados a fases minerales u ocluidas en materiales amorfos (metales unidos a la fracción residual o de origen litogénicos). El metal en esta fracción se considera inerte y no se encuentra disponible para los organismos de los ecosistemas marinos (Tessier y col, 1979).

Una de las primeras técnicas de extracción química secuencial fue desarrollada por Tessier, en 1979, y ha servido de base para el desarrollo de otros esquemas, entre ellos los métodos de Förstner, Salomons y Förstner, Meguellati, BCR (Ure y col, 2006; Chakraborty y col, 2014), Izquierdo, entre otros. Estos métodos de extracción selectiva aportan información significativa acerca de las principales fases que acumulan metales pesados en sedimentos (Baeyens y col, 2003). Ellos están basados en el ataque químico de un solvente de extracción particular, específico para la fase o el modo de retención y enlace, las cuales son diversas en la matriz sedimentaria. Por ejemplo, el agua extraerá formas fácilmente solubles, el ácido acético atacará y disolverá solamente los carbonatos, y el acetato de amonio (o el cloruro de magnesio) a pH 7 liberará los adsorbatos (D'Amore y col, 2005).

En Venezuela, el golfo de Cariaco constituye una zona prodigiosa de riquezas incomparables, el cual se encuentra en la región nororiental del país que representa más del 70 % de la pesca de Venezuela, recientemente, ha sido el foco de atención de muchos sectores del país, debido a su elevada productividad primaria, originada por los vientos alisios sobre las aguas superficiales, que favorecen la surgencia, aportando nutrientes y plancton, que generan abundancia de especies marinas como es el caso de las sardinas, jureles, lisas, meros, camarones y langostas, constituyendo un factor importante en la economía del estado Sucre. Por otro lado, el golfo representa un área de desarrollo de proyectos, que están planteados a mediano y largo plazo, para el desarrollo industrial de la zona como el muelle de aguas profundas, el puente entre Cumaná y Araya, parte del proyecto de unión con Margarita, el gasoducto Barbacoa-Margarita, granjas para la producción de peces y camarones y el potencial turístico ecológico (Velásquez, 2005). Es de especial interés mencionar la actividad turística generada en la zona, favorecida por playas muy hermosas entre las que destacan: San Luis, Quetepe, Tocuchare, Tunantal, Maigualida, Araya, Cachamaure, Pericantal y Carenero (Velásquez, 2005).

Desafortunadamente, investigaciones realizadas en la zona dan evidencia de problemas de contaminación. Martínez (2002) evaluó el contenido de metales pesados en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, caracterizando zonas con elevados

niveles de metales pesados que reflejan la existencia de una fuente antrópica, donde resalta que la distribución de estas especies químicas puede estar relacionada con la hidrodinámica y las características fisicoquímicas de las aguas y sedimentos del golfo. Castillo y col, (2005), indican la existencia de metales pesados en gónadas y músculo del mejillón marrón (*Perna perna*) y concluyen que esto está vinculado probablemente con el efecto contaminante de vertederos industriales en zonas aledañas a la ensenada de Turpialito en el golfo de Cariaco. Márquez y col, (2005), sugieren la existencia de entrada de metales pesados en su estudio geoquímico de sedimentos superficiales del litoral nororiental del golfo de Cariaco. Velásquez (2005), mediante un fraccionamiento geoquímico realizado en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, refleja la presencia de metales con a elevadas concentraciones de éstos y carbono orgánico en las fracciones más finas de los sedimentos.

Tomando en cuenta estas investigaciones, y considerando el desarrollo potencial de proyectos de desarrollo industrial, turístico y acuícola en este cuerpo de agua, y con el fin de aportar datos para conocer la calidad ambiental y el grado de toxicidad por metales pesados en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, se evaluará la concentración total y especiación de hierro (Fe), cobre (Cu), cobalto (Co), cromo (Cr), níquel (Ni), cadmio (Cd), cinc (Zn), manganeso (Mn) y plomo (Pb); además de la textura de los sedimentos, del contenido de materia volátil, carbono orgánico y carbonatos.

De allí que, resulta de gran relevancia poder realizar estudios relacionados con el problema que está afectando al ambiente, como es el caso de los metales pesados, mediante la determinación de la especiación de estos elementos en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, aporte trascendental para evaluar los posibles casos de contaminación que estén afectando a dicho ecosistema y sus condiciones de línea base.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La costa sur del golfo de Cariaco forma parte del Macizo Oriental, que es una formación de origen sedimentario. Por otro lado, la topografía de la costa del golfo, está determinada por el sistema de fallas tectónicas activas de Cariaco y El Pilar, y comprenden la zona de contacto de las placas Caribe y suramericana (Pérez y col, 2001).

Se trata de una zona fisiográfica con predominio de montañas bajas y, en menor proporción, de valles encajados y planicies de desbordamiento. Las montañas presentan pendientes muy fuertes, cuyas alturas oscilan entre 400 m y 600 m, sobre el nivel del mar formando una costa de acantilados de fuertes pendientes un ambiente de baja energía, asociada con playas desarrolladas en explayamientos. Es un área, en la cual el clima está caracterizado por un régimen muy contrastante de lluvias, con un déficit muy pronunciado en el verano. Ha sido sometida de manera sistemática a la intervención humana, ocasionando una destrucción avanzada de la cobertura vegetal, quedando solamente unos bosques aislados a lo largo de los valles encajados (talweges primarios). El relieve varía de ondulado a inclinado; medio de ablación en forma de montaña correspondiente a la fila El Encanto (cuenca del Río Marigüitar), relieve quebrado con vertientes generalmente simples y pendientes que oscilan entre 25 % y 30 % con valles encajonados y estrechos que se dirigen al mar. La localidad capital, Marigüitar, se emplaza en el estrecho valle del río con igual nombre (PDVSA, 2004).

Diseño del muestreo

El área de estudio, en la que se desarrolló esta investigación comprendió la zona marino-costera La Chica-Golindano, enmarcadas estas poblaciones en los alrededores del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. En la que se establecieron 23 estaciones (fig. 1). En la tabla 1 se muestra la ubicación geográfica de cada estación. La zona se encuentra afectada por los centros urbanos ubicados en este margen costero (La Chica, Marigüitar y Golindano), la planta procesadora de productos marinos de la empresa Alimentos Polar y el hotel Maigualida.

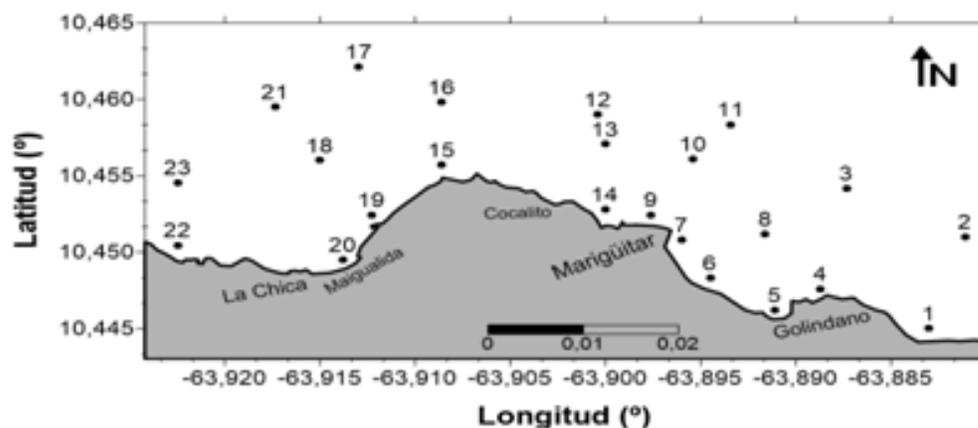


Figura 1. Distribución de las estaciones de muestreo para los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo en el sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Estación	Lat (°)	Lon (°)
1	-63,883	10,445
2	-63,881	10,451
3	63,887	10,454
4	-63,889	10,448
5	63,891	10,446
6	63,895	10,448
7	-63,896	10,451
8	-63,892	10,451
9	-63,898	10,452
10	-63,895	10,456
11	-63,893	10,458
12	-63,900	10,459
13	-63,900	10,457
14	-63,900	10,453
15	-63,909	10,456
16	-63,909	10,460
17	-63,913	10,462
18	-63,915	10,456
19	-63,912	10,452
20	-63,914	10,450
21	-63,917	10,460
22	-63,922	10,450
23	-63,922	10,450

Recolección y almacenamiento de los sedimentos

Se recolectaron 23 muestras de sedimentos superficiales en el área de estudio, usando una draga Dietz Lafond de 0,02 m² de área. Las muestras se tomaron a diferentes distancias de la orilla, obteniéndose un total de tres muestras por estación. Cada muestra fue almacenada en bolsas plásticas, previamente rotuladas, y refrigeradas a – 20 °C (Clark, 1996) hasta el momento de ser analizadas en el laboratorio de metales del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Una vez en el laboratorio, cada una de las muestras de sedimentos se descongeló y se secó en la estufa a 60 °C y se pulverizó finalmente en un mortero de porcelana, y se conservaron en envases limpios, hasta que se llevaron a cabo las respectivas determinaciones analíticas

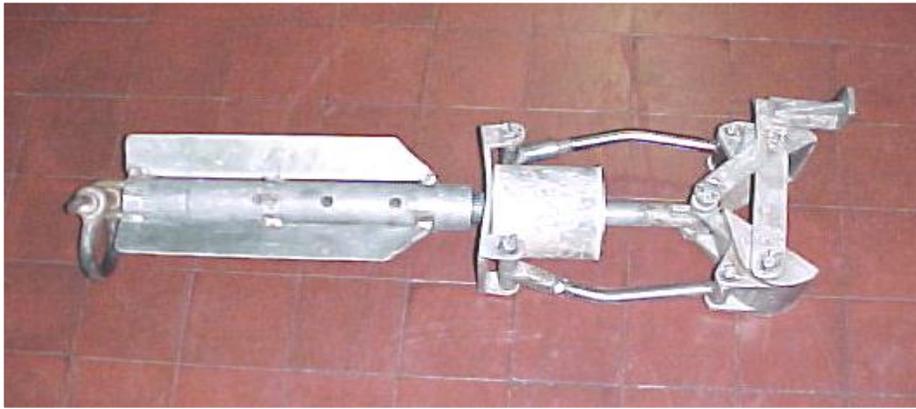


Figura 2. Draga de muestreo dietz Lafond de 0,02 m² de área

Analisis de las muestras

Las muestras fueron tratadas en el laboratorio de metales del Departamento de Oceanografía del instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente.

Textura de los sedimentos

Las muestras se colocaron en envases previamente secados, pesados y rotulados, en una estufa y se mantuvieron allí por una semana, para ser deshidratadas. Para determinar las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla) se empleó el método del densímetro (Primo y Carrasco, 1973), el cual consistió en medir la densidad de una suspensión a través del tiempo de sedimentación usando un densímetro Bouyoucos con escala desde 0

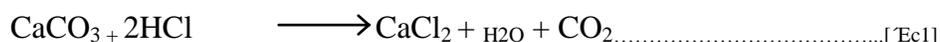
g/l hasta 60 g/l. Una muestra de 50 g de sedimento seco, previamente tamizado en una malla de 2 mm de espesor, se mezcló durante 5 minutos con 10 ml de solución dispersante de calgón y 300 ml de agua destilada. La mezcla se vertió en un cilindro de 1L, arrastrando toda partícula del sedimento con ayuda de una pizeta hasta completar 1L de solución con agua destilada. Luego se agito vigorosamente durante un minuto a fin de homogeneizar el contenido y a los 40 s del cese de la agitación se le midió la densidad y la temperatura. Al cabo de dos horas se le tomo nuevamente la densidad y temperatura de la suspensión. La concentración de sólidos totales indicada en la primera lectura corresponde a partículas de diámetro $\leq 63 \mu\text{m}$ (limo + arcilla) y la segunda lectura corresponderá a partículas de diámetro $\leq 2 \mu\text{m}$ (arcilla). Por consiguiente, la concentración de limo se obtendrá restando la segunda lectura de la primera y el contenido de arena se calculará por diferencia entre la masa total de sedimento y la masa de limo más arcilla. La clasificación de los sedimentos se determinará según el triángulo de Sheppard (1954).

Materia orgánica (MO)

El contenido de materia orgánica se determina colocando g de sedimento seco en crisoles de porcelana, previamente tarados, y sometiéndolos a calcinación en una mufla a 45 °C durante 2 horas. Luego de este tiempo se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron, obteniéndose por diferencia de masa el contenido de materia orgánica.

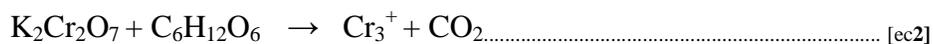
Carbonato de calcio

Se obtuvo por titulación con solución de NaOH estandarizado (Vogel, 1989). Para ello se pesaron 0,150 g de sedimentos previamente calcinados a 450 °C, se le añaden 12,5 ml de solución de HCl 0,1 mol·l⁻¹. Se agitó durante 6 horas en un agitador mecánico y se separó el extracto por centrifugación. Finalmente, los extractos se titularon con solución de NaOH 0,5 mol·l⁻¹ previamente valorado con ácido oxálico y fenolftaleína como indicador. Se verificó la eficiencia del método, titulando paralelamente cantidades similares de CaCO₃ de calidad analítica, de pureza 99 % como se indica en la ecuación 1



Carbono orgánico

El carbono orgánico se determinó por el método de combustión húmeda (Walkley y Black, 1934), con adaptaciones de Okuda, 1964; Heanes, 1984; Schumacher, 2002; Miyazawa y col, 2000). Este método se fundamenta en la medición espectrofotométrica del color verde de los iones Cr^{3+} , formados por la oxidación del carbono orgánico a CO_2 , como se indica en las ecuaciones 2 y 3. Para ello se pesaron aproximadamente 0,050 g de sedimento y se le añadieron 10 ml de solución de agente oxidante (ácido sulfocrómico $0,5 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$), se calentó hasta ebullición por 5 minutos; se dejó enfriar y luego se centrifugó. El extracto se diluyó a 25 ml con agua desionizada y se le leyó la absorbancia a 590 nm, con celdas de 1 cm de trayecto óptico, en un espectrofotómetro GENESYS 8. Paralelamente, se preparó una curva de calibración de carbono a partir de biftalato de potasio y se le hizo el procedimiento descrito anteriormente. Los valores para la curva de calibración se ubicaron en un rango de valores entre un mínimo de 0,5 mg hasta un máximo de 20,0 mg de equivalente de carbono orgánico, respectivamente.



Metales pesados en sedimentos

Metales totales

Un gramo de sedimento seco se sometió a digestión con 5 ml de una mezcla de ácidos nítrico, clorhídrico y perclórico concentrados, en proporción 3:2:1, por dos horas a una temperatura de 100 °C, con agitación constante. Los extractos se filtraron y diluyeron con agua desionizada en balones aforados a un volumen de 25 ml. Los metales se determinaron mediante espectroscopia de absorción atómica (EAA).

Fraccionamiento y especiación de metales

Para el fraccionamiento de los metales pesados en sedimentos superficiales se aplicó el método propuesto por Tessier y col. (1979), mediante una separación secuencial de 5 fracciones: metales intercambiables, metales unidos a carbonatos,

metales unidos a óxidos de hierro y manganeso; metales unidos a la materia orgánica y sulfuros y metales unidos a la fracción residual.

Fracción 1, metales intercambiables

Se trató 1 g de sedimento seco con 8 ml de disolución de cloruro de magnesio $1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ (pH 7) con agitación continua, en un agitador orbital, durante 1 hora a temperatura ambiente. Luego, se centrifugó y el líquido sobrenadante se filtró a través de papel de filtro Whatman N° 42. El residuo se lavó con agua desionizada y se incorporó al filtrado. La disolución se enrasó en un matraz aforado hasta un volumen de 25 ml con agua desionizada. Esta solución se etiquetó como solución 1. El análisis de cada muestra se realiza por triplicado.

Fracción 2, metales unidos a carbonatos

Al residuo sólido de la extracción anterior se le agregaron 8 ml de acetato de sodio $1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ajustado a (pH 5) con ácido acético, se agitó la mezcla durante 5 horas a temperatura ambiente, se centrifugó y se filtró. El residuo se lavó con agua desionizada, las aguas se incorporaron a la disolución anterior. La disolución se diluyó a 25 ml con agua desionizada y se etiquetó como solución 2.

Fracción 3, metales unidos a óxidos de hierro y manganeso

Se le agregaron 20 ml de una mezcla de hidrocloreuro de hidroxilamina $0,04 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ en ácido acético al 25 % v/v, a una temperatura de $\pm 96 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 6 horas con agitación intermitente al residuo insoluble de la etapa anterior. Se centrifugó, se filtró y lavó el residuo, incorporando las aguas del lavado a la disolución anterior. La disolución anterior se diluyó a 25 ml con agua desionizada y se etiquetó como solución 3.

Fracción 4, metales unidos a materia orgánica y sulfuros

Al residuo sólido procedente de la etapa anterior se le agregaron 3 ml de ácido nítrico concentrado y 5 ml de peróxido de hidrógeno (al 30 % y ajustado a pH 2 con ácido nítrico). La mezcla se calentó hasta $85 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 horas con agitación ocasional. Posteriormente, se le adicionaron una segunda alícuota de 3 ml de peróxido de hidrógeno al 30 % y se mantuvo durante 3 horas a 85°C con agitación intermitente.

Posteriormente, se enfrió la mezcla a temperatura ambiente, y se le agregó 5 ml de acetato de amonio $3,2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ en ácido nítrico al 20 %, se le añadieron 10 ml de agua desionizada y se agitó continuamente durante 30 minutos. Se centrifugó, filtró y lavó el residuo, incorporando las aguas del lavado a la disolución anterior. La disolución anterior se diluyó a 25 ml con agua desionizada y se etiquetó como solución 4.

Fracción 5, metales en la fracción residual

El residuo de la fracción anterior se sometió a digestión con 5 ml de una mezcla de ácidos nítrico, clorhídrico y perclórico concentrados, en proporción 3:2:1, por dos horas a una temperatura de $100 \text{ }^\circ\text{C}$, con agitación ocasional. El extracto se filtró y diluyó en 25 ml con agua desionizada y se etiquetó como solución 5.

Las concentraciones de los metales se determinarán mediante espectroscopia de absorción atómica (EAA) en las soluciones 1, 2, 3, 4 y 5.

Procesamiento y análisis de los resultados

Los resultados fueron procesados utilizando el programa Microsoft Excel 2010, los gráficos de isoconcentración con el programa Surfer 11 (Golden Software) y los análisis estadísticos multivariantes mediante el paquete estadístico Xlstat 2014 acoplado al Microsoft Excel 2010.

Calidad de los análisis

Para cada uno de los parámetros determinados se establecieron pruebas de precisión analítica y desviación estándar de los métodos analíticos, para esto se realizó réplicas de los análisis y la evaluación de un patrón de sedimentos certificado por Environmental Resource Associate. (Martínez y col, 2002).

Tabla 2. Longitud de onda (nm) y límite de detección ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.) para los metales evaluados en el presente estudio.

Metal	Longitud de onda (nm)	Límite de detección ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.)
Hierro	284,3	0,2462
Cobre	324,7	0,0599
Cobalto	240,7	0,0009
Cromo	357,9	0,2145
Níquel	232,0	0,0089
Cadmio	218,8	0,0087
Cinc	213,6	0,0599
Manganeso	279,5	0,0051
Plomo	283,3	0,0007

Precisión y Exactitud de los Métodos

La precisión del método utilizado para determinar la especiación de metales pesados, fue chequeada mediante el análisis de dos patrones de sedimento certificados por la Environmental Resource Associates: Catálogo número 540, Lote número 237 (Priority Pollutn/CLP. Soil) y Catálogo número 057, Lote número 57006 (Inorganic Blank Soil metals & Cyanide), obteniéndose resultados reproducibles, con desviaciones estándares bajas (Tablas 3-4).

Para la metodología de los metales totales fueron analizados los mismos patrones y obteniéndose valores muy cercanos a los certificados (Marval, 2002). La exactitud de los métodos utilizados ya ha sido verificada mediante el análisis de un patrón de sedimento certificado por Environmental Resource Associates (cat. # 540, lot # 243). Los valores de la desviación estándar y los coeficientes de variación obtenidos fueron comparados con los señalados por la casa fabricante. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 3. Precisión del método de extracción de metales totales

Lot.N° 237.Cat.N°54		Concentración (mg/kg)						
Nuestra	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Zn	Mn	Pb
1	7981,36	106,73	81,73	51,56	48,09	87,27	110,80	70,87
2	7996,69	106,83	80,59	52,40	48,08	87,78	111,96	69,12
3	7991,32	106,37	81,43	51,71	48,04	87,49	110,61	69,58
4	7990,86	107,89	81,59	51,30	48,89	88,12	113,51	71,47
5	7993,29	107,21	81,36	51,36	48,45	86,98	111,39	72,00
Promedio	7990,82	107,01	81,70	51,66	48,11	87,59	111,65	70,61
DS	5,78	0,58	0,44	0,44	0,51	0,44	1,17	1,23
Rango de Aceptación	2890 - 12600	88,4 - 127	70,5- 106	43,7- 68,0	40,3- 64,5	67,9 - 108	101- 154	57.2 - 93,0
Valor Certificado	7060	108	88,2	55,9	52,4	87,8	127	75,1
Lot#57006.Cat#0,57								
Concentración (mg/k)								
Muestra	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Zn	Mn	Pb
1	9788,59	6,28	6,85	5,67	0,00	23,46	172,83	10,85
2	9789,67	6,38	6,32	5,28	0,00	23,65	172,10	10,96
3	9780,68	6,29	6,89	5,90	0,00	24,27	172,50	9,83
4	9489,96	6,45	6,32	5,16	0,00	22,88	172,13	9,83
5	9787,13	6,35	6,60	5,50	0,00	23,57	172,64	10,37
Promedio	9787,23	6,35	6,60	5,50	0,00	23,57	172,64	10,37
DS	3,81	0,07	0,28	0,30	0,00	0,50	0,38	0,54
Rango de Aceptación	<9070	6,34	6,29	4,03	0,50	25,6	172	10,70

Estos resultados indican el grado de exactitud que presenta el método de digestión propuesto en la presente evaluación por la proximidad del valor promedio al rango aceptado, lo que significa que el método analítico es aceptable y además que los Resultados son reproducibles (Marval, 2008).

Tabla 4 Confiabilidad del método utilizado mediante un estudio comparativo del contenido de cada metal extraído y determinado en una muestra de sedimento certificado proveniente de environmental resource associates, cat. # 540, lot # 243.

Muestra	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Pb	Zn	Co
Replica 1	158,76	55,43	5424,54	196,31	53,39	86,45	81,90	108,47	49,49
Replica 2	171,95	54,60	5393,55	187,20	53,10	91,70	84,50	90,10	52,10
Replica 3	173,60	56,79	5307,93	187,34	52,75	90,97	84,33	95,40	52,56
Replica 4	161,76	53,64	5187,33	178,29	52,14	87,25	80,90	84,50	49,34
Replica 5	164,40	53,64	5533,14	184,37	52,96	59,78	83,96	106,42	49,83
Promedio	166,09	56,10	5369,30	184,90	52,91	89,23	83,12	97,58	50,65
D.S	6,44	2,50	129,77	7,46	0,53	2,30	1,62	10,30	1,55
Varianza	41,54	6,24	16840,76	55,65	0,28	5,28	2,62	106,12	2,40
Rango	116-	49,5-	5050-	176-	48,5-	76,6-	74,5-	94,7-	45,5-
acep	185	77,0	14700	260	70	122	121	150	68,0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Textura de los sedimentos

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se muestra una predominación textural del tipo arenosa seguido de la limo-arenosa y la arena limosa (fig 3) para los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano. Utilizando la clasificación del triángulo ternario de Shepard (1954), el porcentaje de arena presente en el sedimento vario entre 24,71 % y 100 %, con valor promedio de 80,39 %, siendo las estaciones 6, 7, 8, 9, 14, 15, 21 y 22 las que presentaron mayor contenido de arena, la que mostró menor proporción de la misma fue la estación 23 (Tabla A1). Esto es una característica de ambientes con alta energía, en los cuales los granos muy pequeños se mantienen suspendidos en el agua del mar (Gómez y col, 2006). La mayoría de las muestras arenosas pueden tener entre sus componentes: cuarzo, fragmentos de roca, caparazones de foraminíferos planctónicos, espículas y fragmentos calcáreos. El mecanismo de transporte de la arena en una zona costera puede producirse de dos maneras: (a) transporte de arena hacia y desde la costa y (b) transporte de arena paralelo a la costa o puede provenir de la socavación originada por las olas, especialmente cuando se presentan agujajes (Soledispa, 2007).

El porcentaje de limo en las muestras de sedimento superficiales vario entre 0,00 % y 66,84 %, con un valor máximo 66,84% en la estación 23 con un valor promedio de 17,92 %. Los valores de arcilla oscilaron entre 0,00 % y 8,5 % y valor promedio de 1,69 %, siendo la estación 19 y 23 las que presentan mayor cantidad del mismo (Tabla A1). Las altas proporciones de limo y arcilla, se distribuyen en la zona adyacente a playa Maigualida, La Chica, la cual se ubica en la desembocadura del rio Mariguitar, el cual arrastra hacia dicho margen costero materia orgánica que contiene grano muy fino (limo y arcilla). Aguilera (2005), reporta que la distribución de las fracciones texturales en sedimentos está condicionada a factores como la topografía, velocidad y dirección de los vientos y a las diversas corrientes generadas durante el régimen de pleamar y bajamar. Aguado (2012), reporta que los sedimentos superficiales del sector central del golfo de Cariaco, están conformados por altas proporciones de limo y arena, con menores proporciones de arcilla. Martínez (2016), reporta para el estudio geoquímico y ambiental

de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, son principalmente arenosos, arenolimosos y limo arenoso.

La textura predominante fue la arenosa, comparando estos valores con los datos registrados por Bonilla y col. (1998), en los sedimentos superficiales del ecosistema marino-costero de José, 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 los efluentes cercanos. Por otra parte, Landaeta (2002), determinó en los sedimentos superficiales de la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná, un 99,41 % de arena y un bajo contenido de limo y arcilla. Marval (2008), reporta que los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, son del tipo Arenolimo-Arcilloso, en casi la totalidad de la zona de estudio con porcentajes promedios de 77,59% arena, 18,78% limo y 3,92% arcilla. Gonzales (2019), reporta para los sedimentos superficiales del sector oriental del saco del golfo de Cariaco son del tipo, Arenolimo-Arcilloso en la mayoría de las estaciones, con promedio de 54,21% arena, 39,14% Limo, 6,65% Arcilla. Martínez (2016), reporta para el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela son del tipo, Arenoso con 39,8 % de arena en la mayoría de las estaciones, 22,3% de Limo y 6,88% Arcilla.

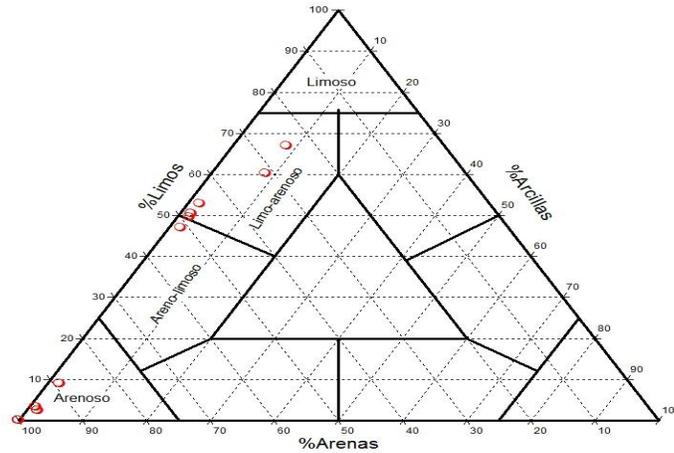


Figura 3. Clasificación textural de los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, según el triángulo de Sheppard.

La distribución espacial de los porcentajes de arena, limo y arcilla en el área de estudio son mostradas en las figuras 4, 5 y 6.

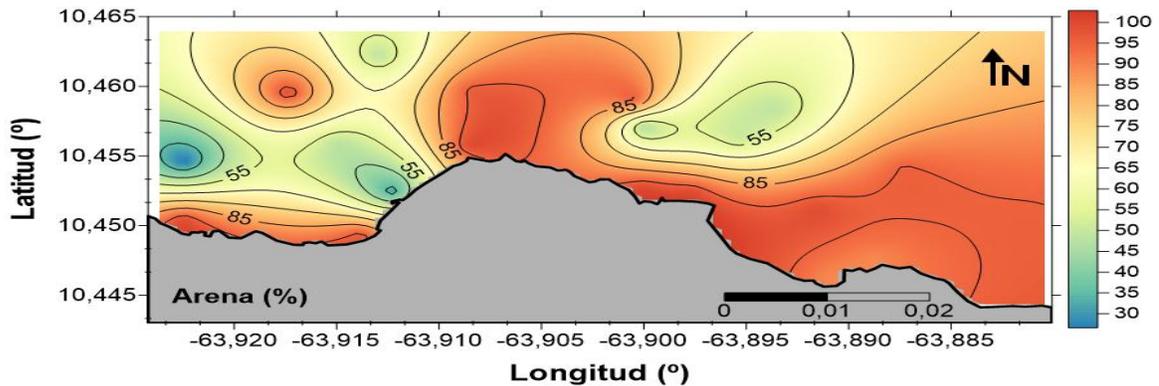


Figura 4. Distribución espacial de Arena en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

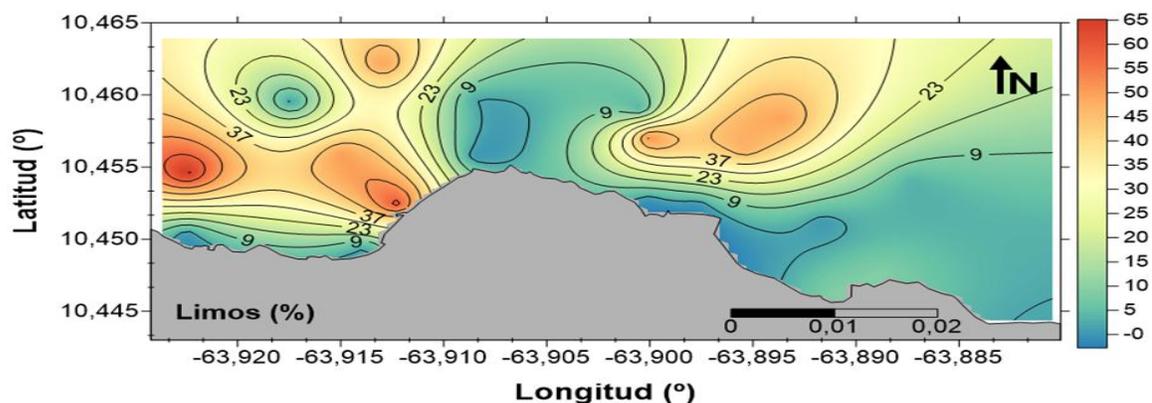


Figura 5. Distribución espacial de Limo en los sedimentos superficiales del sector marino-costero La Chica-Golidano del golfo de Cariaco.

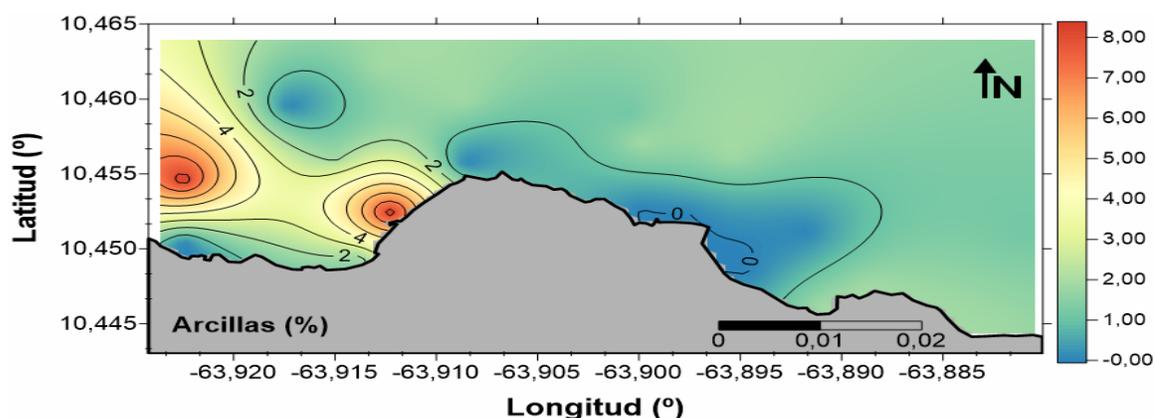


Figura 6. Distribución espacial de arcilla en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Materia Orgánica a 450 °C, (MO)

La MO en los sedimentos marinos juega un papel importante debido a que constituye un reservorio en el ciclo global del carbono y su abundancia 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 (Hedges, 1992). La materia orgánica está compuesta principalmente de carbono y se estima que un 58,0 % de ella es carbono orgánico, motivo por el cual la totalidad de ésta, en ciertas condiciones puede ser estimada, conociendo el porcentaje de CO, a partir del factor Vammelen, el cual tiene un valor de $MO = 1,724 \times (\% CO)$.

Hurtado (2015) determinó que la pérdida de masas a 450°C obtenidas por gravimetría, presentan una alta correlación con el carbono orgánico determinado

mediante el método de Walkley Black (1934) y por análisis elemental; proponiendo una ecuación para el cálculo de la materia orgánica en los sedimentos del golfo de Cariaco.

$$\% \text{ MO (450 } ^\circ\text{C)} = 1,64 \text{ CO (WB)} + 0,58$$

El factor de correlación (1,64) es muy similar al factor Vammelen, utilizado en la estimación de la materia orgánica realizada por Hernández (2013) para la región oriental del golfo.

Las altas proporciones de materia orgánica determinadas en los sedimentos superficiales sugieren que los mismos pueden ser importantes como trampa o sumidero de carbono, tal como se ha demostrado para la fosa de Cariaco (Muller-Karger y col., 2000, 2001 y 2005; Thunell y col., 2007). El contenido orgánico en los sedimentos está estrechamente relacionado con la composición granulométrica, siendo los sedimentos de mayor proporción de arcilla y limo los que retienen mayor cantidad de residuos orgánicos.

En la figura 7, se presenta la distribución espacial del porcentaje de materia volátil a 450 °C utilizando el factor de Vammelen en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, los cuales oscilaron entre 0,88 % en la estación 22 y 10,91 % en la estación 17 y un valor promedio de 2,99% (TablaA2). Cabe destacar que los mayores porcentajes de materia orgánica volátil a 450°C coinciden con muchas de las estaciones donde se encontraron altas proporciones de limo en la zona de muestreo. Estos valores de materia orgánica obtenidos pueden ser debido principalmente a procesos naturales que ocurren durante el período de surgencia, ya que en esta zona no existe un aporte antrópico importante (Hernández y col 2008). Por otro lado, en los sedimentos con mayor porcentaje de arena presentaron menores concentraciones de materia volátil a 450°C. Esto puede deberse a que las corrientes marinas fuertes en esta zona evitarían la deposición de materia orgánica, y la que logre depositarse sea oxidada rápidamente en este fondo marino (Astorga y Silva, 2003). Aguado (2012), los mayores porcentajes de materia volátil a 450°C coinciden en las zonas donde se encontraron altas proporciones de limo. Los altos valores de materia orgánica obtenidos pueden ser debido principalmente a procesos naturales que ocurren durante el período de surgencia ya que en esta zona no existe un aporte antrópico importante. Marval (2008), indica que los máximos porcentajes de materia volátil están

ubicados hacia la zona centro este del área de estudio donde hay un mayor predominio de limos y arcillas. Las mayores concentraciones corresponden específicamente a las estaciones 35 seguida de la 34 ubicadas en el centro del Golfo de Cariaco. Estos resultados concuerdan con los reportados por Hedges (1992), el cual indica que el 80 % de la materia orgánica en zonas costeras y deltaicas, está preservada en los sedimentos limosos y arcillosos, sugiriendo que es fácilmente adsorbida en el material fino de origen terrestre. Es importante indicar que, en el transecto central, la acumulación de materia volátil se ve favorecida por la circulación ciclónica existente en la zona que permite la entrada y posterior sedimentación de sustancias (Martínez, 2002). Los niveles de materia volátil detectados en esta investigación son comparables en algunas de sus estaciones a los reportados por Márquez y col, (2005), en los sedimentos superficiales del sector nororiental del golfo de Cariaco (1,53 % a 14,70 %), los cuales reflejan un cierto grado de actividad biogeoquímica indicando la productividad primaria de la zona.

Este valor promedio de carbono orgánico es mayor que los reportados por López y Okuda (1968) para la laguna Grande del Obispo (0,19 %), al 0,45 % en los sedimentos del Archipiélago de los Roques (Bonilla y col, 2003), al 0,97 % de COT de los sedimentos superficiales en el litoral nororiental del golfo de Cariaco (Márquez y col., 2005), al 1,86 % para los sedimentos ubicados en las cercanías del criogénico de José (Bonilla 1993) y al valor promedio de 1,53 % reportado por Martínez y Martínez (2012) para los sedimentos de la plataforma al Norte de la Península de Paria, pero comparables a los reportados por Bonilla y col, (1985) para los sedimentos de la región nororiental y río Orinoco (4,29 % y 6,28 %), respectivamente, al 3,11 % para los sedimentos superficiales del sector del golfo de Cariaco (Martínez y col., 2011), así como para el valor promedio reportado por Romero (2010) para los sedimentos del sector oriental del golfo.

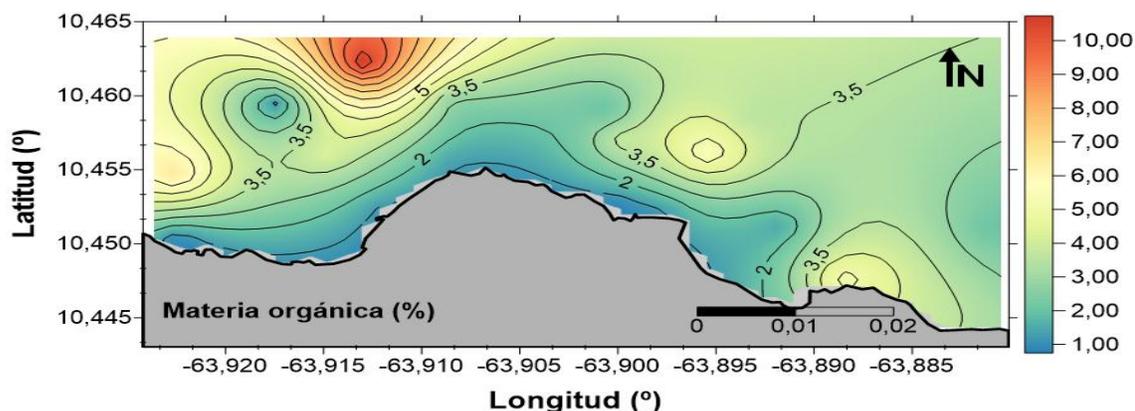


Figura 7. Distribución estacional de materia orgánica a 450 °C en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano golfo de Cariaco.

El valor promedio de materia volátil en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco (Tabla A2), es inferior a 18,03 % encontrado en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata (Fuentes, 1998), pero superior a 1,80 % y 0,39 % en la Cuenca del río Orinoco (Salazar, 1989), inferior a 5,89 % encontrado en los sedimentos del sector oeste del golfo de Cariaco (Marval, 2008), y inferior a 17,40 % encontrado en los sedimentos superficiales del sector central del Golfo de Cariaco (Aguado, 1012), y inferior a 5,35%, reportado en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, (Gonzales 2019).

Carbonato de calcio

El mayor porcentaje obtenido de carbonato, calculados como CaCO_3 (Tabla A2), fue de 0,65 % determinado en la estación 7, seguida de la estación 6 con 0,37 %, luego la estación 1 con 0,36 % y la estación 8 con 0,28 %, la estación con menor porcentaje de carbonato fue la 4 con 0,12 %. En la figura 8, se observa que la mayor concentración de carbonatos se ubica en la zona de muestreo comprendida entre Mariguitar y Golindano del golfo de Cariaco, mientras que en el resto de las estaciones se observa una distribución homogénea. El bajo contenido de carbonato puede estar relacionado con la presencia de material de sílice que conforman las rocas del área, las cuales son arrastradas por el río durante las escorrentías, durante la temporada de lluvia en el

período en que se realizaron los muestreos y la recolección de las muestras (invierno, verano).

Aguado (2012), reporto un promedio de 18,94 % de carbonato en el sector central del golfo de Cariaco, indicando que la mayor concentración de carbonatos se ubica en la costa noreste del sector central del Golfo de Cariaco. Velásquez (2005), en el Saco del Golfo de Cariaco reportó valores promedio de carbonato de 13,26 % para la temporada de sequía y de 19,33 % para la temporada de lluvia. Mientras que Caraballo (1982) reportó porcentajes de carbonatos entre 26 % y 50%, en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco. Todos estos valores referenciales son superiores a los encontrados en la presente investigación. Marval (2008), reporto valor promedio de carbonato de 33,66 %, estando asociados los mayores porcentajes hacia el oeste del Golfo de Cariaco, donde se detectó un mayor porcentaje de arenas, Gonzales (2019), reporto para el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, un valor promedio de 19,33%, indicando que las mínimas concentraciones de carbonato se localizaron hacia el centro del golfo, mientras que las máximas concentraciones hacia la zona de la costa del golfo lo cual pareciera estar íntimamente relacionadas con la existencia de conchas de organismos y de calizas que son una buena fuente de carbonatos.

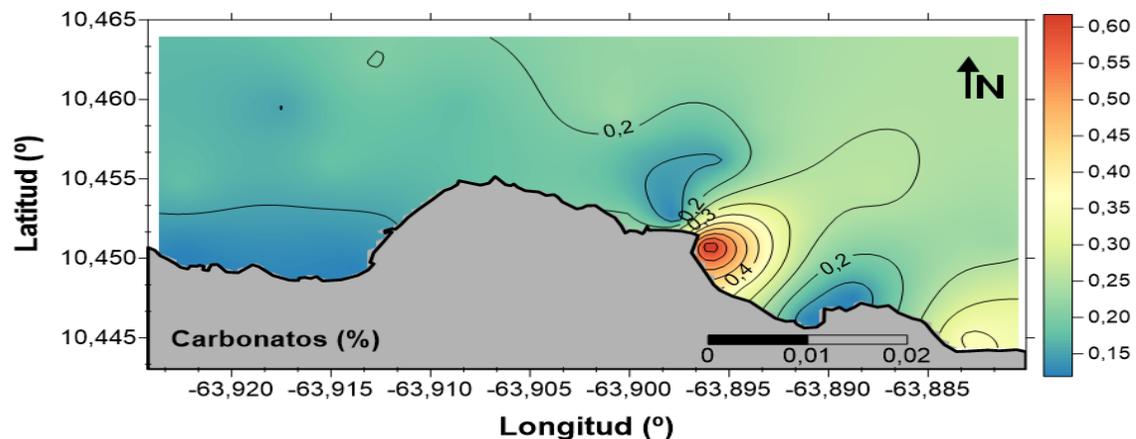


Figura 8. Distribución espacial de carbonato en los sedimentos superficiales del sector marino costero la Chica-Golindano, del golfo de Cariaco.

Carbono orgánico

De acuerdo con la figura 9 y la Tabla A2, el contenido de carbono orgánico varía desde un mínimo de 0,19 % en las estaciones 14 y 22 hasta un máximo de 6,30 %, en la estación 17 respectivamente, con un valor promedio de 1,47 %. Los porcentajes más elevados Carbono Orgánico se detectaron en la zona de estudio ubicada entre La Chica y playa Maigualida. Estos resultados de carbono orgánico son proporcionales con el contenido de materia volátil a 450 °C (materia orgánica) y su distribución corresponde con la distribución de la granulometría de los sedimentos, las estaciones de textura arenosa se encontró bajos porcentajes de materia volátil y carbono orgánico; por el contrario, en las estaciones con altos porcentajes de limo se encontró mayores porcentajes de materia orgánica y carbono orgánico.

Los valores de carbono orgánico encontrados en esta investigación son menores a los reportados por Bonilla y Lin (1979 %) en los sedimentos del Golfo de Cariaco (4,18 %); Bonilla (1982), para la Cuenca de Cariaco (5,56 %); Aguado (2012), en los sedimentos superficiales del sector central del Golfo de Cariaco (9,94 %). Mudarra (2002) para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido con un promedio de (4,06 %); indicando que predominan sedimentos de grano fino. Se puede decir que los altos valores de carbono orgánico están relacionados con las características granulométricas de los sedimentos, además de la incorporación autóctona, favorecida por los procesos de degradación de la materia orgánica, Gonzales (2019); reporto para el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, un valor promedio de 3,11 %. Las concentraciones de Carbono Orgánico más elevadas se detectaron hacia el sector centro-oriental del golfo, donde la textura limo y arcilla está presente. Martinez (2016), reporto para el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, promedio de carbono orgánico de 3,88%, donde los valores más altos se ubican en la zona central del ecosistema.

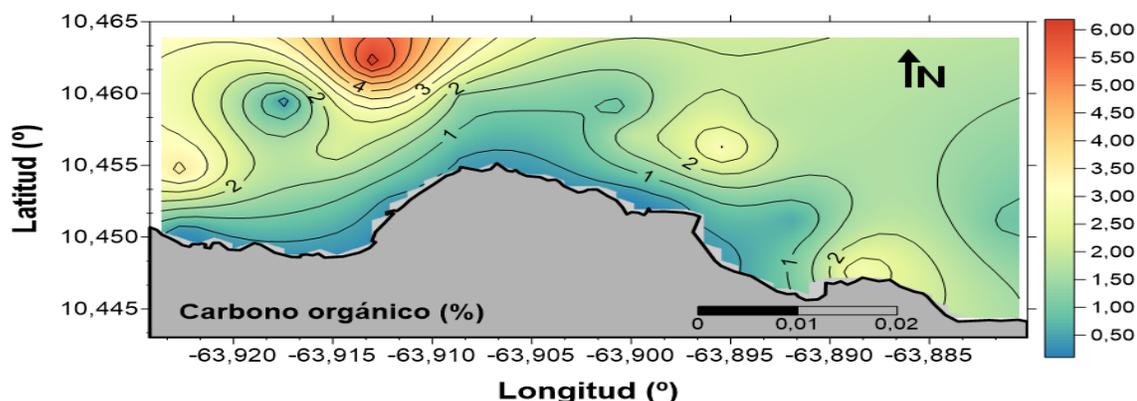


Figura 9. Distribución espacial de carbono orgánico en los sedimentos superficiales del sector marino costero la Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Metales analizados

Uno de los aspectos más importantes de la contaminación marina es la causada por los metales pesados. En los sedimentos marinos representan la mayor parte de la materia inorgánica, los cuales con el avance tecnológico y científico que existe actualmente, son ampliamente estudiados para conocer sus diversos orígenes, evolución, especiación, concentración, toxicidad y distribución. De todos los metales estudiados en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, el hierro fue el más abundante, seguido por el zinc ambos con concentraciones promedios superiores a $17549,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y $778,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. El hecho de encontrar valores elevados del contenido de Fe y Zn en sedimentos es común, ya que estos dos metales son los más abundantes en la corteza terrestre. Las concentraciones de los restantes metales resultaron inferiores a $45,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, como se muestra en el siguiente orden de abundancia: $\text{Cr} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Cu} > \text{Cd}$.

Hierro (Fe)

La figura 10 muestra la distribución espacial de hierro total ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), en los sedimentos superficiales del sector marino costero La chica-Golindano presentando un máximo de $54.409,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 23 y un mínimo de $1436,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 8, con un promedio de $17.549,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tabla A3)

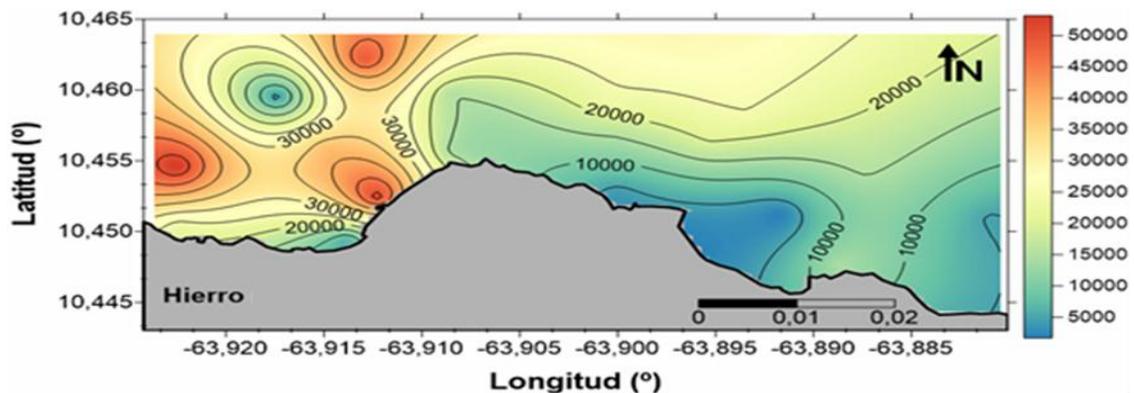


Figura 10 Distribución espacial de hierro total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica Golindano golfo de Cariaco.

Las altas concentraciones de este metal se localizaron hacia la zona estudiada comprendida entre La Chica-Maigualida y Mariguitar-Golindano del golfo de Cariaco, y están relacionadas directamente con el tipo de grano presente en los sedimentos, si son limo-arenoso, areno-limoso, areno-arcilloso y limo arcilloso, (los sedimentos de grano fino son capaces de retener grandes cantidades de metales trazas). Estas altas concentraciones pueden estar relacionadas con los procesos biogénicos y los procesos de corrosión que se efectúan en ambientes marinos, produciéndose la precipitación de oxihidróxidos de hierro y manganeso.

Aguado (2012), reporto elevadas concentraciones de hierro en la región centro-oriental y central del golfo de Cariaco, relacionada directamente con el tipo de grano limo-arenoso y areno-limoso presente en los sedimentos (los sedimentos de grano fino son capaces de retener grandes cantidades de metales trazas). Bonilla y col. (2003) reportaron altas concentraciones de hierro en la Ensenada Grande del Obispo, relacionándolas con sedimentos de granos más finos, y al favorecimiento de procesos de floculación y formación de complejos del metal. Sadiq (1992) informó que las altas concentraciones de Fe son normales en las áreas costeras y estuarinas, especialmente las influenciadas por actividades antrópicas. Sin embargo, Well y Mayer (1991) indicaron que las altas concentraciones de Fe en los sedimentos dependen del grado de actividad abiótica, Marval (2008), reportó que las menores concentraciones de hierro corresponden a la entrada del golfo de Cariaco donde abundan las arenas en el sedimento y el proceso de sedimentación deposición es bajo por efectos de la

hidrodinámica de la zona. Martínez (2016), reporto valor de la concentración de Hierro total de $11800 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; para los sedimentos del estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos de Golfo de Cariaco Venezuela, valor inferior al reportado en esta investigación.

De acuerdo con la Figura 11 y la (Tabla A4), donde se muestran el fraccionamiento de hierro en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, el hierro está presente en un 1 %, en la fracción intercambiable con un máximo de $57,89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; en la estación 10 y un mínimo no detectado en la estaciones 2, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 21 y promedio de $4,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; para la fracción 2 (Fe unido a carbonatos), el promedio fue de $5,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, presentando tan solo el 1%, con un valor máximo en la estación 22 de $58,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y un mínimo no detectado en la estaciones 15, 16, 17 y 23; para la fracción 3 (metal asociado a oxihidróxidos de hierro y manganeso), el promedio fue de $7365,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cual representa el 41%, con valor máximo de $30.535,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 19 y un mínimo en la estación 8 de $124,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. El hierro estuvo presente en un mayor porcentaje en la fracción 4 (fe unida a materia orgánica y sulfuros), el cual fue de 51% con valor promedio de $9050,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; presentando un valor máximo de $52.304,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 23 y un valor mínimo de $509,29 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 9. Por último, en la fracción 5, (Fe unido a la fracción residual presentó un promedio de $1123,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, presentando un valor máximo de $4418,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 4 y un mínimo de $261,64 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 6 lo que representa el 6% de la fracción.

De acuerdo con esto, los bajos valores de hierro en la F1 y F2 reflejan la escasa influencia que ejercen fuentes antrópicas sobre el sistema sedimentario. Por otra parte, las altas concentraciones en F4 y F3 indican que este metal puede estar asociado fuertemente a la materia orgánica y sulfuros y a los oxihidróxidos de hierro y manganeso que se depositan en los sedimentos de esta región marino-costera. Además, la presencia del hierro en la fase residual indica que este elemento es de naturaleza litogénica

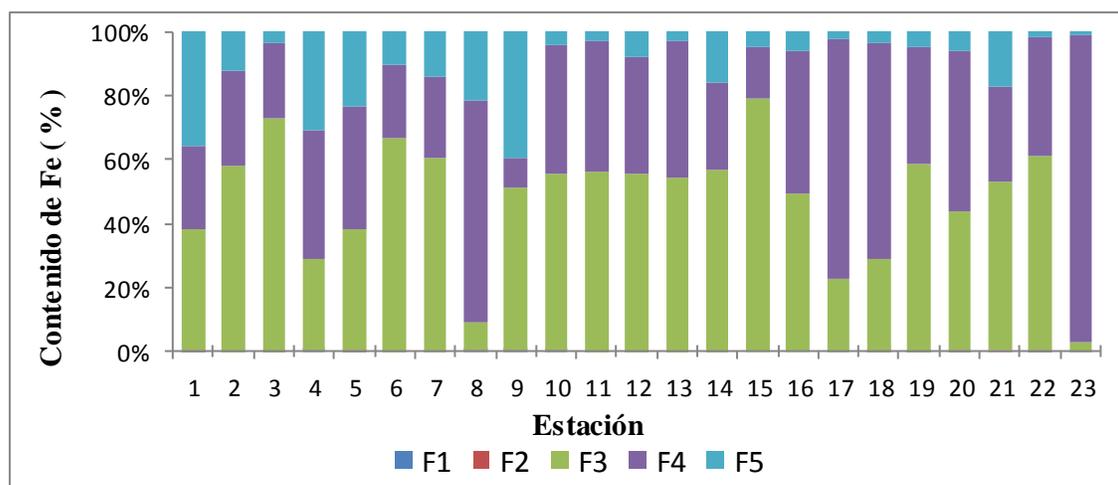


Figura 11. Concentraciones de hierro en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Comparando los valores de las concentraciones con los hallados por López y col, (2006) de $1458 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos superficiales de la Laguna de Píritu, estos valores resultaron inferiores a las concentraciones determinadas en el sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, debido a que el Fe es liberado desde muchas fuentes, por mencionar una de esta la antrópica (por la mano del hombre), mientras que en sedimentos superficiales de la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná se hallaron valores de $20.148 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Landaeta, 2002), menores a los reportados en este estudio. Sin embargo, Moya (2010) y Aguado (2012) reportaron valores de ($12612,19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $13040,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), muy similares para los sedimentos del sector oriental y central del golfo de Cariaco, esto pudo deberse a que los muestreos se realizaron en la misma época, pero en diferentes años, estos valores son inferiores a los reportado en la presente investigación. Marval (2008), reportó hierro con valor de $10,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, valor inferior al reportado en la presente investigación. Martínez (2016), reporto que el hierro presento su mayor concentración en la fracción residual (F5), con valor de $5,39 \times 10^3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al reportados en el presente trabajo de investigación.

Cobre (Cu)

La Figura 12, muestra la distribución espacial del cobre total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco con un promedio de $6,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tabla A3), valor menor a $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de sedimentos no contaminados según Sadiq (1992), lo cual pudiera sugerir la no contaminación de los sedimentos por este metal. Las más bajas concentraciones de cobre están asociadas al área en estudio donde hay predominio de arenas, en las estaciones 9 y 14, ubicadas en la zona estudiada conocida como los Cocalito y Mariguitar con valores de $1,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $1,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente. Por otra parte, las altas concentraciones de cobre se ubicaron entre Maigualida y Cocalito en las estaciones 19 y 17 con $17,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $17,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ según la (Tabla A3), que se relacionan con el alto porcentaje de limo, materia volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$ y carbono orgánico.

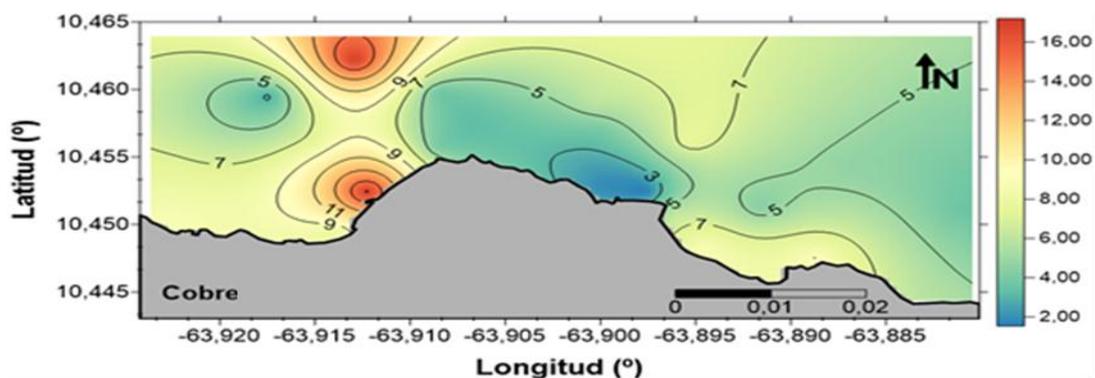


Figura 12. Distribución espacial de cobre en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Aguado (2012) reportó un valor promedio de cobre total para los sedimentos del sector central del golfo del Cariaco de $14,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ este valor es superior al promedio encontrado en el presente estudio. Martínez (2002), reportó un valor de cobre total para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco de $10,39 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor que es superior al promedio encontrado en el presente estudio Marval (2008), reportó para los sedimentos del sector oriental del golfo de Cariaco valor promedio de cobre total de $7,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, indicando que las mayores concentraciones de cobre están ubicadas hacia el este de la zona de estudio entre las estaciones 34 y 35, ubicadas en el transepto central del Golfo de Cariaco y la estación 37 frente a la entrada de la Ensenada Grande del

Obispo, que corresponden a altos porcentajes de limo y menor porcentaje de arena, valor superior al reportado en la presente investigación Mudarra (2002), reportó un promedio de Cu total de $0,99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 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 encontrado en esta investigación es bastante alto comparado con la de este autor. Márquez (2003), en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, reportó un promedio de Cu total de $3,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor que es inferior a los promedios reportados para este estudio. Por otra parte, Díaz (2008), en sedimentos del Saco del golfo de Cariaco reportó un promedio total de cobre de $23,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ superior al encontrado en esta investigación. Martínez (2016), reportó que el Cu en el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, presentó concentración total promedio de valor de $20,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, superior al reportado en este trabajo de investigación. González (2019), reportó que el Cu total en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, presentó un valor promedio de $8,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ superior al de este trabajo de investigación.

Tomando en cuenta la Figura 13 y la Tabla A5, donde se muestran los valores de la especiación de cobre en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La chica-Golindano, el cobre reportó porcentaje promedio por encima 10 % en las fracciones (F1, F2 y F3), este reportó un valor promedio de $0,87 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, un máximo de $4,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 20 y un mínimo no detectado en las estaciones 3, 5, 7, 10, 14, 15 y 16 en F1 (intercambiable), para F2 (Cu unido a carbonatos), con un máximo de $6,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 6, con valores mínimo no detectado en las estaciones 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21 y 23, y un promedio $0,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en F3 (Cu asociado a oxihidróxidos de hierro y manganeso), con un valor mínimo de $0,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 23, un máximo de $2,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 7 y un promedio de $0,86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en F4 (Cu unido a materia orgánica y sulfuros), el presentó porcentaje superior al 50 % con un máximo de $13,89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 17 un mínimo de $0,31 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 9 y valor promedio de $3,48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, indicando

que la mayor concentración de cobre se encuentra mayormente asociado a la materia orgánica y sulfuros, debido a que tiene tendencia a encontrarse en sedimentos ricos en carbono orgánico (Castellar, 2004). Y en F5 (Cu unido a la fracción residual), el cobre presento porcentaje por debajo del 10 % y se encontraron valores mínimos no detectados en las estaciones 1, 2, 3, 7 y 8 un máximo de 2,45 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 4 con un promedio de 0,62 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

El fraccionamiento geoquímico de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, mostró que la matriz sedimentaria y la materia orgánica son las principales fuentes de acumulación de cobre en dichos sedimentos. La distribución indicó que una parte del contenido de Cu presentes en los sedimentos es de origen litogénico, observándose una distribución del metal con la mayor proporción en la materia orgánica y la fracción residual, respectivamente. La asociación de este metal con la materia orgánica puede indicar un posible enriquecimiento de éste en la biota marina, principalmente en los moluscos, los cuales son organismos filtradores que consumen la materia orgánica de los sedimentos. Por lo que este metal representa un riesgo como posible contaminante en el área en estudio, debido a que puede pasar a la red trófica.

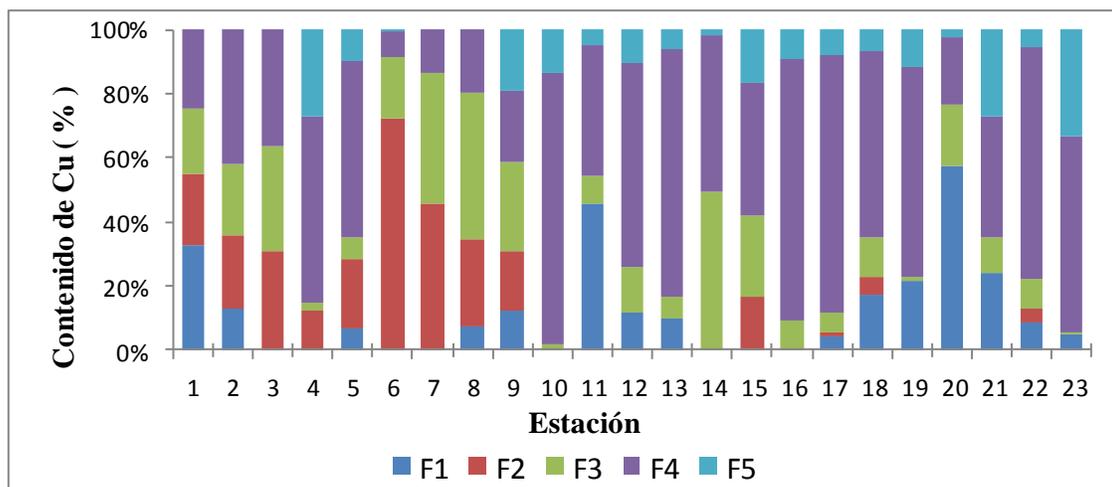


Figura 13. Concentraciones de cobre en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Aguado (2012), reportó que las mayores concentraciones de cobre se detectaron en la fracción asociada a la materia orgánica y sulfuro (f4), con valor de $23,58 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cual es superior al reportado en el presente trabajo de investigación, seguida de la fracción residual (f5), con valor de concentración $13,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, superior al reportado en esta investigación y por última la fracción intercambiable con valor de concentración de $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado presente en el presente trabajo de investigación. Marval (2008), reportó que el cobre se encontró relacionado únicamente con la fracción residual (f5), con valor de concentración de $23,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior al reportado en la presente investigación. Martínez (2002) encontró valores altos de cobre en el transecto central del Golfo de Cariaco señalando como posible origen, la surgencia costera, la cual es mayor hacia esta zona, con la consecuente incorporación de un alto volumen de materia orgánica y metales en los sedimentos de esta parte del área de estudio. Este afloramiento de agua subsuperficial ocurre con mucha intensidad durante los meses de noviembre a marzo cuando se presentan los vientos alisios. Martínez (2002) señala concentraciones elevadas de cobre, sugiriendo que el contenido del metal parece tener un origen más residual que no residual, indicando que el metal forma parte en estos casos, de la estructura reticular de los componentes minerales de los sedimentos. El cobre en la presente investigación, fue detectado en todas las fracciones analizadas. Martínez (2016), reportó que el cobre presentó su mayor concentración en la fracción residual (F5), con valor de $9,16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, superior a los reportados en el presente trabajo de investigación. González (2019), reportó que el Cu en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, presentó un valor promedio, $4,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior a los reportados en el presente trabajo de investigación y lo relacionó con fracción intercambiable (F1).

Cobalto (Co)

La distribución espacial de cobalto total en el sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco se muestra en la figura 14, donde las concentraciones variaron desde un máximo de $35,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 19 y un mínimo $2,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

en la estación 13 y un valor promedio de $10,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cobalto presenta una distribución similar en muchas de las estaciones del área en estudio, siendo las estaciones 9, 13 y 21 las que presentaron concentraciones más bajas en los sedimentos, con respecto al resto de las estaciones. En general, los mayores contenidos de cobalto coinciden con las texturas limo-arenosas y areno-limosas, el contenido de cobalto guarda una relación significativa con los parámetros de carbono orgánico y de materia volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$. El contenido de cobalto total en la zona fue menor en las estaciones 13 y 21, la estación 13 presentó textura del tipo limo-arenosa no obstante la estación 21 es del tipo arenosa, a la cual se le dificulta la adsorción del metal por el tamaño de la partícula

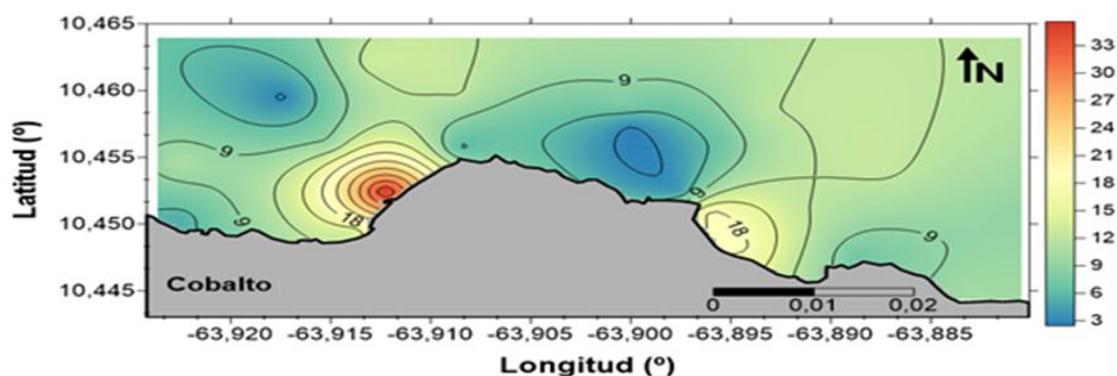


Figura 14. Distribución espacial de cobalto total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chpca-Golindano del golfo de Cariaco.

Las más altas proporciones de Co son factores que indican la deposición del elemento en las estaciones mencionadas y la intervención exógena antropogénica del área estudiada. El promedio de cobalto total es de $10,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior a $2,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, reportados por Aguado (2012) en los sedimentos superficiales del sector central del Golfo de Cariaco. Velásquez (2005), reportó valores de $2,78 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $3,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en los sedimentos superficiales del sector oriental del golfo de Cariaco valores inferiores a lo reportados en este estudio. Márquez y col. (2008), reportó un promedio de $4,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos de la Laguna de Castellero, valor inferior al encontrado en el presente estudio. Marval (2008), reportó un promedio de cobalto total de $2,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, valor inferior al reportado en el presente estudio de investigación. Martínez (2016), reportó que el Co en el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela,

que la concentración total promedio de Co presento valor de $6,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado en esta investigación. Y indico que las concentraciones más altas se ubican hacia la margen costera Sur frente al sector conocido como Tarabacoa, cercano al centro poblado de. Marigüitar, asociada a las descargas de los ríos y otras escorrentías fluviales que drenan sus aguas en este sector marino costero.

En la figura 15, el cual representa y la distribución por estaciones del fraccionamiento geoquímico del cobalto en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano (Tabla A6), este presento porcentaje del 28 %, y se encontró asociado con los metales intercambiables (F1) con un valor promedio de $3,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, un máximo de $18,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 19 y un mínimo no detectado en las estaciones 4, 6, 7, 9, 10, 13 y 14, el cobalto se encontró asociado a los carbonatos (F2) con un valor máximo de $12,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 6, y valor mínimo no detectado en varias estaciones, por citar alguna de estas la 2 y la 23, y un valor promedio $1,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ lo que representa un 14 %, este se encontró unido con los oxihidróxidos de Fe y Mn (F3), con un porcentaje del 35 %, con valor por debajo del límite de detección en la estación 21 un valor promedio de $3,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y un valor máximo de $14,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 19, el cobalto se encontró asociado a la materia orgánica y sulfuro (F4), con valor máximo de $5,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 17 lo cual representa un 20 %, con un valor mínimo de $0,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 20, y un valor promedio $2,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cobalto se encontró asociado a la fracción residual (F5) valores por debajo del límite de detección en varias de las estaciones, con un valor promedio de $0,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y valor máximo de $1,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 4, y porcentaje por debajo del 5 %. Este metal (Co) fue detectado en todas las fracciones analizadas en esta investigación.

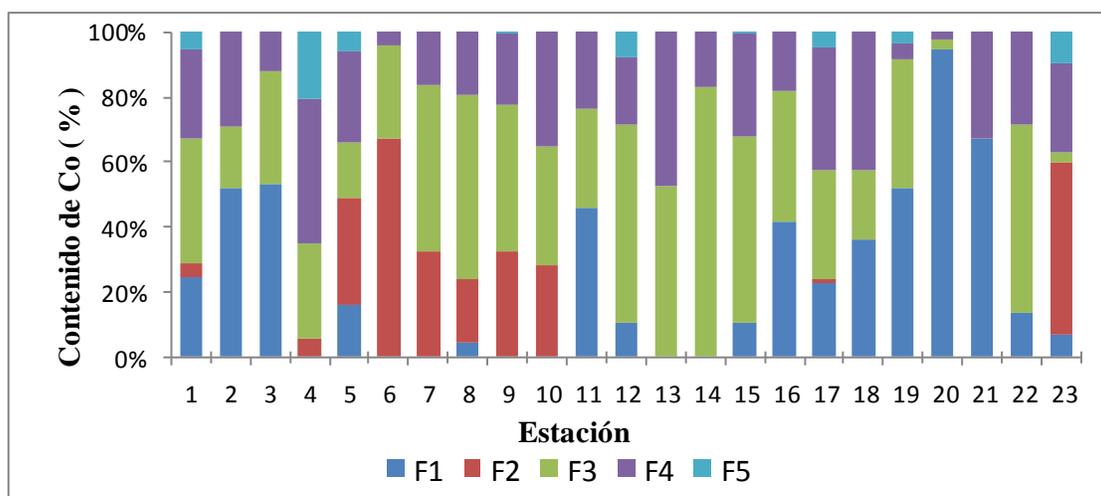


Figura 15. Concentraciones de cobalto en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco

En este estudio, el Co presentó su mayor concentración en la fracción asociada a los metales intercambiables ($18,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), seguida de la fracción asociada a oxihidróxidos de hierro y manganeso ($14,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), la fracción asociada a los carbonatos presentó concentración de ($12,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), en la fracción asociada a la materia orgánica se reportó concentración de ($5,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), y por último, la fracción residual fue la que presentó la menor concentración de cobalto ($1,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), lo que indica que el cobalto reportado en el estudio de los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano puede ser aportado al ecosistema por diferentes fuentes, como lo son la antrópica y la natural.

Marval reportó para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, en el (2008), que este metal presentó su mayor concentración en la fracción asociada a los oxihidróxidos de Fe y Mn con un valor de $1,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior a los encontrados en el presente estudio y en la fracción residual con un valor de $3,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ valor superior a los reportados en esta investigación. Aguado (2012), reportó para los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco, mayores concentraciones de cobalto asociado a la fracción residual con valor de $2,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, menor a los reportados en esta investigación, materia orgánica y sulfuro con valor de $1,67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y oxihidróxidos de hierro y manganeso con un valor de $0,49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, estos dos últimos valores de

concentración son inferiores a los reportado en este estudio. El cobalto en el presente trabajo de investigación, se encontró en todas las fracciones analizadas en el equipo absorción atómica, presentando sus mayores concentraciones en la fracción biodisponible (F1). Martínez (2016), reportó que el Co en el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, se presentó fuertemente asociado a los metales unidos a la fracción residual (F5), con promedio de $2,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior a los reportados en este trabajo de investigación.

Cromo (Cr)

La figura 16. Muestra la distribución espacial de cromo total en los sedimentos superficiales del sector marino costero. La Chica-Golindano, donde las concentraciones variaron entre $13,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (estación 14), y $99,95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (estación 17), con un valor promedio de $44,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Las altas concentraciones de cromo guardan una relación directa con las bajas concentraciones de arena en dichas estaciones. Por otra parte, este metal se encontró asociado con la materia orgánica volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$ y el carbono orgánico, es decir, donde se hallaron las mayores concentraciones de Cr también se encontraron los mayores porcentajes de materia orgánica volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$, y carbono orgánico.

Sadiq (1992), señala que en los sedimentos no contaminados los valores de cromo de ben ser inferiores a $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, lo cual podría estar evidenciando contaminación del metal en el golfo de Cariaco. Martínez (2002) reportó valores que superan el límite para sedimentos no contaminados en el golfo de Cariaco (desde $2,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta $97,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con un promedio de $32,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), inferiores a los reportados en la presente investigación y los asoció a la textura del sedimento con alto contenido de partículas finas y a las elevadas concentraciones de materia orgánica que contienen los sedimentos, además del aporte antropogénico. Márquez (2003), reportó un promedio de cromo total de $7,79 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en los sedimentos superficiales del golfo de Santa fe, valor que es inferior al promedio reportado en este estudio. Marval (2008), reportó para los sedimentos del sector occidental del golfo de Cariaco un valor promedio para el cromo $29,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y valores que variaron desde $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta $67,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferiores

a los reportados en esta investigación. Aguado (2012), reportó para los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco valores de $4,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $55,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y promedio de $24,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ valores que son inferiores a los reportados en este estudio. Martínez (2016), reportó que el Cr en el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, que el máximo valor promedio de Cr total se ubicó, hacia el sector central del sistema sedimentario, así como hacia el sector marino frente a la ciudad de Cumaná con valor de $25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado en este trabajo de investigación. González (2019), reportó que el Cr en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, Las mayores concentraciones se registraron fuera de la costa aumentando con la profundidad. El Cr presentó valor promedio de $60,49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor que es superior al reportado en este trabajo de investigación.

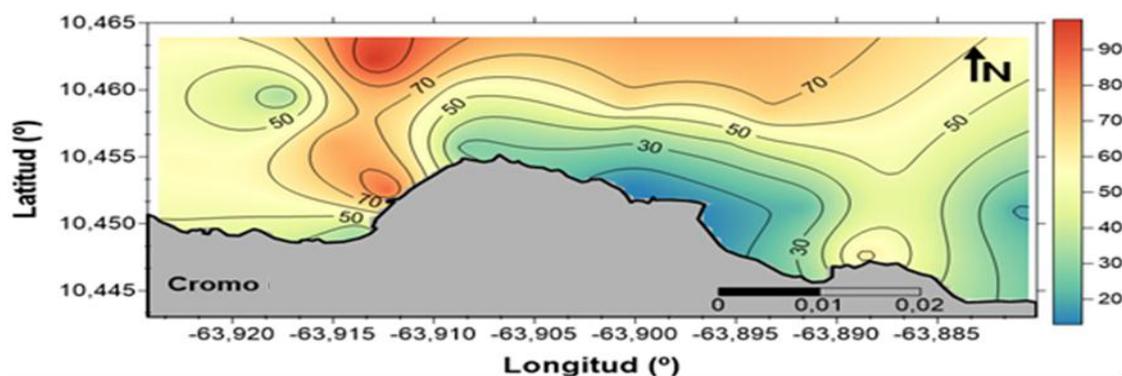


Figura16. Distribución espacial de cromo total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Comparando estos resultados con los del presente estudio y tomando en consideración lo señalado por Sadiq (1992), se muestran indicios de contaminación por cromo en la zona estudiada. Sin embargo, es importante considerar los resultados del fraccionamiento geoquímico de este metal, para poder verificar su influencia antropogénica en la zona en estudio.

En figura 17 y Tabla A7, se muestra el fraccionamiento del cromo en la zona en estudio presentándose este metal asociado a la fracción 1 (intercambiable), con porcentaje por debajo del 5 % y valor promedio de $2,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con concentraciones por debajo del límite de detección en las estaciones 22 y 23 y un máximo valor de 9,28

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 19, el cromo se encontró unido a la fracción 2 (carbonatos), con valores de concentración por debajo del límite de detección en varias estaciones, un valor máximo de $4,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 6 y valor promedio de $0,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con porcentaje por debajo del 5%, este metal se encontró asociado a la fracción 3 (oxihidróxidos de Fe y Mn), con un máximo valor de concentración de $48,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 19, lo que representa un 31%, con un valor mínimo de $2,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 5 y valor promedio de $13,82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y el cromo se encontró fuertemente asociado a la fracción 4, (materia orgánica sulfuro), con 41% con un valor máximo de concentración $65,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 17, con valores mínimo por debajo del límite de detección en las estaciones 6, 7, 9 y 14 y valor promedio de $18,71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, por último éste se encontró unido a la fracción 5, (residual), con un máximo valor de concentración de $33,71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 4, con valor mínimo de $2,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 7, y un valor promedio de $9,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con 212%.

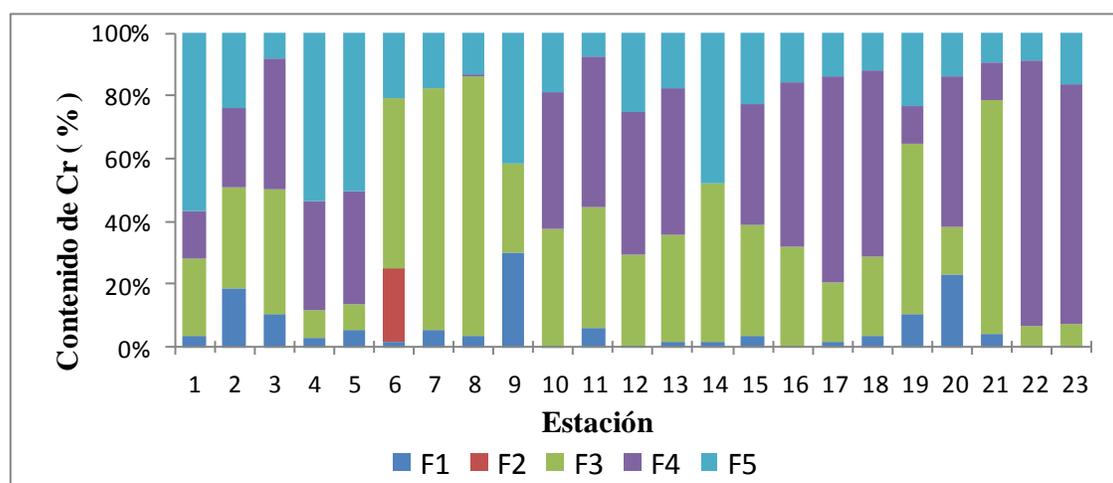


Figura 17. Concentraciones de cromo en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

En general, el cromo presentó su mayor concentración en la fracción 4, este metal se encuentra asociado a la materia orgánica y sulfuros, seguido por la fracción unida a los oxihidróxidos de Fe y Mn y la unida a la fase residual, y en menores concentraciones se presentó en las fracciones unida a la fase intercambiable y carbonatos. El hecho de que las mayores concentraciones de cromo se encuentren como potencialmente biodisponible, es decir que pueden liberarse si cambian las condiciones redox del

sistema, se puede considerar este metal como un contaminante en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, considerando que adicionalmente la concentración promedio supera lo estimado por Sadiq para sedimentos no contaminados

Marval (2008), para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, reportó, que el cromo presentó su mayor concentración en la fracción asociada a la fase residual con un valor de $40,29 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, superior a los reportados en el presente estudio de investigación, seguido de la fracción unida a los oxihidróxidos de hierro y manganeso con valor de $31,49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior a los reportados en este estudio y la fracción asociada a los carbonatos con un valor de $1,89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior a los reportados en esta investigación, en las fracciones asociada a la fase intercambiable y, materia orgánica y sulfuro, las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección. Aguado (2012), en los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco, reportó que este metal se encuentran principalmente asociado a la fase residual con valores de concentración de $27,07 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado en esta investigación, seguido de la fracción unida a la materia orgánica y sulfuro con valor de $26,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado en este trabajo de investigación y la fracción asociada a los oxihidroxido de hierro y manganeso con valor de concentración $14,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al reportado en esta investigación, por ultimo las fracciones asociada a la fase intercambiables y carbonatos en las cuales se reportaron valores de concentraciones de $0,37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y $0,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valores inferior a los reportados en esta investigación. Martinez (2016), reporto que el cromo en el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, presento su mayor concentración en la fracción residual (F5) con valor de $40,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior al reportado en el presente trabajo de investigación, seguido de (F4), metales unidos a la materia orgánica y sulfuro con valor de $31,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado en este trabajo de investigación, y luego la (F3), metales unido a los oxihidroxido de hierro y manganeso con un valor de $29,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al reportado en el presente trabajo de investigación, el cromo también estuvo presente en la fracción (2), metales unido a carbonatos con valor de $1,89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al reportado en esta trabajo de investigación, y por último la fracción intercambiable (F1), con valor

de $0,37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al de este trabajo de investigación. González (2019), reportó que el Cr en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, presentó valor promedio de $40,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cual presentó fuerte asociación con F2, metales unidos a carbonaos.

Níquel (Ni)

De acuerdo a la figura (18), en la cual se muestra la distribución espacial de níquel total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, se determinaron las concentraciones totales de este metal, las cuales variaron desde $3,78 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, hasta $61,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con un valor promedio de $19,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tabla A3). Se puede observar que las mayores concentraciones de níquel se encontraron en las estaciones 17, 19 y 20 de la zona estudiada, estas guardan relación con la textura del sedimento, además del alto contenido de carbono orgánico y de material volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$; por otra parte las menores concentraciones del metal se ubicaron en las estaciones 9, 13 y 15 coincidiendo con los mayores porcentajes de arena y los menores porcentajes de carbono orgánico y materia volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$. La distribución de este metal es similar a la del cobalto total, lo que puede sugerir un mismo origen.

Los valores promedio de níquel total son superiores al límite de $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para sedimentos no contaminados (Sadiq, 1992). Estas altas concentraciones pueden ser indicativas de un gran aporte exógeno de este metal al medio marino, por la hidrodinámica del ecosistema en estudio. Este incremento, por otra parte, puede deberse a que los metales pesados pueden estar formando parte de la constitución de los minerales presente en la zona, y son transportados a estos ecosistemas por las escorrentías formadas en la época de lluvia. Martínez (2002) encontró elevadas concentraciones de níquel que estuvieron relacionadas con sedimento de partículas finas, las cuales acumulan grandes cantidades de níquel y otros metales pesados en el golfo de Cariaco. Aguado (2012), reportó para los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco valor promedio de concentración de $21,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y lo relacionó con la textura del sedimento, carbono orgánico y materia volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$; valor que es superior al

reportado en esta investigación. Marval (2008), reporto valor promedio de níquel de $6,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para lo sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, lo relaciono con la textura de lo sedimentos (limo), carbono orgánico y materia volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$, valor inferior al reportado en el presente trabajo de investigación. Martínez (2016), reporto concentración de níquel promedio total de $11,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, valor inferior a los reportados en este trabajo de investigación. Y indico que los niveles más altos de este metal se presentan en la región central y en el extremo oriental del sistema sedimentario, muy similar a la distribución de las fracciones texturales finas. González (2019), reporto que el Ni total en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, presento valor promedio concentración de $8,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; valor que es inferior al del presente estudio de investigación. E indico que los máximos valores de este metal al igual que en otros metales, se determinó frente al muelle de SACOSAL.

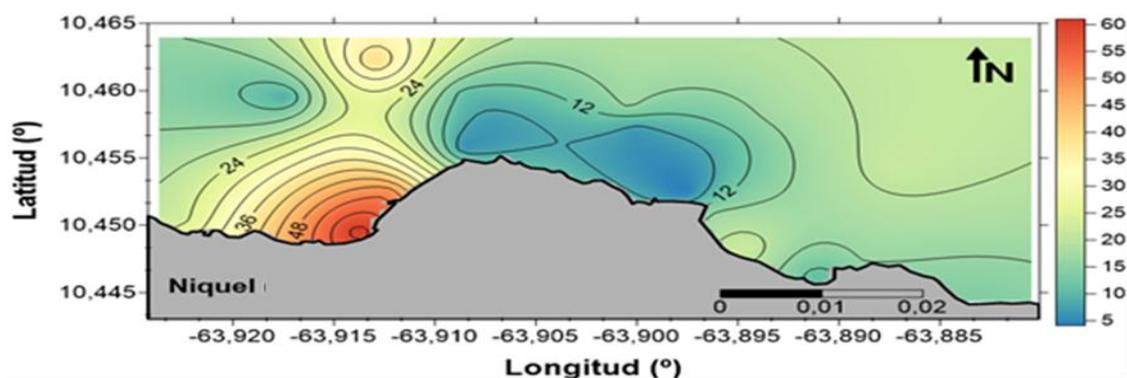


Figura18. Distribución espacial de níquel total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

En la Tabla A8 y figura 18, se muestran el fraccionamiento de níquel total realizado a los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, este metal se encontró en la fracción F5 con un 3% y valores de concentración por debajo del límite de detección en varias estaciones, con un valor máximo de $4,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 4 y valor promedio de $0,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. En la fracción F4, con promedio de concentración de $6,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con un máximo de concentración de $19,21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 17 que representa un porcentaje de 30% y

un mínimo de $0,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 9, En la fracción F3 se obtuvo el máximo valor de concentración de $27,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 20 y el mínimo valor de $1,61 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 23 y un valor promedio de $8,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ que indica un 40%. En la fracción F2, se reportó un porcentaje por debajo del 5% con valores de concentración que oscilaron por debajo del límite de detección en varias estaciones y un valor máximo de $12,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 6 y valor promedio de $0,79 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y por último la fracción F1, en la cual se obtuvo la mayor concentración de níquel con valores por debajo del límite de detección en varias estaciones y un valor máximo de $29,19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 20 y una concentración promedio de $3,95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y un 20%, para los sedimentos superficiales del golfo.

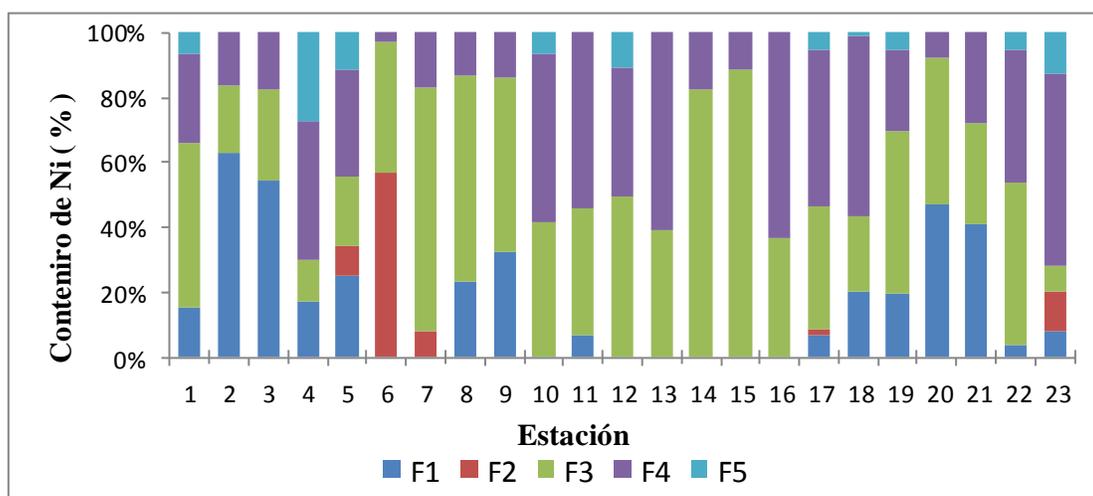


Figura 19. Concentraciones de níquel en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Las mayores concentraciones de níquel se reportaron en la fracción F1, esto muestra que este metal se encuentra asociado a la fase intercambiable, seguido por la fracción unida a los oxihidróxidos de Fe y Mn, la fracción asociada a la materia orgánica y sulfuros y a la fracción unida a los carbonatos y en menor concentración se encuentra asociado a la fracción residual. Según la regla propuesta por Sadiq (1992), de concentraciones de metales no contaminantes, en este caso el níquel, el valor es de

10 mg·kg⁻¹, valor inferior al reportado en esta investigación el cual es de 19,52 mg·k⁻¹. Lo que indica que existe contaminación producida por este metal en los sedimentos de esta zona, la cual puede ser tanto de origen natural como androgénico.

El valor de Ni detectado en el sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco es superior al reportado por Espinoza (2001), quien detectó 13,82 mg·kg⁻¹, de níquel en los litorales, norte y sur del golfo de Cariaco y río Manzanares, (Martínez 2002), reportó para los sedimentos del puerto pesquero de Cumaná una concentración de 24,04 mg·kg⁻¹, valor inferior al reportado esta investigación, Aguado (2012), detectó para los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco una concentración de níquel de 25,36 mg·kg⁻¹, valor inferior al reportado en este estudio de investigación, Marval (2008), reportó para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco valor de concentración de 24,68 mg·kg⁻¹, valor inferior al reportado en el presente trabajo de investigación. Martínez (2016), reportó que el Níquel en el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, presentó valor promedio de 6,02 mg·kg⁻¹, valor inferior al de presente trabajo de investigación. González (2019), reportó que el Ni en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, presentó fuerte asociación con F1 metales unidos a la fracción intercambiable con valor de 3,33 valor inferior al reportado al de este estudio de investigación.

Cadmio (Cd)

El contenido de cadmio total en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco varió desde 2,20 mg·kg⁻¹, en la estación 23 hasta 12,15 mg·kg⁻¹, en la estación 7, con una concentración promedio de 5,56 mg·kg⁻¹. En la figura 20 y en Tabla A3, se puede observar que las mayores concentraciones de este metal se registraron en las estaciones 7, 16 y 19, las altas concentraciones de este metal están relacionadas con los mayores porcentajes de limo, arcilla, materia volátil a 450 °C y carbono orgánico. Este metal presentó sus menores concentraciones en las estaciones 23, 1 y 21, y dichas estaciones tienen en común el mayor porcentaje de arena

con el 100 %. Sadiq (1992), indicó que los sedimentos no contaminados deben contener $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio.

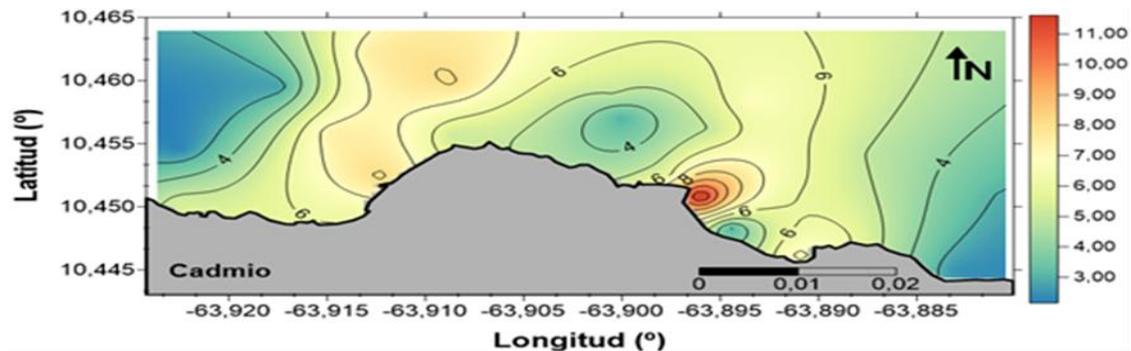


Figura 20. Distribución espacial de cadmio total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Valores de concentraciones promedio total de cadmio inferiores a lo determinados en esta investigación fueron reportadas por Martínez (2002), de $3,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en el transepto central del golfo de Cariaco, por lo que se demuestra que el golfo también puede estar afectado por la contaminación por cadmio, el cual se va acumulando en su área central, ya que es la más profunda.

Marval (2008), reportó valor de concentración promedio total de cadmio de $1,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, lo cual sugiere que los mayores contenidos de cadmio están ubicados hacia la parte este de la zona de estudio, especialmente en la estación 29 hacia la costa norte. Aguado (2012), reportó un valor de $3,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco, lo que indica que las altas concentraciones de este metal están relacionadas con los mayores porcentajes de limo, arcilla, materia volátil a $450 \text{ }^\circ\text{C}$ y carbono orgánico. Gonzales (2019), reportó para los sedimentos del estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, un valor promedio de Cd total de $0,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, lo que indica que las mayores concentraciones se ubican hacia el muelle de SACOSAL y la región noroccidental. Martínez (2016), reportó para el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela promedio de $2,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, las concentraciones más altas de

Cd se presentan cercanos a la margen costera Norte, frente a la entrada de la ensenada Grande del Obispo.

Tomando en consideración que las concentraciones que se reportan en este trabajo de investigación son mayores al límite estipulado para sedimentos no contaminados propuesto por Sadiq, es importante conocer el porcentaje de Cd total que corresponde a la fracción biodisponible, para tener una idea más clara de lo que sucede en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco con el cadmio.

De acuerdo a la (figura 21 y la Tabla A9), que muestran la especiación geoquímica de cadmio en el área de estudio, el cual las concentraciones variaron por debajo del límite de detección en varias estaciones hasta $8,93 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 7, con valor promedio de $2,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con que representa un 45%, para la fracción unida a los carbonatos (F2), en la fracción unida a los oxihidróxidos de Fe y Mn (F3), se hallaron concentraciones promedio de $1,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, que indica un 28% y valores desde $0,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, estación 10 a $3,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 19, para la fracción intercambiable (F1), se detectaron valores por debajo del límite de detección hasta $3,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 20 y promedio de $0,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ que representa un 17%, para la fracción asociada a la materia orgánica y sulfuros (F4), el presente porcentaje por debajo de 10% en la cual se obtuvo valor máximo de concentración de $1,48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 17, valor promedio de $0,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y valores por debajo del límite de detección en las estaciones 6 y 8, y por último la fracción unida a la fase residual (F5), en la cual se hallaron valores de porcentaje por debajo del 5% y de concentración por debajo de límite de detección en varias estaciones y valor máximo de concentración de $0,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en las estaciones 19 y 23 con promedio de $0,07 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

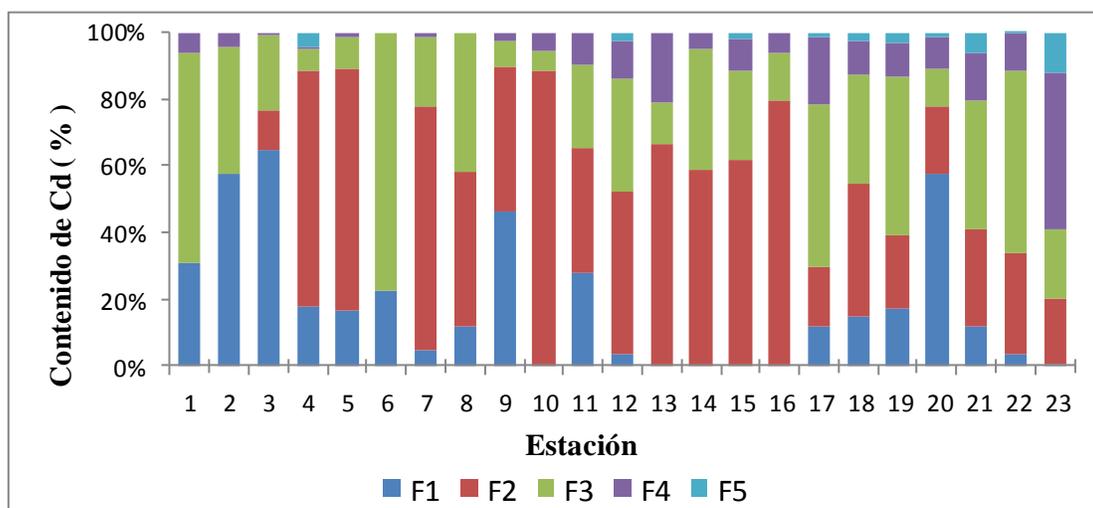


Figura 21. Concentraciones de cadmio en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Esto demuestra que el cadmio se encontró principalmente asociado a los carbonatos con promedio de concentración $2,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, seguido de los oxihidróxidos de Fe y Mn con promedio de $1,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y la fase intercambiable con promedio de $0,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y en menor promedio de concentración a la materia orgánica y sulfuro $0,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y residual de $0,07 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, lo que indica que pueden existir fuentes antrópicas probables como las actividades domésticas y agrícolas que aumentan sus aportes en la zona.

La presencia del metal en las fracciones de intercambiables y carbonatos indican un problema de contaminación desde el punto de vista ambiental en vista de la mayor movilidad y biodisponibilidad del elemento. Estas fracciones están débilmente asociadas a los sedimentos y por tanto, pequeños cambios en las condiciones ambientales del sistema acuático pueden provocar la resolubilización del metal hacia la columna de agua (Usero y col., 1997).

Ramírez y col (2005), indican que las fases intercambiables enlazadas a la materia orgánica y sulfuros son potencialmente tóxicas para los organismos debido a que el metal es fácilmente removido y usado por los organismos. Por otro lado, estos elementos pueden ser solubilizados dependiendo de las condiciones físicas y químicas, por

ejemplo, cambios en el contenido de oxígeno disuelto y potencial redox, así como por la actividad bacteriana.

Soto-Jiménez y col. (2003), señalaron que la extensiva aplicación de agroquímicos en el Valle de Culiacán es el responsable del enriquecimiento de cadmio. Martínez (2006), señala que la región del Golfo de Cariaco vive una situación similar y debe tomarse en cuenta que esta zona está caracterizada por la captura de diferentes especies de moluscos bivalvos y gasterópodos (caracoles) que son consumidos por los pobladores y los turistas que viajan por la carretera entre San Antonio de Golfo y Cariaco. Los bivalvos son organismos que se alimentan filtrando y extrayendo la materia orgánica presente en los sedimentos del fondo, mientras que los gasterópodos presentes en esta región son depredadores que se alimentan de los bivalvos. Estos animales, debido a su forma de alimentarse, pueden acumular en sus organismos grandes cantidades de metales que pueden afectar su metabolismo, desarrollo y reproducción, así como representar un peligro potencial como recurso alimenticio de la población que vive en las riberas de este sector del golfo de Cariaco.

El cadmio asociado a los óxidos de Fe y Mn y en la fase residual puede deberse a pH mayores de 8 en los sedimentos. Valores elevados de pH favorecen la precipitación por formación de compuestos insolubles mayoritariamente hidróxidos (Arribas y col, 1995). El pH inferior a 8 favorece el cadmio intercambiable y ligado a carbonatos por condiciones oxidantes. El cadmio generalmente es adsorbido en las mismas fracciones en las que el hierro aparece en forma abundante. Lion y col, (1982) estudió la adsorción de metales pesados en sedimentos de estuarios y observó que la materia orgánica y los oxihidróxidos de Fe y Mn son fases importantes para unir el cadmio. El cadmio presenta afinidad por los oxihidroxidos de Fe y Mn.

El valor promedio de cadmio encontrado en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco es superior a los $0,86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ detectado en los sedimentos del Criogénico de José (Bonilla y col, 1995); $0,78 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos del río Orinoco (IOV-Palmaven); $0,35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo (Aranda, 1999), $2,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en los sedimentos del sector central del golfo de Cariaco reportados por (Aguado, 2012),

0,58 mg·kg⁻¹ detectado en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco por (Marval, 2008), 2,20 mg·kg⁻¹, en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco y río Manzanares (Espinoza, 2001); 0,52 mg·kg⁻¹, en el Archipiélago de los Roques (Bonilla y col, 2000); 1,11 mg·kg⁻¹, encontrados por González (1995), en el Puerto pesquero de Cumaná; 1,50 mg·kg⁻¹ y 1,54 mg·kg⁻¹ pero inferior a 2,81 mg·kg⁻¹ determinados en el Golfo de Cariaco (UDO-Corpovent, 1990, 1991 y 1992);); 1,88 y 2,39 mg·kg⁻¹ detectados en la Bahía de Bergantín (UDO-Corpovent, 1990 y 1992), 0,51 mg·kg⁻¹ reportado para los sedimentos del estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, (Gonzales, 2019), 3,22 mg·kg⁻¹ reportado en el estudio geoquímico ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela Martínez (2016).

Zinc (Zn)

Las concentraciones de Zinc total en el sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco (Tabla A3) variaron de 490,9 mg·kg⁻¹ a 2542,0 mg·kg⁻¹, con una concentración promedio de 778,6 mg·kg⁻¹. En la Figura 22 se observa que la estación con la mayor concentración de zinc fue la 17 y coincide con el más alto contenido de carbono orgánico. Además, este metal está relacionado con el alto contenido de limo y materia volátil a 450 °C La concentración promedio en el presente estudio es superior al valor promedio de 110 mg·kg⁻¹ indicados por Sadiq (1992), lo que indica que existe contaminación en los sedimentos de este sector marino costero a causa de este metal. Martínez (2002) encontró para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco un valor promedio de cinc total de 57,66 mg·kg⁻¹, valor inferior al promedio encontrado en el presente estudio y puede estar asociado 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 mg·kg⁻¹ 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 estudio. Márquez (2003), en los sedimentos superficiales del golfo de Santa Fe, obtuvo un promedio de zinc total de 58,63. Aguado (2012), reportó para los sedimentos de

sector central de golfo de Cariaco un valor promedio de $72,87 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y lo relacionó con el contenido de limo y materia orgánica volátil, valor que es inferior al reportado en el presente estudio de investigación. Marval (2008), reporto para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco valor promedio de zinc de $118,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y lo relaciono con las mayores concentraciones arena y las menores concentraciones de limo y arcilla en cada una de las estaciones estudiadas, valor inferior al reportados en esta investigación. Martínez (2016), reporto para el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela valor de $91,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al reportado al reportado en este trabajo de investigación y reporto que los valores más altos se ubican hacia la entrada del golfo, asociado principalmente a las fracciones gruesas de arena. Otros valores elevados se presentan hacia la zona central del sector occidental. Gonzales (2019), reportó para el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, con valor de $133,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y reporto que las concentraciones más altas se ubicaron frente a la guardia nacional bolivariana y el castillo.

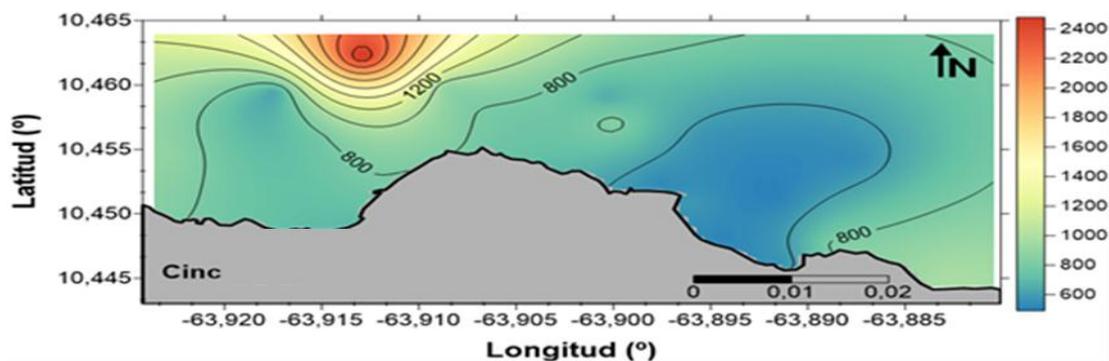


Figura 22. Distribución espacial de cinc total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Analizando la Figura 22 y la Tabla A10, el zinc se encuentra presente en F1 con concentraciones por debajo del límite de detección en la mayoría de las estaciones hasta $0,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con una concentración promedio de $0,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, la F2 con valores por debajo del límite de detección hasta $3,72 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con promedio de concentración de $1,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. F3 con un 58% y valor promedio de concentración de $456,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valores de $229,92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta $2031,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. F4 con valor mínimo de concentración

de $57,24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta $340,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con un valor promedio de $134,57 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ lo que representa un 17%. Por último, F5 con promedio de concentración de $186,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ que indica el 23% y valor mínimo de $68,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $442,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

La mayor concentración de zinc se encuentra asociada a los oxihidroxidos de Fe y Mn, que tiende a absorberse en las superficies cargadas negativamente que están presentes en los sedimentos. Por otra parte, dicho metal se encontró asociado a la fracción residual, posiblemente asociado a la fracción de grano fino y relacionado fuertemente con el carbono orgánico (Sadiq, 1992). Dentro de estas superficies las más importantes son las arcillas, materia orgánica y oxihidróxidos de Fe y Mn (Martínez y col, 2006

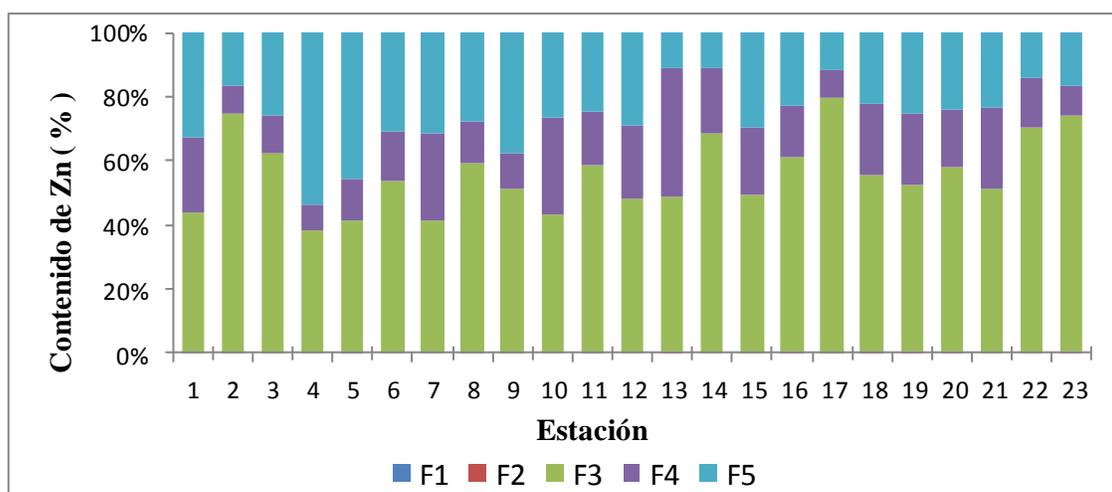


Figura 23. Concentraciones de cinc en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Aguado (2012), reportó para los sedimentos superficiales del sector central del golfo de Cariaco, un valor de concentración de zinc $64,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y lo asoció con la materia orgánica y sulfuro, valor que es inferior al reportado en el presente estudio investigación. Marval (2008), reportó para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco valor de concentración de $166,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y lo relaciono con los oxihidróxidos de Fe y Mn, valor inferior al reportado en la presente investigación. Martínez (2016), reporto para el estudio geoquímico ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela valor de $166,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior al de este trabajo investigación y lo relaciono

con la fracción (3), metales unidos a oxihidróxidos de Fe y Mn. Gonzales (2019), reportó para el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, un valor promedio de $153.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al de este trabajo de investigación, y lo asocio con la fracción (2).

Manganeso (Mn)

En la figura 24 se muestra la distribución espacial de manganeso en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco. La concentración de Mn total varió desde un mínimo de $6,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta $112,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ con una concentración promedio de $32,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. En general, el comportamiento de este metal es regular para casi toda el área de estudio con las más bajas concentraciones en las estaciones 9 y 21 donde predomina la textura arenosa. Los altos valores determinados para este metal pueden estar asociados con la textura de los sedimentos que prevalecen (limo-arenosa y areno-limosa), al contenido de materia orgánica y carbono orgánico en los sedimentos superficiales del área estudiada.

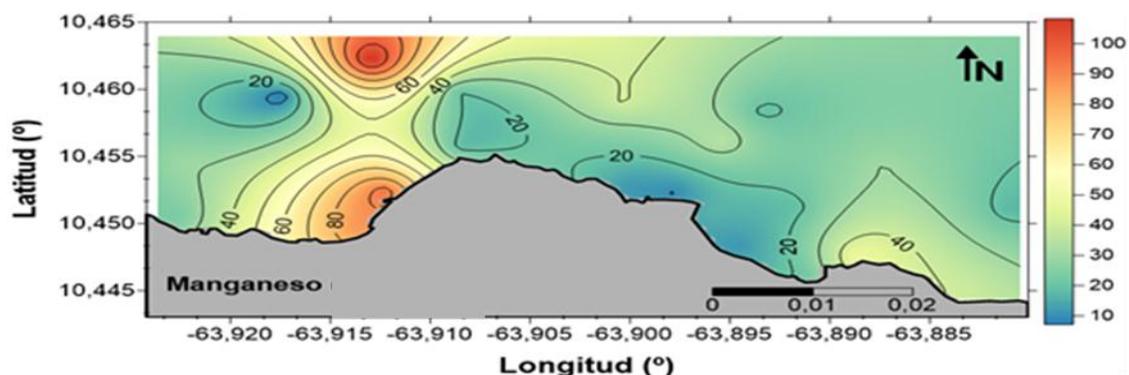


Figura 24. Distribución espacial de manganeso total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco

Martínez (2002), reportó un valor promedio de Mn total para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco de $74,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, siendo mayor que los encontrados en esta investigación. Mudarra (2002), publicó un valor promedio del metal total de $17,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 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 $55,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y señaló que estas altas concentraciones del metal pueden ser de origen natural, ya que el manganeso se encuentra asociado a los oxihidróxidos y también se puede inferir que estos pueden provenir de efluentes domésticos e industriales valor mayora al reportado en esta investigación. Aguado (2012), reportó un valor promedio similar de manganeso al de esta investigación de $32,90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y lo asoció con la textura de los sedimentos, materia orgánica y carbono orgánico. Marval (2008), reportó un valor promedio de manganeso de $18,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y lo relaciono con la textura de los sedimentos, en la estación 27 comprendida entre Puerto Real y Laguna Chica en la costa norte del golfo de Cariaco, donde hay mayor predominio de arenas en el sedimento, valor menor al reportado en el presente trabajo de investigación Martínez (2016), reportó para el estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, valor de manganeso total de $30,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, donde las mayores concentraciones se presentan hacia el saco del golfo, valor inferior al reportado en este trabajo de investigación. Gonzales (2019), reportó para el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, un valor promedio de Mn total de $109,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior al reportado en el siguiente trabajo de investigación. E indico que estos valores altos pueden ser producto de las actividades que se desarrollan en la zona del muelle de SACOSAL.

La Figura 25 y Tabla A11 muestran la especiación geoquímica del manganeso en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano de golfo de Cariaco. El manganeso se encontró asociado a la fracción (F1), intercambiable con valores de concentración por debajo del límite de detección hasta $9,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación (20), con promedio de concentración de $2,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y porcentaje promedio de del 5%. Este se encontró unido a la fracción (F2), carbonatos, con valores de concentración de $0,39 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 13 hasta $20,37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ estación 19, con promedio de concentración de $3,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ esta fracción promedio el 10%. El Mn se encontró asociado a la fracción (F3), oxihidróxidos de Fe y Mn, con valor promedio de

concentración de $12,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con porcentaje promedio de por encima del 30% y valores que oscilaron desde $1,37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 2 hasta $57,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 17. La mayor concentración de manganeso se encontró asociado a la fracción (F4) materia orgánica y sulfuros con concentraciones que oscilaron por debajo del límite de detección en varias estaciones hasta $70,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 20 y promedio de $10,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cual representa un 30%, por último, la fracción (F5) residual, el Mn mostró asociación con esta con porcentaje por encima del 10%, y valores promedio de concentración de $5,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y valor de $0,87 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ estación 22 a $23,31 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, estación 4.

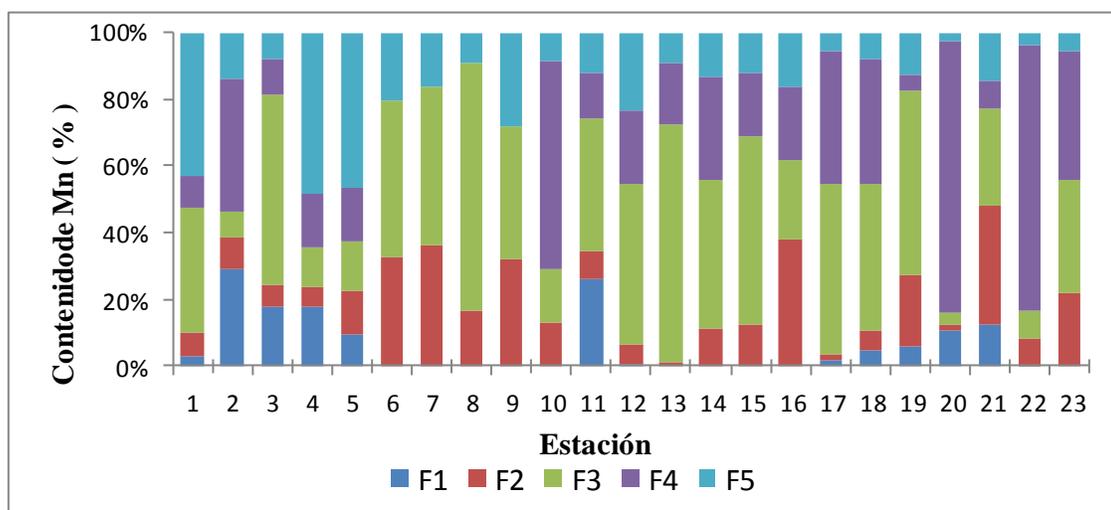


Figura 25. Concentraciones de manganeso en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

De acuerdo con los resultados, el manganeso se encontró mayormente asociado a la materia orgánica y sulfuros, la cual es considerada como potencialmente biodisponible. Seguido de la fase unida a los oxihidróxidos de Fe y Mn, esto demuestra la alta capacidad de adsorción del metal en forma de oxihidróxidos coloidales. La fracción residual fue otra de las fracciones donde el Mn reportó concentraciones altas, este metal al igual que el hierro se encuentra formando parte de la estructura reticular de los componentes minerales de la fracción sedimentaria. Este metal se encontró relacionado con los carbonatos como consecuencia de los procesos de adsorción y coprecipitación del Mn con CaCO_3 en los sedimentos superficiales. Igualmente, se

observó la presencia de Mn en la fase intercambiable, como indicador de la posible influencia industrial y doméstica descargada en la zona. La presencia de este metal en estas últimas dos fracciones indica la biodisponibilidad del metal en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del Golfo de Cariaco.

El valor promedio de manganeso en los sedimentos del golfo de Cariaco es inferior a $984,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, encontrado en la Bahía de Levisa (González y Ramírez, 1995), pero superior a $21,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, encontrado en la Bahía de Pertigalete (Gamboa y col, 1986); superior a $41,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, reportado en la Bahía de Bergantín (IOV, 1992); superior a $49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, encontrado en la Ensenada Grande del Obispo, $64,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en el Golfo de Cariaco (Martínez, 1996), superior a $14,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, reportados en los sedimentos del litoral nororiental del Golfo de Cariaco (Márquez y col., 2005), superior a $16,38 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para los sedimentos superficiales del sector central del Golfo de Cariaco, Marval (2008), superior a $8,90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, reportado para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco. Aguado (2012), reportó para los sedimentos superficiales del sector central del golfo de Cariaco valor promedio de manganeso de $31,72 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al reportado en el presente trabajo de investigación. Martínez (2016), reportó para el estudio geoquímico ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, valor de manganeso de $90,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior al reportado en el presente trabajo de investigación. Considerando que este metal al igual que el Fe se encuentra mayormente formando parte de la estructura reticular de los componentes minerales de la fracción sedimentaria. González (2019), reportó que el Mn en el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, presentó un valor promedio. $70,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, superior al de este trabajo de investigación.

Plomo (Pb)

La Figura 26 y la Tabla A3, muestran los resultados de las concentraciones de plomo total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, con una concentración promedio del $21,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y concentraciones que variaron desde $0,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (estación 20) hasta $68,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

(estación 11), este metal muestra las menores concentraciones donde se encontraron las mayores concentraciones de arena, ya que la textura arenosa desfavorece la adsorción metálica (partículas con menor área superficial) en la fracción sedimentaria. Por otro lado, las altas concentraciones de Pb pueden estar asociadas a la textura de los sedimentos que prevalecen (limo-arenosa y areno-limosa), al contenido de materia orgánica y carbono orgánico en los sedimentos superficiales de este sector marino costero. Sadiq (1992), reportó que en los sedimentos no contaminados el contenido de plomo debe estar por debajo de $5,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y en este estudio la concentración promedio es superior, pero cabe destacar que se evaluará si este contenido de plomo representa un riesgo para la biota bentónica.

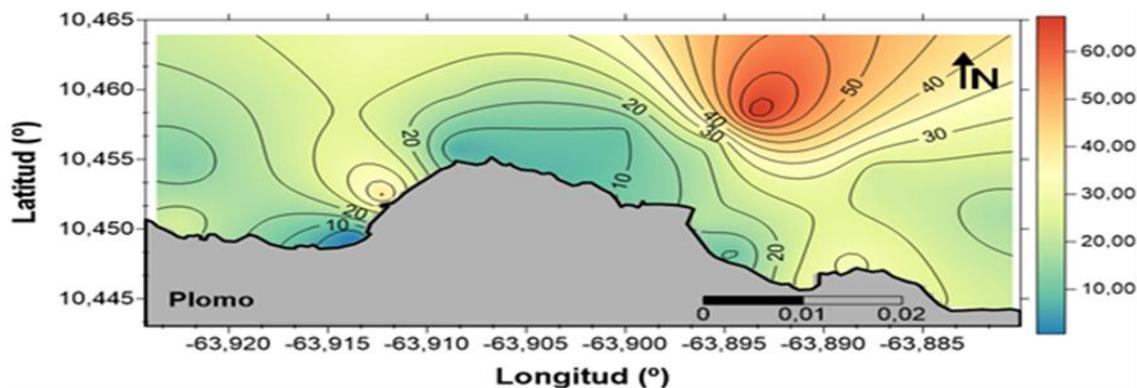


Figura 26. Distribución espacial de plomo total en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Martínez (2002) encontró para los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco un valor promedio de plomo total de $16,61 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, muy superior al valor de $5,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ establecidos para sedimentos no contaminados; este valor reportado es inferior al promedio encontrado en el presente estudio. Para Martínez (2002), este resultado reflejó una fuerte influencia antrópica y señaló como principales fuentes el tráfico de embarcaciones, mayormente con motores fuera de borda, los pescadores de la zona utilizan plomo como lastre en sus aparejos y redes de pescar, y gran cantidad de dicho metal va a parar a los sedimentos del fondo. Mudarra (2002) reportó un valor promedio de plomo total de $31,57 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para los sedimentos superficiales de la Ensenada de Puerto Escondido, valor muy superior al reportado para sedimentos no contaminados, y

es superior a los encontrados en el presente estudio. Márquez (2003) en los sedimentos superficiales del golfo de Santa Fe, obtuvo un promedio de plomo total de $2,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor que es inferior al reportado para este estudio y para lo reportado por Marval (2008), para los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco reportó valor promedio de plomo total de $10,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior al límite para sedimentos no contaminados pero inferior al reportado en esta investigación. Aguado (2012), reportó valor similar de plomo total al de Marval, pero inferior al de este estudio. Martínez (2016), reportó para el estudio geoquímico ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, valor de $8,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, inferior a los reportados en el siguiente trabajo de investigación. Gonzales (2019), reportó que el Pb el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, un valor promedio de $2,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior al reportado en este trabajo investigación.

En la figura 27 y la Tabla A12 se muestran las concentraciones de plomo en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, este se encontró asociado a la fracción intercambiable (F1), en la cual presentó mayor concentración, que vario por debajo del límite de detección en varias estaciones hasta $52,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (estación 11), que indica un 23% con concentración promedio de $5,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Este se encontró unido a la fracción oxihidróxidos de Fe y Mn (F3), con porcentaje por encima del 10% y una concentración promedio $2,82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ con valores por debajo del límite de detección en varias estaciones hasta $27,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 19. El plomo se encontró unido a la fracción (F2) carbonatos con valor promedio concentración de $10,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y valores por debajo del límite de detección en las estaciones 6, 15 y 30 hasta $23,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en la estación 10, el cual representa el 48%. Este se encontró asociado a la fracción residual (F5), con valores que variaron desde por debajo del límite de detección en la mayoría de las estaciones a $9,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la estación 4 y por encima del 10%, con un valor promedio de $2,82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y por último, este se encontró unido a la fracción (F4) materia orgánica y sulfuros con un valor promedio de $0,43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y valores por debajo del límite de detección en varias estaciones hasta $2,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (estación 17) con porcentaje por debajo del 5%.

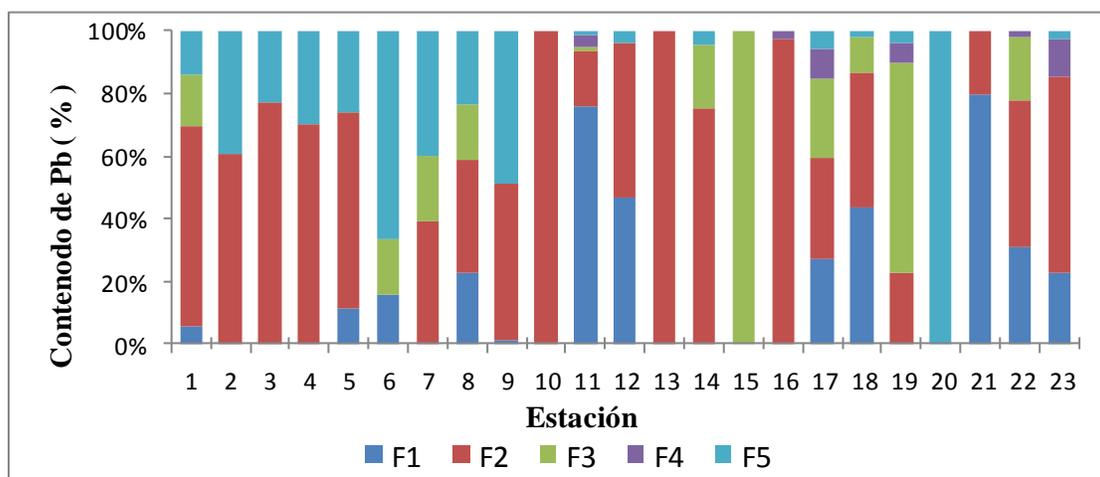


Figura 27. Concentraciones de plomo en cada una de las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Los resultados anteriores muestran que el plomo se detectó en todas las fracciones en este trabajo de investigación, con una fuerte asociación del plomo en la fracción unida a la fase intercambiable, con concentración promedio de $5,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, seguida de los oxihidróxidos de Fe y Mn con $2,82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, carbonatos con $10,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, la fase residual con $2,82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y, por último, materia orgánica y sulfuro con $0,43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Martínez (2006), reporta la existencia de plomo de origen totalmente antrópico con una proporción de metal intercambiable superior al 95 % y el resto corresponde a la fracción asociada a la materia orgánica, la cual es potencialmente biodisponible. Maza (2002) indica que el Pb presente en sedimentos de manera biodisponible esta en forma intercambiable, así como carbonatos e hidróxidos de manganeso reactivos, indicando el origen reciente de dicho metal y el riesgo que puede representar para la biota acuática y lo pobladores de esta región. En otro sentido, el Pb que se encuentre adsorbido en las partículas de sedimento puede ser transferido a la columna de agua por procesos físicos y químicos tales como resuspensión debido a las mareas y corrientes, y por cambios en los potenciales de oxidación-reducción debido a la oxidación de la materia orgánica y diagénesis de los sedimentos (Monbet, 2006).

La asociación de plomo a los óxidos de hierro y manganeso es bien reportada por Sadiq (1992), quien indica que, tanto en ríos como en mares, los hidróxidos de hierro

constituyen una “carga eléctrica activa” que origina la adsorción del metal en fase sólida en los ecosistemas marinos. Por otro lado, la asociación de plomo a carbonatos y los óxidos de hierro y manganeso puede relacionarse con condiciones anaeróbicas y pH en torno a 7 que favorecen la formación de complejos de este elemento con ligandos orgánicos, óxidos y arcillas. El metal también puede coprecipitar como hidratos de hierro, siendo esta fase la más susceptible al pasar al cuerpo de agua si se produce en el sedimento condiciones reductoras, donde los óxidos tienen alto poder de absorción, además de ser inestables.

Aguilera (2005), detectó plomo asociado a los carbonatos en la bahía este del Morro de Puerto Santo, pero no detectó el metal asociado a la fracción de los intercambiables y a la materia orgánica, indicando una entrada reciente de Pb a los sedimentos marinos del ecosistema como producto de influencia de origen antrópico, de la intensa actividad pesquera, tráfico de embarcaciones y a las aguas del lavado de las calles que son arrastradas en épocas de lluvias a las áreas costeras, confirmando una fuente potencialmente disponible del elemento, la cual puede ser removilizada de los sedimentos e incorporados a los organismos marinos. Rovira (1993), indica que el pH juega un papel importante en las interacciones de los metales pesados con parámetros como la dureza del agua, principalmente con los carbonatos. El pH afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales (Bilos y col., 1998). La existencia de plomo en las fracciones de carbonatos y oxihidróxidos de hierro y manganeso que verifica el origen reciente del metal en la zona de estudio, pudiera estar relacionado con el desarrollo de actividades antrópicas, relacionadas con la combustión de la gasolina debido al tráfico de embarcaciones y el uso que le dan al elemento los pescadores, como lastre en sus aparejos y redes para pescar.

El promedio de plomo es mayor a, $8,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos de la Laguna de Chacopata (Fuentes, 1998); $0,57 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos del Litoral Nororiental del golfo de Cariaco (Márquez, y col, 2005); $8,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los sedimentos del sector oriental del golfo de Cariaco, pero inferior a los $10,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $13,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ del criogénico de José (UDO-Corpoven); $11,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ reportado por Bonilla y col., (2000), en los sedimentos del archipiélago de los Roques; $19,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, los sedimentos de la

Ensenada Grande del Obispo (Aranda, 1999); $66,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ del puerto pesquero de Cumaná; $14,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en los sedimentos del litoral norte y sur del golfo de Cariaco (Espinoza, 2001); $10,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en sedimentos de la región oriental del golfo de Cariaco para el mes de octubre (Velásquez, 2005), y $17,99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $11,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $30,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en sedimentos de toda la costa norte y sur del golfo de Cariaco, reportada por Martínez (2002). Éstos últimos valores de plomo difieren de los encontrados en el presente estudio, debido probablemente a que este muestreo fue realizado en época de lluvias donde pudo estar ocurriendo resuspensión de partículas presentes en el sedimento, lo cual puede originar disminución de la concentración del plomo en el sedimento, en vista del paso del metal a la columna de agua. Aguado (2012), reportó valor promedio de plomo de $5,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para los sedimentos superficiales del sector central del golfo de Cariaco, y indicó que el plomo mostró una fuerte asociación con la fracción unida a la materia orgánica y sulfuro, los oxihidróxidos de Fe y Mn y residual, inferior a los reportado en estudio de investigación. Marval (2008), reportó valor promedio de plomo de $6,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y lo asoció con la fracción unida a los oxihidróxidos de Fe y Mn y a los carbonatos, valor inferior a los reportados en el presente trabajo de investigación. Martínez (2016), reportó para el estudio geoquímico ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco Venezuela, valor de $6,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, este lo asoció con la fracción de los metales unido a los oxihidróxidos de Fe y Mn, valor inferior a los reportados en el presente trabajo de investigación. Gonzales (2019), reportó que el Pb el estudio de la calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales de la costa oriental de Venezuela, $5,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, esta lo asocio con los carbonatos.

Matriz de correlación

Estadísticamente, el análisis de correlación de Pearson es una forma de determinar la fluctuación, oscilación o covarianza existente entre dos parámetros, determinando la semejanza en el comportamiento, causa y consecuencias de uno sobre otro. Espinosa (2001) y Marval (2008) indicaron que los coeficientes de correlación varían dentro de un rango de -1 y +1 para evaluar la asociación entre especies químicas. En general, una alta

correlación entre elementos indica que éstos tienen orígenes similares y poseen una conducta química análoga. Usando el programa estadístico denominado XLSTAT, versión, 2014 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 marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

En la matriz de correlación Pearson (Tabla 5) se refleja una clara dependencia de la textura y los metales estudiados, la arena presentó una correlación positiva solo con el porcentaje de carbonato de calcio, que aunque es positiva no es significativa ($r \leq 0,5$) y con los demás parámetros una correlación negativa significativa, lo que indica que mientras aumenta el porcentaje de arena disminuye el porcentaje de materia orgánica, carbono orgánico, limo, arcilla y las concentraciones de todos los metales analizados en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco. Marval (2008), señala que entre el carbonato de calcio y los metales se encontraron correlaciones negativas en la mayoría de los casos a excepción de una asociación positiva no significativa, en el caso del plomo ($r=0,26$), cinc ($r=0,19$) y manganeso ($r=0,01$). Antecedentes de 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 y col, 1994; Naidu y col, 1997; Shriadah, 1999; Rubio y col, 2000). Los resultados de las correlaciones altamente significativas entre metales ($r > 0,5$) se dieron para los grupos Fe-Cr, Ni-Mn, Cu-Mn, Cu-Cr, Cu-Ni, Cr-Mn, Fe-Cu, Cu-Co, Zn-Mn, Co-Ni, Fe-Mn, Cu-Zn, y Cr-Zn. Se pueden considerar también las asociaciones positivas entre los demás metales. Estas correlaciones indican que estos metales tienen un origen común y, por lo tanto, proceden de la misma fuente de contaminación y geoquímicamente son similares (Rosas, 2001; Velásquez, 2005). Es de gran importante señalar las asociaciones positivas que tiene, el Fe y el resto de los metales en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco. Rubio y col, (2001), afirman que la correlación de los metales con el hierro debe ser el comportamiento esperado en condiciones naturales (no concentraciones de

metales anómalas), 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. Es importante señalar que este fenómeno está relacionado con la facilidad de adsorción de metales en los oxihidróxidos de hierro y manganeso.

El manganeso, presenta correlaciones positivas y significativas con seis de los nueve metales analizados, menos con el cadmio y el plomo, lo que sugiere un mismo origen y sistema de transporte. Rosales y Álvarez (1986), indican 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 oxihidróxidos de hierro y manganeso. Rubio y col, (2001), afirman que el contenido metales de trazas y su correlación con otros parámetros en diferentes ecosistemas costeros exhiben un amplio rango que es reflejo de las condiciones locales, principalmente por los aportes o procesos de remoción que se presentan en cada zona.

El material volátil a 450 °C presenta una correlación positiva y significativa con cinco de los nueve metales estudiados, no presentando correlación con el Co, Ni, Cd y Pb. También puede observarse que ésta presenta una fuerte correlación con el carbono orgánico, el limo y no presenta correlación significativa con la arcilla. 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 y Álvarez (1986) y Palanques y Díaz (1994), entre otros. Rubio y col, (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. Existe asociación positiva entre carbonato y arena, pero no de manera significativa ($r = 0,240$). Rubio y col, (2001), señalan que la asociación entre la fracción arenosa y los carbonatos, pues las arenas pueden ser de carbonatos. Entre el carbonato de calcio y los metales se encontraron correlaciones negativas en la mayoría de los casos a excepción de una asociación positiva no significativa en el caso del cobalto, ($r = 0,315$) y cadmio ($r = 0,301$), Aguado (2012), señala que la arena presenta una correlación positiva solo con el porcentaje de equivalentes de carbonato de calcio, que aunque es positiva no es

significativa ($\leq 0,5$) y con los demás parámetros una correlación negativa significativa, lo que indica que mientras aumenta el porcentaje de arena disminuye el porcentaje de materia orgánica, carbono orgánico, limo, arcilla y las concentraciones de todos los metales analizados en los sedimentos superficiales de Golfo de Cariaco. Aguilera (2005), Rubio y col, (2000) y Haynes y Kwan (2002) señalan el origen biogénico de los carbonatos al presentar correlaciones negativas con la mayoría de los metales en estudios realizados a los sedimentos del Morro de Puerto Santo, la Ría de Vigo y del golfo de Papua, respectivamente. Martínez (2006), señala que los carbonatos presentes en el golfo de Paria tienen un origen litogénico, en vista de que en muchas de las regiones estudiadas el carbonato no mostró correlación con ninguno de los metales ni parámetros.

Tabla 5. Matriz de correlación de Pearson que expresa la asociación entre los metales con la textura, materia volátil a 450 °C, carbono orgánico total y equivalentes de carbonato de calcio de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

	Arenas	Limos	Arcillas	%MOV	%COT	%CaCO ₃	Fe	Cu	Co	Cr	Ni	Cd	Zn	Mn	Pb
Arenas	1,00														
Limos	-0,99	1,00													
Arcillas	-0,76	0,72	1,00												
%MOV	-0,61	0,62	0,33	1,00											
%COT	-0,61	0,62	0,33	1,00	1,00										
%CaCO ₃	0,24	-0,23	-0,24	-0,12	-0,12	1,00									
Fe	-0,84	0,82	0,77	0,60	0,60	-0,29	1,00								
Cu	-0,54	0,53	0,53	0,48	0,48	-0,07	0,69	1,00							
Co	-0,29	0,26	0,54	-0,05	-0,05	0,32	0,37	0,66	1,00						
Cr	-0,66	0,66	0,55	0,61	0,61	-0,31	0,86	0,73	0,34	1,00					
Ni	-0,30	0,28	0,42	0,13	0,13	-0,08	0,44	0,70	0,64	0,49	1,00				
Cd	-0,02	0,02	-0,02	0,00	0,00	0,30	0,11	0,33	0,45	0,24	0,26	1,00			
Zn	-0,34	0,35	0,16	0,75	0,75	-0,10	0,53	0,58	0,05	0,56	0,32	0,09	1,00		
Mn	-0,47	0,45	0,48	0,50	0,50	-0,21	0,61	0,82	0,49	0,70	0,82	0,27	0,65	1,00	
Pb	-0,37	0,38	0,21	0,22	0,22	-0,01	0,32	0,37	0,29	0,54	0,06	0,33	0,08	0,13	1,00

En negrita, valores significativos (fuera diagonal) al umbral r (prueba bilateral)

CONCLUSIONES

La textura predominante en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, es la arenosa, seguida de la limo-arenosa y areno-limosa.

Con el aumento el porcentaje de arena disminuye el contenido de materia orgánica, carbono orgánico, limo, arcilla y las concentraciones de los metales analizados.

El metal que presenta la mayor concentración en la zona de estudiada fue el hierro, con el siguiente orden de abundancia: Fe > Zn > Cr > Mn > Pb > Ni > Co > Cu > Cd.

La especiación geoquímica de los metales pesados en los sedimentos del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco sigue el siguiente orden: materia orgánica y sulfuros > oxihidroxido de Fe y Mn > carbonatos > intercambiable > residual, lo cual indica que estos metales pueden estar asociados fuertemente a la materia orgánica que se deposita en los sedimentos de esta región marino costera.

Las correlaciones altamente significativas entre metales con ($r > 0,5$), se dieron para los grupos Fe-Cr, Ni-Mn, Cu-Mn, Cu-Cr, Cu-Ni, Cr-Mn, Fe-Cu, Cu-Co, Zn-Mn, Co-Ni, Fe-Mn, Cu-Zn, Cr-Zn.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, P. 1990. *Saltmarsh Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Aubry, A. y Elliot, M. 2006. The use of environmental integrative indicators to assess seabed disturbance in estuaries and coasts: Application to the Humber Estuary, UK. 53: 175-185.
- Aguado, B. (2012). Especiación de metales pesados en sedimentos superficiales del sector central del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.
- 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. *Revista de Biología Marina*, 27 (2): 265-282.
- Ahumada, R.; González, E. y Neira, J. 2004. Especiación de zinc en sedimentos marinos del fiordo Aysén. *Investigaciones Marinas*, 32 (1): 3-10.
- Alagarsamy, R. 2006. Distribution and seasonal variation of trace metals in surface sediments of the Madovi estuary, west coast of India. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 67: 333-339.
- Alloway, B.J. 1995. *Heavy metals in soils*. B.J. Alloway (ed.). Segunda edición. Blackie Academic and Professional.
- Aloupi, M. y Angelidis, M. 2002. The Significance of coarse sediments in metal pollution studies in the coastal zone. *Water, Air, and Soil Pollution*, 133: 121- 131.
- Aranda, S. 1999. Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, Edo. Sucre. Trabajo de Pregrado. Dpto. Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 94 pp.
- Arribas, A., Cunniggham, C.C., Tosdal, R.M. 1995. Geology, geochronology fluid inclusions and isotope geochemistry of the Rodalquilar Gold Alunide deposit, Spain. *Economic Geology and the bulletin of the society*, 90(4):795-822.
- Astorga, I. y Silva, N. 2003. Textura, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total en sedimentos marinos superficiales de la X Región. Informe preliminar de crucero CIMAR 10 Fiordo. Pág: 203-216.
- Baeyens, W.; Monteny, F.; Leermakers, M. y Bouillon, S. 2003. Evaluation of sequential extractions on dry and wet sediments. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 376: 890, 901.

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.

Brannon, J.; Plumb, R. y Smith, I. 1980. Long-term release of heavy metals from sediments. En R.A. Baker (ed.) Contaminants and sediments: Vol 2. Analysis, chemistry, biology. An Arbor Science, Ann Arbor, MI. Págs. 221-266.

Bilos, C., Colombo, J.C., Rodríguez, M.J. 1998. Trace metals in suspended particles, sediments and asiatic clams of the Río de la Plata Estuary, Argentina. Environmental Pollution, 99: 1-11.

Birge, W.; Black, J.; Westerman, A. y Francis, P. 1987. Toxicity of sediments-associated metals to freshwater organisms: Biomonitoring procedures. En K.L. Dickson, A.W. Maki y W.A. Brungs (eds.), Fate and effects of sediment-bound chemicals in aquatic systems. Pergamon Press, New York, NY. Págs. 199-219.

Buccolieri A.; Buccolieri, G; Cardellicchio, N.; Dell'Atti, A.; Di Leo, A. & Maci, A. 2006. Heavy metals in marine sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). 99: 227-235.

Burgess, R. y Scott, K. 1992. The significance of in place contaminated marine sediments on the water column: Process and effects. En G.A. Burton (ed.), Sediment Toxicity Assesment. Lewis Publishers, Chelsea, MI. Págs. 129-165.

Brown, G; Foster, A. y Ostergren, J. 1999. Mineral surfaces and bioavailability of heavy of metals: A molecular-scale perspective. Proceedings of the National Academy Sciences. USA, 96: 3388-3395.

Bonilla, J. 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, 21(1y2): 133-155.

Bonilla, J. 1993. Características hidrogeoquímicas: comportamiento multivariante en el bioecosistema marino costero de José, Edo. Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de profesor Titular. Dpto. Oceanografía, IOV. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 231 pp.

Bonilla, J.; Cedeño, J. y Gamboa, B. 1986. Características químicas en sedimentos de la bahía de Pozuelo y áreas adyacentes, Venezuela. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, 25(1y2): 215-231.

Bonilla, J.; Aranda, S.; Ramírez, C.; Moya, J. & Espinosa, L. 2003. Calidad de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, Edo. Sucre, Venezuela. Bol. Inst. Océano. Venezuela. Univ. Oriente, 42 (1 y 2): 3-27.

Bonilla, J.; Fermín, J.; Gamboa, B. & Cabrera, M. 1995. Aspectos geoquímicos de los sedimentos superficiales del ecosistema marino costero de Jose, Edo. Anzoátegui, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente, 34 (1 y 2): 5-23.

- Bonilla, J. y González, C. 1992. Algunos aspectos geoquímicos y características químicas en los sedimentos de la Laguna de Píritu, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 31(1 y 2): 27-44.
- Bonilla, J., Fermín, 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 José, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 37(1 y 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. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 42(1 y 2): 3-27.
- Bonilla, J & Lin, A. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 18 (1 y 2): 37-52.
- Castillo, I.; Acosta, V.; Martínez, G.; y Núñez, M. 2005. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón, *Perna Perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 23 (2): 141-154.
- Caraballo, L. 1982. El golfo de Cariaco. Parte III. Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos. Su distribución por el fondo. Fauna característica. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 21(1y2): 67-83.
- 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.
- 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.
- Crecelius, E., Bother, M., Carpenter, R. 1975. Geochemistry of arsenic, antimony, mercury and related elements in sediments of Pauget Sound. *Environment Science* 9: 325-333
- Chakraborty, P., Ramkete, D., Chakraborty, S. & Nagender-Nath, B. 2014. Changes in metal contamination levels in estuarine sediments around India- An assessment. *Mar. Poll. Bull.*, 78: 15-25.
- Davidson, C.; Thomas, R.; McVey, S.; Perala, R.; Littlejohn, D. y Ure, A. 1994. Evaluation of sequential extraction procedure for speciation of heavy metals in sediments. *Analítica Chemical Acta*, 291: 277-286.
- D'Amore, J.; Al-Abed, S.; Scheckel, K. y Ryan, J. 2005. Methods for speciation of metals in soils: a review. *Journal Environmental Quality*, 34: 1707-1745.

- Dássele, L; Camacho, J.; Carriquiry, M. y Ortiz, M. 2004. The geochemistry and sources of metals and phosphorus in the recent sediments from the Northern gulf of California. *Continental Shelf Research*, 21: 1310-1345.
- Díaz, A. 2008. Especiación de los metales pesados manganeso, plomo, níquel, cobre, cinc y cadmio en sedimentos del Saco del Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Espinoza, L. 2001. Aspectos químicos de los sedimentos superficiales de los litorales norte y sur del Golfo de Cariaco. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná.
- Förstner, U. 1993. Metal speciation – general concepts and applications. *Intern. Environ. Anal. Chem.*, 51: 5-23.
- Förstner, U. Wittmann, G. 1983. *Metal pollution in aquatic environment*. Springer-verlag, London. 486 p
- Fuentes, M. 1998. Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de postgrado Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente. Cumaná.
- 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. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 25(1 y 2): 233-240.
- González, C. 1995. Caracterización ambiental: Calidad del agua y sedimentos del ecosistema Puerto Pesquero de Cumaná, Edo. Sucre. Venezuela. Trabajo de Ascenso a Profesor Asociado. Escuela de Ciencias. Universidad de Oriente. Núcleo Nueva Esparta. Venezuela.
- González, H. & Ramirez, M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *Jornal of Geochemical Exploration*, 52: 183-192.
- Gutiérrez-Galindo, E.; Flores-Muñoz, G.; Ortega-Lara, V. & Villaescusa-Celaya, J. 1994. Metales pesados en sedimentos de la costa fronteriza Baja California (México)-California (EUA). *Ciencias Marinas*, 20 (1):105-124.
- Gonzalez, M, 2019. Calidad ambiental y comportamiento geoquímico de los metales pesados de los sedimentos superficiales de costa Oriental, de Venezuela. Trabajo de postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Hedges, J. 1992. Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Marine Chemistry*, 39: 67-93.
- Hernández, S.; Franco, C. y Herrera, C. 2008. Carbono orgánico y materia orgánica en sedimentos superficiales de la Bahía Concepción. *Ciencia Ahora*, 21: 28-34.

- Howard, J. y Sledzinski, G. 1996. Geochemical behavior of lead in an altisol an ultisol at high levels of contamination. *Journal Soil Contamination*, 5: 61-81.
- Hyun, S.; Lee, T.; Lae, C. & Park Y. 2006. The effects of metals distribution and anthropogenic effluents on the benthic environment of Gwangyang Bay Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 104-120.
- Hurtado, R. 2015. Geoquímica de C, N, P y S en sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Postgrado Cienc. Mar. Inst. Oceanogr. Venezuela, Cumaná, Venezuela. 146 pp
- IOV. 1992. Estudio ambiental de las costas del Edo. Anzoátegui. Proyecto EACA-área de José. Informe final. Convenio IOV (UDO)- CORPOVEN
- IOV.1991. Caracterización ambiental del área de Jose. Proyecto AFEAM. Convenio IOV (UDO)- CORPOVEN.
- Kiersten, M. & Förstner, H. 1991. Speciation of trace elements in sediments. En: Trace Element Speciation: Analytical Methods and Problems. Batley, G. E. (ed.), CRC Press, Boca Raton. pp 245-317
- Klavins, M. & Virkavs, M. 2001. Metals in sediments of inland waters of Latvia. *Boreal Environmental Research*, 6: 297-306.
- 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 pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná
- Lewis, B. y Landing, W. 1992. The investigation of dissolved and suspended particulate trace metal fractionation in the Black Sea. *Marine Chemistry*, 40: 105-141.
- Li, y. H. 1981. Ultimate removal mechanism of trace elements from ocean. *Geochimica et Cosmochimica, Acta* 45: 1659-1664
- López, F., Senior, W., Fermín, I. Márquez, A. y Martínez, G. 2006. Fraccionamiento de los metales pesados Fe, Cd, Cr. y Pb en los sedimentos superficiales de la laguna de Píritu. Estado Anzoátegui, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanográfico de Venezuela*, 45(1): 51-60.
- Loring, D. y Asmund, G. 1995. Geochemical factors controlling accumulation. *Environmental Geology*, 28(1): 1-11.
- 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.; Bonilla, J.; Martínez, G.; Senior, W.; Aguilera, D. y González, A. 2005. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales del litoral nororiental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanográfico de Venezuela*, 44 (2): 89-103.
- Márquez, A., Senior, W; Martínez, G; Castañeda, J; y González, A. (2008). Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la laguna de Castellero, Venezuela. *Revista Científica*, 18(2): 121-133.
- Martínez, G. 1996. Algunos metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de ascenso. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Martínez, G. 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 41 (1 y 2): 83-96.
- Martínez, G.; Rodríguez, L. y Senior, W. 2002. Especiación de Cd, Zn, Cr y Pb en núcleos de sedimentos de la bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Interciencia*, 27(4): 173-179.
- Martínez, G; Senior, W. y Márquez A. 2006. Especiación de metales pesados en la fracción disuelta de las aguas superficiales de la cuenca baja y la pluma del Río Manzanares, Estado Sucre. *Ciencias Marinas*, 32(2): 239-257.
- Martínez, G. 2016. Estudio geoquímico y ambiental de los sedimentos del Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo de postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Marval, M. 2002. Distribución y comportamiento de mercurio y otros metales pesados en sedimentos superficiales de la región central del delta del río Orinoco, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Dpto. Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 118 pp
- Marval, M. 2008. Geoquímica de metales pesados en sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo de Postgrado Cienc. Mar. Inst. Oceanogr. Venezuela, Cumaná, Venezuela, 109 pp.
- Moore, J. y Ramammorthy, S. 1984. *Heavy metals in natural Waters*. Springer-Verlog, New York.
- Monbet, P. 2006. Mass balance of lead through a small macrotidal estuary (Brittany, France). *Marine Chemistry*, 98: 59-80.
- Moya. A. 2010. Fraccionamiento geoquímico de metales trazas en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela, Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

- Mudarra, O. 2002. Hidroquímica de la Ensenada de Puerto Escondido, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Muller-Karger, F. E., Varela, R., Thunell, R., Luerssen, R., Hu, C. & Walsh, J. J. 2005. The importance of continental margins in the global carbon cycle. *Geophys. Res. Lett.*, 32(1): L01602.
- Muller-Karger, F., Varela, R., Thunell, R., Scranton, M., Bohrer, R., Taylor, G., Capelo, J., Astor, Y., Tappa, E., Ho, T.-Y., Iabichella, M., Walsh, J.J., Diaz, J.R., 2000. The CARIACO project: understanding the link between the ocean surface and the sinking flux of particulate carbon in the Cariaco Basin. *EOS, AGU Trans. Amer. Geophys. Union*, 81(45), 529, 534-535.
- Muller-Karger, F. E., Varela, R., Thunell, R., Scranton, M., Bohrer, R., Taylor, G., Capelo, J., Astor, Y., Tappa, E., Ho, T. Y. & Walsh, J.J., 2001. Annual cycle of primary production in the Cariaco Basin: response to upwelling and implications for vertical export. *Journal of Geophysical Research*, 106 (C3): 4527-4542.
- Naidu, A.; Blanchard, A.; Kelley, J.; Goering, J.; Hameed, M. & Baskaran, M. 1997. Heavy metals in Chukchi Sea sediments as compared to selected Circum-arctic Shelves. *Mar. Pollut. Bull.*, 35 (7): 260-269.
- Nriagu, J. 1988. A silent epidemic of environmental metal poisoning. *Environ. Poll.*, 50: 139-161.
- PDVSA, 2004. Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural para el Gasoducto Barbacoa-Cumaná-Isla de Margarita. DAP1503-EIA-CP5-0. Cap. 5: Caracterización ambiental. 471 p.
- Quevauviller, P.; Ure, A.; Muntau, H. y Griepink, B. 1993. Improvement of analytical measurements within the BCR-Programme: single and sequential extraction procedures applied to soil and sediment analysis. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51: 129-134.
- Okuda, T. 1964. Some problems for the determination of organic carbon in hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 3(1 y 2): 106-117.
- Okuda, T.; Benitez, J.; Bonilla, J. y Cedeño, G. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanográfico de Venezuela*, 17(1 y 2): 69-88.
- Quevauviller, P.; Ure, A.; Muntau, H. y Griepink, B. 1993. Improvement of analytical measurements within the BCR-Programme: single and sequential extraction procedures applied to soil and sediment analysis. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51: 129-134.

- Rapine, F.; Tessier, A.; Campbell, G. y Carignan, R. 1986. Potencial artifacts in the determination of metal partitioning in sediments by sequential extraction procedure. *Environmental Science and Technology*, 20: 836-840.
- Ramírez, M., Massolo, S., Frache, R. y Correa, J. 2005. Metal speciation and environmental impact on Sandy beaches due to El Savador copper mine, Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 62-72.
- Rosas, H. 2001. Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca de Llobregt. Trabajo de grado (Dr. Recursos Naturales y Contaminación). Universidad Politécnica de Manresa. España. 330 pp.
- Rojas, N. y Silva N. 2003. Distribución espacial de textura, carbono y nitrógeno en sedimentos recientes en canales y fiordos chilenos, Golfo Corcovado (43° 50' S) a Golfo Elefantes (46° 30' S), Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 25: 15-31.
- Rovira, J. 1993. Estudio de la contaminación por metales pesados del Río Jarama. Tesis Doctoral. Madrid. 360 pp.
- 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. *Marine Pollution Bulletin*, 40(11): 968-980.
- Sadiq, M. 1992. Toxic Metal Chemistry in Marine Environments. Series Advisors Environmental Science and Pollution Control Series. Marcel Dekker, N. Inc., New York.
- Salazar, J. 1989. Condiciones hidrogeoquímicas de la región estuarina-deltaica del río Orinoco durante el mes de noviembre de 1985. Trabajo de postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná
- Sheppard, F. 1954. Nomenclature based on the sand-silk-clay ratios. *Journal Sediment of Petrology*, 24(3): 151-158.
- Shriadah, M. 1999. Ocurrance of trace metals in the Arabian Gulf and the Gulf of Oman sediments off the United Aralo Emirates. *Oebalia*, 25: 43-52.
- Soledispa, B. 2007. Características de la sedimentación marina litoral comprendido entre la puntilla de Santa Elena y Punta Alcón, Provincia de Santa Elena, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 14: 181-188.
- Soto-Jiménez, M., Paéz-Osuna, F. & Ruiz-Fernández, A.C. 2003. Geochemical evidences of the anthropogenic alteration of trace metal composition of the sediments of Chirichueto marsh (SE Gulf of California). *Environmental Pollution*, 125:423-432.
- Soto-Jiménez, M. & Paéz-Osuna, F. 2001. Distribution and normalization of heavy metals concentrations in mangrove and lagoonal sediments from Mazatlán Harbor (SE Gulf of California). *Est., Coast. And Shelf Sci.*, 53: 259-274.

- Tessier, A. 1999. Chemical speciation of metals and bioavailability. Proceedings of 8th European Research Conference. Conférencier invité. Carfagnana, Italie. Pág. 298.
- Tessier, A.; Campbell, P. Bisson, N. 1979. Sequential extraction procedures for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.*, 51: 844-851. at. Trabajo de postgrado. Universidad Politécnica de Manresa. España.
- Thunell, R., Benitez-Nelson, C., Varela, R., Astor, Y. & Müller-Karrer, F. 2007. Particulate organic carbon fluxes along upwelling-dominated continental margins: rates and mechanisms. *Global Biogeochem. Cycles*, 21: GB1022.
- UDO-CORPOVEN. 1991. Caracterización ambiental del área de Jose. Proyecto AFEAM. Convenio IOV (UDO)-CORPOVEN.
- UDO-CORPOVEN. 1992. Estudio ambiental de las costas del estado Anzoátegui. Proyecto EACA-Área de Jose. Informe final. Convenio IOV (UDO)-CORPOVEN.
- UNESCO, 1976. Joint group of experts on the scientific aspects of marine pollution. Review of harmful substances, Reports and Studies N° 2, New York. 24 pp.
- Usero, J., Morillo, J. y Gracia, I. 1997. Contaminación por metales pesados en sedimentos acuáticos del río Odiel. *Tecnología del agua*, 130: 47-54.
- Ure, A.M., Quevauviller, P., Muntau, H. y Griepink, B. 2006. Speciation of heavy metals in soils and sediments. an account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the commission of the european communities. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 51: 135–151.
- Valdés, J. y Sifeddine, A. 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. *Latin American Journal Aquatic Research*, 37 (2): 131-141.
- Velásquez, L. 2005. Distribución y comportamiento de los metales pesados Cd, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn, Co, Cr y Pb en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Vogel, A. 1989. Textbook of Practical Organic Chemistry, Fifth Edition, Longman Scientific and Technical, London.
- Walkley, A. and Black I. A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37: 29-37.
- Wells, M. y Mayer, L. 1991. Variations in the chemical lability of iron in estuarine coastal and shelf waters and its implications for phytoplankton. *Marine Chemistry*, 32: 195-210.

Wong, C. S. C., Wu, S. C., Duzgoren-Aydin, N. S., Aydin, A. & Wong, M. H 1986
Trace metals contamination of sediments in an e-waste processing village in China.
Environ.Poll.,145:434-442.

APENDICE

Tabla A1. Texturas de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, estado Sucre.

Muestra	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura
1	95,8	2,4	1,9	Arenosa
2	95,6	3,3	1,1	Arenosa
3	95,6	3,3	1,1	Arenosa
4	89,2	9,0	1,9	Arenosa
5	89,2	9,0	1,9	Arenosa
6	100,0	0,0	0,0	Arenosa
7	100,0	0,0	0,0	Arenosa
8	100,0	0,0	0,0	Arenosa
9	100,0	0,0	0,0	Arenosa
10	51,1	47,0	1,9	Areno-limosa
11	48,6	49,6	1,9	Limo-arenosa
12	95,6	3,3	1,1	arenosa
13	45,3	52,9	1,9	Limo-arenosa
14	100,0	0,0	0,0	Arenosa
15	100,0	0,0	0,0	Arenosa
16	95,8	2,4	1,9	Arenosa
17	47,8	50,3	1,9	Limo-arenosa
18	47,8	50,3	1,9	Limo-arenosa
19	31,3	60,2	8,5	Limo-arenosa
21	100,0	0,0	0,0	Arenosa
22	100,0	0,0	0,0	Arenosa
23	24,7	66,8	8,5	Limo-arenosa
Min	24,7	0,0	0,0	
Max	100,0	66,84	8,47	
Prom	80,39	17,92	1,69	
DS	26,43	24,72	2,29	

DS: Desviación estándar

Tabla A2. Porcentaje de materia orgánica, carbonatos y carbono orgánico de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estaciones	% Mat volatil	% Carbono Orgánico	% CaCO₃
1	3,63	1,86	0,36
2	1,99	0,86	0,23
3	3,36	1,69	0,26
4	5,37	2,92	0,12
5	2,56	1,21	0,12
6	1,40	0,50	0,37
7	1,53	0,58	0,65
8	1,42	0,51	0,28
9	1,29	0,44	0,12
10	5,67	3,10	0,15
11	3,57	1,83	0,23
12	1,97	0,84	0,23
13	3,77	1,94	0,17
14	0,90	0,19	0,20
15	1,43	0,52	0,17
16	2,86	1,39	0,17
17	10,91	6,30	0,20
18	4,31	2,27	0,18
19	1,22	0,39	0,15
20	1,08	0,31	0,12
21	1,00	0,25	0,15
22	0,88	0,19	0,12
23	6,66	3,70	0,17
Min	0,88	0,19	0,12
Max	10,91	6,30	0,65
Prom	2,99	1,47	0,21
DS	2,50	1,43	0,14

DS: Desviación estándar

Tabla A3. Concentraciones totales en mg·kg⁻¹ de los metales Fe, Cu, Co, Cr, Ni, Cd, Zn, Mn y Pb en los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	Fe	Cu	Co	Cr	Ni	Cd	Zn	Mn	Pb
1	6248,2	5,78	10,08	32,60	13,70	2,44	973,8	39,24	24,50
2	4674,4	3,56	9,08	18,80	18,59	3,01	818,6	17,04	16,93
3	15368,9	4,66	12,60	51,80	21,65	4,90	529,6	30,24	22,31
4	14390,0	9,05	7,05	63,22	16,53	6,17	825,0	48,37	31,61
5	7826,5	8,18	10,57	32,76	9,99	7,24	563,5	21,86	26,76
6	2484,2	8,79	18,65	19,28	22,20	2,83	509,6	11,12	9,24
7	2807,8	6,29	18,83	14,83	17,02	12,15	575,3	16,29	19,07
8	1436,5	4,27	12,41	21,25	17,14	6,15	490,9	18,45	23,98
9	5322,4	1,40	3,65	16,58	3,78	5,88	519,7	9,66	13,91
10	19396,8	7,67	6,97	40,32	10,31	5,06	561,8	35,27	23,10
11	24779,5	7,12	11,75	68,94	17,13	6,78	603,7	18,46	68,77
12	23322,9	5,99	7,97	66,85	16,84	5,03	640,6	40,47	17,77
13	16090,7	3,87	2,41	36,64	6,37	2,96	848,3	28,26	9,48
14	3896,7	1,84	4,12	13,50	7,12	4,67	609,6	11,28	1 0,67
15	14234,0	3,94	5,70	27,25	5,77	5,12	843,4	18,20	5,42
16	15299,7	3,64	12,19	52,44	10,66	8,10	868,7	20,11	20,99
17	49774,4	17,32	13,14	99,95	40,00	7,48	2542,0	112,00	28,45
18	37590,0	7,67	9,68	77,96	30,59	7,30	783,8	44,94	26,04
19	52286,8	17,30	35,88	89,16	50,76	8,17	790,4	94,36	40,77
20	6106,2	7,90	13,88	33,71	61,73	6,09	693,8	86,72	0,08
21	2797,9	2,68	2,59	32,75	8,35	2,72	620,4	6,04	22,90
22	23088,5	8,79	5,03	50,34	22,89	5,36	824,1	22,93	23,61
23	54409,2	7,30	10,81	57,60	19,85	2,20	872,0	29,32	10,88
Min	1436,5	1,40	2,41	13,50	3,78	2,20	490,9	6,04	0,08
Max	54409,2	17,32	35,88	99,95	61,73	12,15	2542,0	112,00	68,77
Prom	17549,2	6,74	10,65	44,28	19,52,	5,56	778,6	32,94	21,59
DS	16423,93	4,04	7,11	24,61	14,36	2,34	410,58	27,95	13,76

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A4. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de hierro presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	3,05	1,18	2373,34	1641,39	2229,19
2	<LD	0,32	2695,15	1392,49	586,44
3	2,18	0,54	11204,53	3594,92	566,77
4	8,73	4,35	4156,28	5802,59	4418,00
5	1,96	8,73	2992,84	2969,66	1853,28
6	<LD	1,14	1650,80	570,62	261,64
7	<LD	0,09	1690,88	711,29	405,56
8	1,75	1,16	124,23	998,81	310,57
9	4,72	9,18	2698,44	509,29	2100,78
10	57,89	2,11	10694,89	7838,35	803,52
11	<LD	4,52	13895,79	10114,85	764,39
12	<LD	2,70	12980,48	8427,69	1912,00
13	<LD	4,35	8692,14	6884,02	510,27
14	<LD	0,67	2204,71	1066,75	624,56
15	<LD	<LD	11257,34	2261,42	715,25
16	<LD	<LD	7502,73	6884,00	913,00
17	0,64	<LD	11350,56	37125,00	1298,22
18	4,06	5,27	10851,32	25333,33	1396,04
19	3,46	6,87	30535,68	19250,00	2490,81
20	2,71	6,04	2653,77	3065,48	378,22
21	<LD	13,49	1462,21	847,33	474,91
22	1,08	58,00	14108,68	8571,29	349,44
23	0,26	<LD	1625,15	52300,25	483,82
Min	<LD	<LD	124,23	509,29	261,64
Max	57,89	58,00	30535,68	52300,25	4418,00
Prom	4,02	5,68	7365,30	9050,47	1123,77
DS	11,94	11,97	6938,51	13009,60	993,83

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A5. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cobre presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	1,90	1,28	1,18	1,41	<LD
2	0,47	0,82	0,78	1,50	<LD
3	<LD	1,44	1,53	1,69	<LD
4	0,02	1,09	0,21	5,28	2,45
5	0,57	1,74	0,56	4,51	0,79
6	<LD	6,33	1,70	0,70	0,06
7	<LD	2,89	2,55	0,85	<LD
8	0,31	1,16	1,95	0,84	<LD
9	0,17	0,26	0,39	0,31	0,26
10	<LD	<LD	0,11	4,47	0,71
11	3,27	<LD	0,58	2,93	0,33
12	0,71	<LD	0,83	3,82	0,63
13	0,39	<LD	0,26	2,99	0,23
14	<LD	<LD	0,91	0,90	0,03
15	<LD	0,66	0,98	1,64	0,66
16	<LD	<LD	0,33	2,98	0,33
17	0,76	0,19	1,08	13,89	1,40
18	1,34	0,44	0,90	4,47	0,52
19	3,72	<LD	0,28	11,33	1,97
20	4,56	<LD	1,50	1,64	0,21
21	0,64	<LD	0,31	1,00	0,73
22	0,77	0,39	0,78	6,34	0,51
23	0,36	<LD	0,06	4,47	2,41
Min	<LD	<LD	0,06	0,31	<LD
Max	4,56	6,33	2,55	13,89	2,45
Prom	0,87	0,81	0,86	3,48	0,62
DS	1,29	1,41	0,64	3,36	0,75

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A6. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cobalto presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	2,48	0,45	3,83	1,20	0,54
2	4,73	<LD	1,70	2,65	<LD
3	6,67	<LD	4,43	1,49	<LD
4	<LD	0,42	2,04	3,14	1,45
5	1,95	4,06	2,16	3,46	0,71
6	<LD	12,59	5,31	0,75	<LD
7	<LD	6,13	9,61	3,09	<LD
8	0,56	2,43	7,03	2,39	<LD
9	<LD	1,19	1,64	0,80	0,02
10	<LD	1,98	2,54	2,44	<LD
11	5,36	<LD	3,60	2,78	<LD
12	0,84	<LD	4,84	1,69	0,60
13	<LD	<LD	1,27	1,14	<LD
14	<LD	<LD	3,42	0,70	<LD
15	0,59	<LD	3,28	1,79	0,03
16	5,08	<LD	4,92	2,19	<LD
17	3,01	0,14	4,38	5,03	0,59
18	3,48	<LD	2,06	4,14	<LD
19	18,63	<LD	14,26	1,79	1,20
20	13,14	<LD	0,45	0,30	<LD
21	1,74	<LD	<LD	0,85	<LD
22	0,69	<LD	2,90	1,45	<LD
3	0,74	5,77	0,30	2,98	1,03
Min	<LD	<LD	<LD	0,30	<LD
Max	18,63	12,59	14,26	5,03	1,45
Prom	3,03	1,53	3,74	2,17	0,27
DS	4,60	3,04	3,19	1,19	0,45

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A7. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cromo presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	1,11	<LD	7,97	4,96	18,56
2	3,54	<LD	6,02	4,74	4,50
3	5,30	<LD	20,66	21,67	4,17
4	1,96	<LD	5,47	22,08	33,71
5	1,79	<LD	2,76	11,70	16,51
6	0,34	4,53	10,36	<LD	4,05
7	0,82	<LD	11,41	<LD	2,60
8	0,76	<LD	17,60	0,10	2,79
9	5,01	<LD	4,70	<LD	6,87
10	0,02	<LD	15,16	17,44	7,71
11	4,22	<LD	26,61	32,86	5,25
12	0,12	<LD	19,40	30,59	16,74
13	0,59	<LD	12,40	17,27	6,38
14	0,22	<LD	6,83	<LD	6,45
15	1,04	<LD	9,46	10,60	6,15
16	<LD	<LD	16,83	27,43	8,18
17	1,56	<LD	19,08	65,74	13,57
18	2,71	<LD	19,82	45,95	9,48
19	9,28	<LD	48,11	10,73	21,03
20	7,71	<LD	5,17	16,22	4,62
21	1,39	<LD	24,43	3,90	3,03
22	<LD	<LD	3,25	42,48	4,60
23	<LD	<LD	4,25	43,87	9,49
Min	<LD	<LD	2,76	<LD	2,60
Max	9,28	4,53	48,11	65,74	33,71
Prom	2,15	0,20	13,82	18,71	9,41
DS	2,57	0,94	10,35	18,00	7,52

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A8. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de níquel presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	2,08	<LD	6,97	3,79	0,86
2	11,68	<LD	3,87	3,04	<LD
3	11,73	<LD	6,08	3,84	<LD
4	2,82	<LD	2,17	7,03	4,51
5	2,53	0,92	2,14	3,30	1,11
6	<LD	12,60	8,95	0,65	<LD
7	<LD	1,35	12,83	2,85	<LD
8	4,00	<LD	10,91	2,24	<LD
9	1,22	<LD	2,03	0,53	<LD
10	<LD	<LD	4,26	5,38	0,67
11	1,14	<LD	6,74	9,25	<LD
12	<LD	<LD	8,34	6,65	1,84
13	<LD	<LD	2,49	3,88	<LD
14	<LD	<LD	5,87	1,25	<LD
15	<LD	<LD	5,12	0,65	<LD
16	<LD	<LD	3,90	6,76	<LD
17	2,58	0,76	15,33	19,21	2,11
18	6,09	<LD	7,23	16,99	0,27
19	10,01	<LD	25,37	12,67	2,71
20	29,19	<LD	27,73	4,81	<LD
21	3,42	<LD	2,57	2,35	<LD
22	0,85	<LD	11,51	9,38	1,15
23	1,54	2,46	1,61	11,71	2,53
Min	<LD	<LD	1,61	0,53	<LD
Max	29,19	12,60	27,73	19,21	4,51
Prom	3,95	0,79	8,00	6,01	0,77
DS	6,62	2,64	6,95	5,12	1,21

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A9. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	0,75	<LD	1,53	0,15	<LD
2	1,74	<LD	1,14	0,13	<LD
3	3,16	0,60	1,11	0,03	<LD
4	1,11	4,36	0,39	0,03	0,27
5	1,21	5,25	0,66	0,12	<LD
6	0,64	<LD	2,19	<LD	<LD
7	0,54	8,93	2,49	0,18	<LD
8	0,74	2,83	2,58	<LD	<LD
9	2,72	2,57	0,45	0,15	<LD
10	<LD	4,46	0,32	0,28	<LD
11	1,88	2,54	1,68	0,68	<LD
12	0,19	2,43	1,71	0,58	0,12
13	<LD	1,97	0,37	0,63	<LD
14	<LD	2,75	1,69	0,23	<LD
15	<LD	3,16	1,38	0,48	0,10
16	<LD	6,46	1,16	0,48	<LD
17	0,88	1,32	3,68	1,48	0,12
18	1,07	2,91	2,41	0,71	0,20
19	1,38	1,84	3,84	0,83	0,27
20	1,38	1,24	0,69	0,58	0,07
21	0,32	0,80	1,04	0,38	0,17
22	0,19	1,62	2,94	0,58	0,02
23	0,02	0,42	0,46	1,03	0,02
Min	<LD	<LD	0,32	<LD	<LD
Max	3,51	8,93	3,84	1,48	0,27
Prom	0,96	2,54	1,56	0,42	0,07
DS	1,04	2,20	1,04	0,37	0,10

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A10. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de zinc presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	0,66	<LD	428,70	224,03	320,40
2	0,03	<LD	611,40	69,87	137,25
3	0,21	<LD	330,09	62,28	137,02
4	<LD	<LD	317,80	64,81	442,42
5	0,04	3,18	229,92	72,01	258,35
6	<LD	<LD	274,10	79,74	155,74
7	<LD	<LD	237,10	157,23	180,94
8	0,23	<LD	291,94	62,11	136,65
9	<LD	0,37	267,13	57,24	194,92
10	<LD	<LD	242,92	169,42	149,49
11	0,31	0,60	354,23	99,43	149,15
12	<LD	<LD	310,39	144,02	186,23
13	<LD	3,36	410,65	340,97	93,33
14	<LD	<LD	418,46	122,41	68,70
15	<LD	1,29	416,71	176,63	248,78
16	<LD	2,91	527,92	139,12	198,75
17	0,75	1,06	2031,09	218,05	291,02
18	0,37	3,72	432,80	170,85	176,05
19	<LD	2,78	409,96	178,89	198,77
20	<LD	1,79	403,03	121,53	167,41
21	<LD	0,55	318,69	157,47	143,72
22	<LD	0,20	580,32	125,00	118,56
23	<LD	2,36	645,10	81,88	142,67
Min	<LD	<LD	229,92	57,24	68,70
Max	0,75	3,72	2031,09	340,97	442,42
Prom	0,11	1,05	456,11	134,57	186,80
DS	0,22	1,32	362,95	68,03	81,54

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A11. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de manganeso presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	1,15	2,72	14,76	3,65	16,97
2	4,97	1,59	1,37	6,74	2,37
3	5,41	2,03	17,07	3,24	2,49
4	8,55	3,06	5,48	7,98	23,31
5	2,01	2,92	3,30	3,43	10,21
6	<LD	3,63	5,24	<LD	2,24
7	<LD	5,93	7,74	<LD	2,62
8	<LD	3,05	13,67	<LD	1,74
9	<LD	3,07	3,86	<LD	2,74
10	<LD	4,50	5,73	21,93	3,11
11	4,80	1,61	7,33	2,49	2,24
12	0,27	2,45	19,37	8,94	9,44
13	<LD	0,39	20,03	5,23	2,61
14	<LD	1,29	5,00	3,50	1,50
15	<LD	2,28	10,20	3,48	2,24
16	<LD	7,69	4,72	4,47	3,23
17	1,65	1,99	57,51	44,81	6,05
18	2,06	2,69	19,81	16,73	3,64
19	5,54	20,37	52,18	4,47	11,80
20	9,25	1,33	3,22	70,68	2,23
21	0,75	2,17	1,75	0,50	0,87
22	0,02	1,94	1,87	18,22	0,87
23	<LD	6,37	9,92	11,41	1,61
Min	<LD	0,39	1,37	<LD	0,87
Max	9,25	20,37	57,51	70,68	23,31
Prom	2,02	3,70	12,66	10,52	5,05
DS	2,90	4,02	14,63	16,52	5,68

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A12. Concentraciones en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de plomo presente en las diferentes fracciones de los sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco.

Estac	F1	F2	F3	F4	F5
1	1,42	15,59	4,08	<LD	3,42
2	<LD	10,31	<LD	<LD	6,62
3	<LD	19,83	<LD	<LD	5,89
4	<LD	22,21	<LD	<LD	9,41
5	3,18	17,23	0,13	<LD	7,13
6	1,45	<LD	1,61	<LD	6,17
7	<LD	7,49	4,01	<LD	7,57
8	5,50	8,67	4,17	<LD	5,65
9	0,17	6,99	<LD	<LD	6,74
10	<LD	23,10	<LD	<LD	<LD
11	52,31	12,11	0,96	2,34	1,05
12	8,30	8,79	<LD	<LD	0,65
13	<LD	9,48	<LD	<LD	<LD
14	<LD	8,04	2,14	<LD	0,48
15	<LD	<LD	5,42	<LD	<LD
16	<LD	20,50	<LD	<LD	<LD
17	7,63	9,30	7,22	2,76	1,54
18	11,40	11,09	2,98	<LD	0,57
19	<LD	9,32	27,32	2,58	1,55
20	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08
21	17,88	4,52	<LD	<LD	<LD
22	7,25	11,13	4,73	0,50	<LD
23	2,46	6,82	<LD	1,29	0,31
Min	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Max	52,31	23,10	27,32	2,76	9,41
Prom	5,17	10,54	2,82	0,43	2,82
DS	11,28	6,66	5,78	0,89	3,21

<LD: bajo el límite de detección.DS: Desviación estándar

Tabla A13. Valores de concentraciones límite para sedimentos no contaminado (sadiq 1992)

Metales	Valor limite
Cu	10 mg·kg ⁻¹
Ni	10 mg·kg ⁻¹
Cr	20 mg·kg ⁻¹
Zn	110 mg·kg ⁻¹
Pb	5 mg·kg ⁻¹
Cd	1 mg·kg ⁻¹

METADATOS

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

Título	CONTENIDO Y COMPORTAMIENTO GEOQUÍMICO DE LOS METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL SECTOR MARINO COSTERO LA CHICA-GOLINDANO, DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
SUCRE GUZMAN, JOSE LUIS	CVLAC	10.954.687 (Cédula)
	e-mail	josesucretacal@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Contenido y Comportamiento, metales pesados, sedimentos superficiales

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub área
Ciencias	Química

Resumen (abstract):

Se evaluó la distribución y comportamiento de los metales Fe, Cu, Co, Cr, Ni, Cd, Zn, Al, Mn y Pb, en sedimentos superficiales del sector marino costero La Chica-Golindano del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. La clasificación textural de los sedimentos se determinó según el triángulo de Shepard (1994). La materia orgánica se calculó por el índice de vanmele, los equivalentes de carbonato de calcio por titulación 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 y colaboradores. (1979); para así extraer las distintas formas geoquímicas de asociación de los metales en el sedimento y cuantificarlos mediante espectroscopia de absorción atómica (EAA), con un espectrómetro marca Perkin Elmer, modelo 3110 DV, midiendo los blancos para cada fracción, patrones y extractos de las muestras a las longitudes de ondas específicas de cada metal. La textura predominante en los sedimentos del área de estudio fue la arenosa seguida de la limo-arenosa y la areno-limosa. Las concentraciones promedios de metales totales fueron: Fe ($17549 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Cu ($6,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Co ($10,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Cr ($44,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Ni ($19,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Cd ($5,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Zn ($778,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Mn ($32,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y Pb ($21,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). De acuerdo con las concentraciones totales determinadas, se pudo observar que los metales que presentaron mayores concentraciones fueron el hierro y el zinc. El resto de los metales tuvieron concentraciones menores de $45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en el siguiente orden de abundancia: Cr > Mn > Pb > Ni > Co > Cu > Cd >. Por otra parte, se observaron correlaciones significativas entre el Zn, Fe, Cr, Mn y Cu y el carbono orgánico con el resto de los metales este tuvo correlación positiva no significativa a excepción del Co, el cual presentó correlación negativa no significativa con el, ya que, éste 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 junto con la materia orgánica. La especiación de los metales mostró que las mayores proporciones se encuentran asociadas a las fracciones potencialmente biodisponibles (materia orgánica y sulfuros metálicos), seguida de la fracción asociada a los oxihidroxidos de Fe y Mn, la fracción asociada a los carbonatos, la asociada a los intercambiables, por ultima, la asociada a la fracción residual.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
M.Sc. Ramon Hurtado	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	10.216.195
	e-mail	rhurtados@gmail.com
	e-mail	
M.Sc. Damaris Aguilera	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.948.824
	e-mail	daguile01@yahoo.com
	e-mail	
M.Sc. Edgar García	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	15.317.801
	e-mail	tukani82@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	02	09

Lenguaje: SPA _____

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis_NA.doc	Aplication/word

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado(a) Licenciatura en Química

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciado

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 – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUNPELO
Secretario



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

JABC/YGC/manuja

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

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): "los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización".



**JOSE SUCRE
AUTOR**



**PROF. RAMON HURTADO
ASESOR**