



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
POSTGRADO DE BIOLOGÍA APLICADA

VARIACIONES TEMPORALES Y ESPACIALES ENTRE LOS NIVELES DE
METALES TOTALES Y BIODISPONIBLES Y LOS PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PENÍNSULA DE
ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

LICDA. AHIESKA AIMARA LISCANO CARREÑO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER SCIENTIARUM EN BIOLOGÍA APLICADA,
MENCION ECOTOXICOLOGÍA

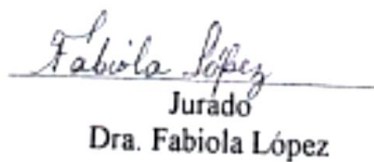
CUMANÁ, 2014

VARIACIONES TEMPORALES Y ESPACIALES ENTRE LOS NIVELES DE
METALES TOTALES Y BIODISPONIBLES Y LOS PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PENÍNSULA DE
ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

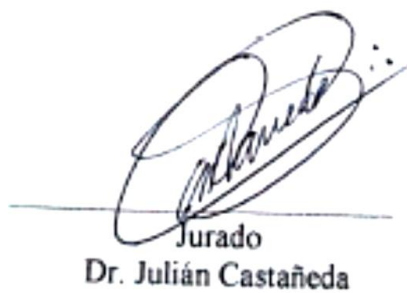
APROBADO POR:



Dra. Marín Lemus
Asesor



Jurado
Dra. Fabiola López



Jurado
Dr. Julián Castañeda

INDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	11
METODOLOGÍA	16
ÁREA DE ESTUDIO	16
MUESTREO	16
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES	18
pH	18
Temperatura	18
Análisis granulométrico	18
Materia orgánica	19
Carbonatos	19
Nitrógeno y fósforo total	20
DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES TOTALES Y BIODISPONIBLES DE METALES EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES	21
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	23
pH	23
Temperatura	24
Granulometría	24
Humedad	29
Materia orgánica	29

Carbonatos	33
Nitrógeno total.....	35
Fósforo total	37
METALES	40
Hierro	40
Manganeso	43
Níquel.....	46
Zinc	47
Cobre.....	51
Cromo	52
Cadmio.....	56
Plomo.....	59
PRINCIPALES ASOCIACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y LOS METALES	62
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
HOJAS DE METADATOS.....	81

DEDICATORIA

A Dios el Señor de Señores por serme fiel, aun en mi infidelidad, por darme la sabiduría, inteligencia, amor, paciencia, y enseñarme que los tropiezos en la vida me han ayudado a fortalecerme y que no me pone pruebas que no pueda superar.

A mi hermosa familia, dedico este nuevo logro de mi vida, que con tanto amor, paciencia y sabiduría han sabido soportar mis altos y bajos momentos.

A mi esposo, que con su amor y apoyo contribuyó en el cumplimiento de esta meta.

A mi bello hijo Pablo, que con su alegría y ocurrencias de una u otra manera me han hecho bajar el ritmo de vida y entender que hay que disfrutar la vida con quienes amamos.

A ti mi niño Santiago, que estás por conocer este mundo y anhelando poderte dar lo mejor de él

A ti mi niña linda, que te amo mucho más de lo que piensas y esperando tenerte pronto con nosotros.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por todo su apoyo, consejos y amor durante este tramo de mi vida.

A mi esposo, por su ayuda incondicional durante la ejecución de este proyecto de investigación.

A mi asesora, la Profa. Mairin Lemus, por su asesoría, comprensión y amistad previa y durante la ejecución de este trabajo de investigación.

A la Profa. Ivis Fermín, que con su orientación, paciencia y amistad, me supo guiar y apoyar en la culminación de esta etapa de mi vida.

A los profesores del comité asesor, Luisa Rojas y Gregorio Martínez que con sus correcciones y orientaciones certeras se pudo culminar esta investigación.

A todos aquellos profesores que han aportado conocimientos he influido en mí a lo largo de esta carrera.

Al Postgrado en Biología Aplicada de la Universidad de Oriente, por brindarme las luces necesarias para la realización de estos estudios avanzados.

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela, al Departamento de Oceanografía y al Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán por su gran apoyo y colaboración en la ejecución de este trabajo de Grado.

A los técnicos Deudedit Hernández, Edymir Parra, María Amaro, y al marino del bote, Sr. Abel, por brindarme su apoyo profesional y su valiosa amistad.

A mi hermana Alba y mi amiga Gabriela, que con su apoyo incondicional me ayudaron y apoyaron a lo largo de la carrera y en la ejecución de la investigación, muchas gracias; y a mis compañeros, que de una u otra manera me apoyaron durante toda la carrera.

A mis tíos, Nelly, Omaira y Victor que con tanta paciencia y amor me han apoyado.

A la Sra. Luz, muchas gracias por esa paciencia y colaboración que siempre me supo dar con suma alegría.

A todas aquellas personas que de alguna manera estuvieron relacionadas con la realización de este trabajo, mil gracias.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de las localidades de muestreo en la Península de Araya, Edo. Sucre, Venezuela.....	7
Tabla 2. Concentraciones de metales pesados presentes en el material de referencia (HISS-1).....	12
Tabla 3. Longitudes de onda (nm) para los metales evaluados en el presente estudio ...	22
Tabla 4. Evaluación granulométrica de los sedimentos superficiales en localidades de la Península de Araya	28
Tabla 5. Correlación de las variables fisicoquímicas y los metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya...57	
Tabla 6. Componentes principales entre las variables fisicoquímicas y los metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de localidades de muestreo en la Península de Araya, Edo. Sucre, Venezuela.	17
Figura 2. Dendograma obtenido con el análisis de conglomerado de todas las variables analizadas en las tres zonas de la Península de Araya planteadas.	23
Figura 3. Valores de pH de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	25
Figura 4. Temperatura (°C) en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	26
Figura 5. Representación de la composición textural de los sedimentos superficiales de la Península de Araya de acuerdo al triángulo de Shepard (1954).	28
Figura 6. Porcentaje de humedad (%) en los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	30
Figura 7. Porcentaje de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	32
Figura 8. Porcentaje de carbonato de calcio (%) en los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	34
Figura 9. Concentración de nitrógeno total (NT mg.kg ⁻¹ sedimento) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	36
Figura 10. Concentración de fósforo total (PT mg.kg ⁻¹ sedimento) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	39
Figura 11. Concentración de hierro total y biodisponible (Fe µg.g ⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	42
Figura 12. Concentración de manganeso total y biodisponible (Mn µg.g ⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	45
Figura 13. Concentración de níquel total y biodisponible (Ni µg.g ⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	48
Figura 14. Concentración de zinc total y biodisponible (Zn µg.g ⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	50
Figura 15. Concentración de cobre total y biodisponible (Cu µg.g ⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	53
Figura 16. Concentración de cromo total y biodisponible (Cr µg.g ⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	55

Figura 17. Concentración de cadmio total y biodisponible ($\text{Cd } \mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres tiempos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	58
Figura 18. Concentración de plomo total y biodisponible ($\text{Pb } \mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres tiempos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya.	61
Figura 19. Representación gráfica de los componentes principales entre las variables fisicoquímicas y los metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya	68

RESUMEN

Los metales pesados aún en pequeñas concentraciones pueden ser tóxicos para los organismos y su disponibilidad depende de la especie química en la que estos se encuentren, así como de ciertos factores fisicoquímicos; de allí que en este trabajo se evaluó las variaciones temporales y espaciales de metales totales y biodisponibles y parámetros fisicoquímicos en los sedimentos superficiales de la Península de Araya. Se colectaron sedimentos superficiales en las localidades de Chacopata, Guayacán, Caimancito, Guamache, Punta Araya, Manicuare, Los Cachicatos y Guacarapo durante los meses de octubre (2011), diciembre (2011) y marzo (2012). La granulometría se realizó con sedimentos secos y tamizados en un Ro-Tap mecánico clasificándolos según la escala de Wentworth; el contenido de materia orgánica se realizó por pérdida de peso; los equivalentes de carbonatos (CaCO_3) fueron obtenidos por titulación con solución de NaOH estandarizado; el nitrógeno y fósforo total se realizaron por oxidación simultánea a nitrato y fosfato, respectivamente, el primero se determinó por un sistema de autoanализador y el segundo por el método de Murphy. Para la extracción de los metales totales (Fe T, Mn T, Ni T, Cu T, Zn T, Cd T, Cr T y Pb T) y biodisponibles (Fe B, Mn B, Ni B, Cu B, Zn B, Cd B, Cr B y Pb B) el sedimento total seco se digirió con una mezcla regia (ácido nítrico, ácido clorhídrico y ácido perclórico) y ácido acético 10%, respectivamente, determinados mediante la utilización de un espectrómetro de absorción atómica; para determinar si existen o no diferencias espaciales y temporales se aplicó un análisis de Kruskal Wallis y para la determinación de asociación entre las distintas variables se realizó un análisis de correlación de Pearson y componentes principales. La distribución de los parámetros fisicoquímicos en el tiempo no presentaron diferencias significativas salvo para la temperatura y nitrógeno total, demarcándose el período estacional de muestreo; sin embargo, solo se encontraron diferencias significativas entre estaciones en el porcentaje de humedad, carbonatos y de fósforo total, acentuando la individualidad y características propias de cada localidad. El comportamiento de los metales en el tiempo fue bastante homogéneo, a excepción del Fe B. Se observaron diferencias significativas en los metales entre estaciones salvo para Fe T y B, Cr T y B y Pb B. Las concentraciones de metales totales arrojaron un promedio de Fe ($2820,36 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mn ($14,04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Ni ($8,01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cu ($3,25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn ($41,06 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cd ($1,66 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cr ($10,08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Pb ($14,97 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). En el contenido de metales biodisponibles determinados se obtuvieron promedios de Fe ($234,60 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mn ($8,93 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Ni ($5,43 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cu ($1,54 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn ($5,04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cd ($1,25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cr ($4,49 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Pb ($4,83 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), mostrándose contaminación principalmente por Cd en todas las estaciones y Pb en las localidades de Manicuare y Los Cachicatos ($8,80 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ y $8,10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente) de acuerdo a lo establecido para sedimentos marinos no contaminados.

Palabras claves: metales, Península de Araya, granulometría, sedimento superficial.

INTRODUCCIÓN

A medida que la humanidad aumenta su capacidad tecnológica de intervenir a la naturaleza para satisfacer sus necesidades y deseos crecientes, surgen los conflictos en cuanto al uso del espacio, los recursos y la disposición de los residuos al ambiente. En los dos últimos siglos se ha impuesto un modelo de civilización, asociada a la industrialización como forma de producción y organización del trabajo y, como consecuencia de esto, la disponibilidad de una diversidad enorme de productos químicos potencialmente tóxicos y la generación de residuos en cantidades significativamente perjudiciales al ambiente están siendo descargadas al mar (Zagatto, 2006).

Por esto, la contaminación de las zonas marinas costeras se entiende como la introducción, directa o indirecta, de sustancias o energía a este ambiente (incluidos los estuarios) por el hombre; lo que puede causar efectos perjudiciales a los recursos vivos, constituyendo un riesgo potencial para los organismos del plancton, bentos y la cadena trófica en general. Por ende, constituye un peligro para la salud humana, además ocasiona una disminución de las actividades marinas, incluida la pesca, el deterioro de la calidad del agua de mar y la reducción de los atractivos naturales (Alarcón, 2003; Mozeto y Zagatto, 2006). Estas sustancias son derivadas principalmente de combustibles fósiles, minería, metalurgia, descargas industriales y urbanas, pesticidas, herbicidas, aceite, productos del petróleo, solventes industriales, contenedores de gas, basura doméstica, desperdicios nucleares y otros materiales orgánicos. Además de esta contaminación producida por el hombre, también puede darse de forma natural por sustancias ya existentes en las aguas provenientes de la meteorización y erosión de las rocas madres, depósito atmosférico, actividad volcánica que libera vapores y ceniza, o en forma directa o indirectamente materia o energía, (Ahumada y Contreras, 1999; Souto *et al.*, 1999; Rubio *et al.*, 2000; Zagatto, 2006).

Aun cuando el hombre es el principal causante de la entrada de elementos tóxicos al mar, se presume que las concentraciones de los mismos deben ser poco variables en el tiempo en las aguas oceánicas, sin embargo existen fluctuaciones naturales en dichas concentraciones que suelen estar asociados a los procesos como

surgencia, precipitación y escorrentías; por otro lado, en las zonas marino-costeras estas variaciones en los niveles de agentes tóxicos ocurren constantemente. Es por ello, que estos contaminantes tienen la capacidad de ser adsorbidos por los sedimentos arcillosos, quedando en ellos los registros de cambios temporales de sus aportes (Rubio *et al.*, 2000; Ahumada *et al.*, 2002; Alarcon, 2003; Zagatto, 2006).

Los sedimentos, son un resumidero de los diferentes compuestos químicos y por tanto, son una matriz compleja y heterogénea con características poco dinámicas. Entre los elementos tóxicos incorporados a este componente se encuentran los metales que aunque no sufren ningún tipo de biodegradación, no todas las fracciones de metales que forman parte del sedimento se mantienen en el complejo metal-sedimento; hay fracciones que reaccionan por cambios en las condiciones del medio (pH, salinidad, condición redox, nutrientes), pudiendo liberarse y estar biodisponibles (Rubio *et al.*, 2000; Ahumada *et al.*, 2004; Jara y Salamanca, 2003; Frankowski *et al.*, 2008; Vijayavel, 2010).

Para el estudio del comportamiento geoquímico, removilización, diagénesis, ciclo de transporte y biodisponibilidad de los metales se han empleado técnicas de extracción que usan sustancias químicas apropiadas y permiten obtener las diferentes especies físico-químicas de los metales como fracciones intercambiables, asociadas a carbonatos, unidas a oxihidróxidos de manganeso e hierro, incorporadas a la materia orgánica. En este sentido, se ha descrito que las dos primeras fracciones de metales, intercambiables y asociadas a carbonatos, pueden ser fácilmente liberadas al agua bajo las condiciones naturales mencionadas anteriormente (Cacador *et al.*, 1996; Izquierdo *et al.*, 1997; Roux *et al.*, 1998; Tokalioglu *et al.*, 2000; Frankowski *et al.*, 2008)

Fergusson (1990) y Rubio *et al.* (2000), señalan que los metales pesados están presentes en la biósfera, litósfera, atmósfera e hidrósfera, siendo complejo el comportamiento de estos en sistemas naturales, debido a las distintas interacciones químicas posibles. Estos tienden a encontrarse retenidos en el sedimento ya que la mayoría de los metales son solubles a pH ácidos.

El análisis de la concentración de metales es de gran interés, debido a su toxicidad, persistencia y daños a nivel celular, dado a su capacidad para desnaturalizar

proteínas, ser asimilados por el fitoplancton y organismos filtradores e incorporados a la cadena alimenticia (Sadiq, 1992; Buratini y Brandelli, 2006). La determinación de metales totales en el sedimento permite reconocer alteraciones ambientales, vía enriquecimiento de alguno de ellos. Sin embargo, no aporta información sobre la fracción disponible para los organismos. La biodisponibilidad va a depender de la especie química en la que los organismos pueden incorporar metales a la cadena trófica. Las transformaciones y re-movilizaciónes del metal desde el sedimento van a depender de las condiciones redox del sistema (González *et al.*, 2009).

Las diversas condiciones de aerobiosis o anaerobiosis, ejercen control sobre la distribución de las diferentes especies de metales presentes en los sistemas acuáticos. Por esto, al disminuir las concentraciones de oxígeno por procesos de eutrofización, tiende a disminuir el pH y los metales serán liberados en la interfase sedimento-columna de agua; así mismo la temperatura y la salinidad tienden a influenciar los ciclos biogeoquímicos de los metales (Sadiq, 1992; Mozeto y Zagatto, 2006).

En la actualidad existen investigaciones que relacionan directa e indirectamente a organismos del medio marino con los parámetros físico-químicos y biológicos del medio (Brito, 1999; Briceño, 2000; Marín *et al.*, 2003). Así mismo, los metales pesados suelen presentar una estrecha relación con los elementos nutritivos en el sistema acuático, lo que indica que su participación en los procesos biológicos se realiza de una manera similar a la de los nutrientes, determinando estos últimos la distribución, comportamiento y destino de los metales pesados en ambientes acuáticos (Ahumada, 1994; Martínez, 1999).

En el nororiente de Venezuela las aguas de surgencia se caracterizan por ser ricas en nutrientes, bajas en temperaturas (entre 23 y 24°C, aproximadamente) y oxígeno disuelto, y generalmente provienen de profundidades comprendidas entre los 100 y 200 m, lo que contribuye al desarrollo de la productividad (Valentine, 1996; Castellanos *et al.*, 2002).

Otros estudios realizados en la costa norte del Estado Sucre han establecido que existen dos períodos o focos de surgencia al año que propician la fertilidad acuática, relacionando estos períodos con los procesos eólicos (con una marcada persistencia

direccional, lo cual refleja el predominio de los vientos alisios del Este), donde variaciones físicas por el enfriamiento de las aguas superficiales, presentan una etapa de alta intensidad de surgencia correspondiente al trimestre febrero-marzo-abril (periodo de máximos vientos), y otra de mínima intensidad de surgencia (periodo de mínimos valores en la actividad eólica) correspondiente al trimestre agosto - septiembre - octubre (Gómez y Chanut, 1993; Aparicio y Contreras, 2003; Castañeda, 2006).

La región oriental de Venezuela y entre ella la zona costera de la Península de Araya se caracteriza por tener una alta productividad que está relacionada con el fenómeno de surgencia que se da por los procesos de convección y afloramiento que tienden a desarrollar fenómenos de renovación de las aguas superficiales pobres por aguas frías más profundas y ricas en sustancias nutritivas como nitritos, nitratos y fosfatos, estimulando el desarrollo fitoplanctónico junto a diferentes partículas de sedimentos que se depositan y se acumulan sobre la Plataforma Continental, constituyendo de esa manera la riqueza del fondo marino (Bonilla, 1982). Esta región ha tenido escasa actividad antrópica, por lo que se consideraba un área poco impactada por la contaminación de metales pesados, sin embargo, en los últimos años a lo largo de la costa norte del estado Sucre se han establecido pequeñas y medianas industrias de conservas pesqueras y son pocos los estudios realizados sobre la calidad ambiental de estos ecosistemas; la mayoría de las investigaciones en caracterización de sedimentos se han concentrado hacia el Golfo de Cariaco y en estas, autores como Martínez (2002); Bonilla *et al*, (2003a); Márquez *et al*, (2005); Fuentes *et al*, (2010); Mujica, 2010; Aguado, 2012 encontraron perturbación en el medio por metales como cobre (Cu), níquel (Ni), cadmio (Cd) y plomo (Pb); y hacia el norte de la Península, los trabajos de Acosta *et al*, (2002) y Pérez *et al*, (2006) reportaron alteración por zinc (Zn), y Pb.

Los procesos de bioacumulación y biomagnificación ya están ocurriendo en ciertos organismos en la Península de Araya (tanto en invertebrados como en vertebrados) ya que se han reportado en los tejidos concentraciones de Cd y Pb por encima de los niveles permisibles en alimentos, tal es el caso de los trabajos realizados por Acosta y Lodeiros, (2004); Castillo *et al*, (2005); Marcano y Troconis, (2001); Rojas de Astudillo *et al*, (2002). Aunado a esto, se espera que el desarrollo industrial aumente

en los próximos años, debido a la explotación petrolera al norte de la Península de Paria, la construcción del depósito de patio-tanque en Punta de Araya (en proyecto), la puesta en funcionamiento del astillero, así como los planes de las vías Ferroviarias en la Península de Araya.

Todo el desarrollo industrial previsto para la región, así como las fuentes antrópicas actuales, traerían consigo el continuo incremento de asentamientos humanos en zonas costeras y litorales, el tránsito diario de botes, vertederos de basuras improvisados, así como las descargas de aguas residuales cercanas a la costa o directamente al mar con poco o nulo tratamiento previo, vendrían a ser focos de contaminación en el área propuesta, así como un motivo creciente de inquietud en cuanto al equilibrio ecológico futuro (Alarcón, 2003); de allí, que en el presente trabajo se pretende ampliar la información existente en cuanto a la biodisponibilidad de los metales pesados en el sedimento superficial relacionado con los períodos de surgencia de alta y baja intensidad en la Península de Araya, así como su interacción con algunos parámetros físico-químicos y si sus concentraciones se encuentran de acuerdo a la normativa internacional y nacional de presencia en sedimentos.

El conocimiento de las condiciones geoquímicas del sedimento de la Península de Araya es de importancia fundamental para su conservación y manejo adecuado, ya que permite caracterizar el ambiente, detectar alteraciones causadas por la contaminación y/o intervención de los mismos y, en algunos casos precisar las posibles fuentes de perturbación.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

La vegetación de la península de Araya en la costa norte es esencialmente xerófila; en su parte occidental consiste principalmente en tunas, cardones y cujíes; también presenta manglares en las ensenadas y lagunas; hacia la parte oriental, predominan los bosques secos, tupidos y espinosos, con precipitaciones inferiores a los 250 mm. La evaporación es bastante alta durante todo el año (>2 000 mm/año). Las temperaturas en la región del golfo, en sequía, oscilan entre 26 y 28°C, por el efecto suavizador de los vientos Alisios que soplan en dirección nornoreste (NNE)-estenoreste (ENE). Estos vientos tienen baja velocidad (2-3 m·s⁻¹) y actúan en periodos cortos de tiempo; por lo tanto las corrientes marinas y las olas son débiles (Quintero y Lodeiros, 1996; Quintero *et al.*, 2006).

El Golfo de Cariaco está ubicado, geomorfológicamente, en la Depresión de Cariaco, entre el conjunto de rocas metamórficas y sedimentarias de la Península de Araya y las rocas sedimentarias de las serranías del interior de la costa sur. En las áreas de la plataforma somera o en zonas adyacentes a las playas, los sedimentos tienen una buena clasificación y se acumulan libremente, sin gravas y limos. Estos sedimentos están constituidos por arenas finas a medias, transportadas por las corrientes que actúan en el medio marino. Las partículas de arena fina sedimentan por gravedad, cuando la velocidad del agente de transporte disminuye y las partículas de arcilla precipitan bajo la acción o el efecto de fenómenos fisicoquímicos que ocurren en el medio ambiente. La distribución de los sedimentos depende de la velocidad de las corrientes y de la velocidad de sedimentación (Caraballo, 1982).

MUESTREO

Para la ejecución de este trabajo se llevaron a cabo los muestreos en tres zonas de la Península de Araya, las cuales son: 1) hacia el Golfo de Cariaco (las localidades de Guacarapo, los Cachicatos y Manicuare), 2) hacia el Norte de la Península (Guamache, Caimancito, Guayacán y Chacopata) y 3) hacia la punta (Punta Araya) (figura 1, tabla 1), estableciéndose de esta manera las tres zonas de muestreo en base a las eco-regiones de Venezuela (Miloslavich *et al.*, 2005); por la distribución del fitoplancton en la

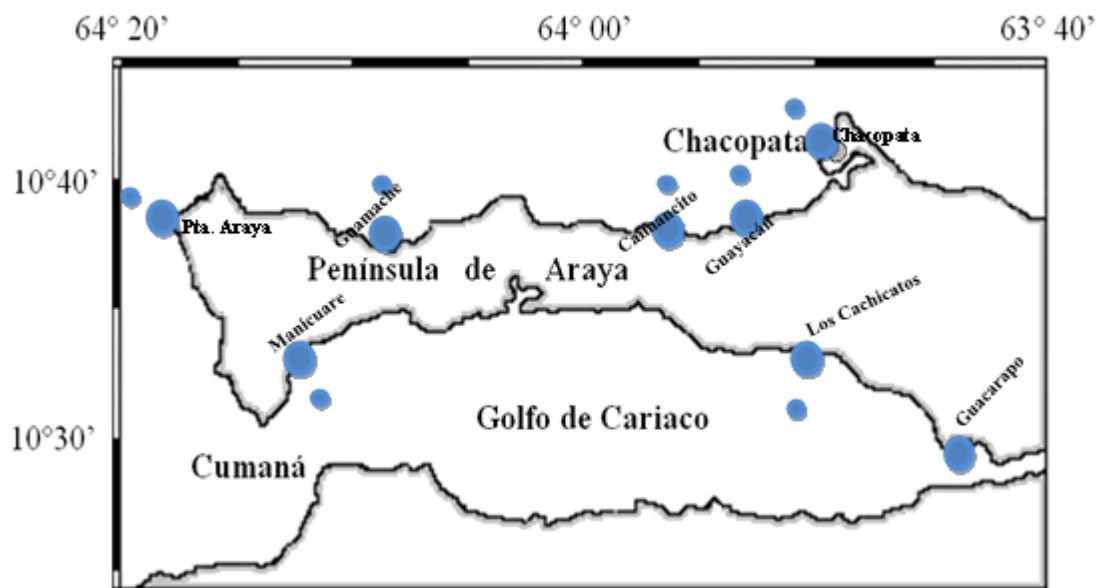


Figura 1. Ubicación geográfica de localidades de muestreo en la Península de Araya, Edo. Sucre, Venezuela.

Tabla 1. Coordenadas de las localidades de muestreo en la Península de Araya, Edo. Sucre, Venezuela.

Localidad	Dist. (m)	Coordenadas
Punta Araya	100	N 10°38'47" WO 64°17'01,4"
	200	N 10° 39'03,2" WO 64°17'10,2"
Guamache	100	N 10°37'07,3" WO 64°08'14,8"
	200	N 10°37'16,4" WO 64°08'21,6"
Caimancito	100	N10°37'58,6" WO63°54'25,6"
	200	N10°38'04,7" WO63°54'26,8"
Guayacán	100	N 10°39'07,3" WO 63°50'02,9"
	200	N 10°39'16,4" WO 63°50'06,9"
Chacopata	100	N 10°40'44,0" WO63°49'28,7"
	200	N 10°40'48,1" WO63°49'37,7"
Guacarapo	100	N 10°29'41,6" WO 63°44'12,4"
	200	N 10°29'40,8" WO63°44'12,2"
Los Cachicatos	100	N 10°32'58,7" WO 63°49'37,0"
	200	N 10°32'57,1" WO 63°49'37,5"
Manicuare	100	N 10°33'13,7" WO 64°11'58,8"
	200	N 10° 33'11,9" WO 64°11'59,0"

plataforma nororiental de Venezuela (Varela *et al.*, 2003); y en cuanto a la salinidad de la costa nororiental de Venezuela (Bonell, 1982), y recolectando el sedimento superficial dentro de la zona costera aproximadamente a los 100 y 200 m en cada localidad, entre las 7:00 am y 1:00 pm en los meses de octubre, diciembre de 2011 y marzo de 2012 correspondiente a los períodos de baja intensidad, de transición y de alta intensidad de surgencia, respectivamente.

Los sedimentos superficiales se colectaron con la ayuda de una draga Diez Laffont de 0,02 m², se resguardaron en bolsas de plástico rotuladas y se colocaron en cavas con hielo para ser trasladadas al laboratorio del Centro de Investigaciones de Guayacán y congeladas hasta su posterior traslado y procesamiento en los laboratorios del Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Las muestras de sedimento se secaron hasta masa constante en una estufa entre 50 y 60°C, durante 24 a 72 h, que luego se usaron para determinar las concentraciones de metales y hacer las determinaciones fisicoquímicas del mismo. Con la finalidad de evitar la contaminación de las muestras se tomó la previsión de lavar el material de vidrio y plástico con solución nitrosa (0,5%) y agua desionizada (conductividad de 18 µS/cm), obtenida con un sistema NANOPURE UV, Marca Barnstead (USA).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES

pH

Se pesaron 20 g de sedimento húmedo, y se colocaron en un Beaker de 50 ml de capacidad, luego se le agregó 20 ml de agua desionizada para proceder a agitar constantemente por 5 min y se dejó en reposo por 1 h, transcurrido el tiempo se midió el pH en un pHmetro Basic 20 marca Crison, previa calibración del mismo.

Temperatura

Los valores de temperatura fueron tomados en el campo, durante cada muestreo con un termómetro ambiental de 1°C de apreciación.

Análisis granulométrico

Al sedimento se procedió a aplicarle la técnica del hidrómetro; y para esto, se pesaron 50 g de sedimento seco, se pasaron por un tamiz de 2 mm. La fracción menor a

2 mm se colocó en una batidora, se añadieron 10 ml de solución dispersante (polifosfato de sodio) y una parte de agua destilada. Esta mezcla fue batida por 5 min, luego se transfirió a un cilindro graduado de 1 l, completada con agua destilada y agitada para homogeneizar el contenido. Una vez colocado el cilindro sobre el mesón, se introdujo el hidrómetro de Bouyoucos, activado el cronómetro y tomadas las lecturas de densidad y temperatura a 40 s y a 120 s. después de obtenidas las lecturas, se calcularon los porcentajes de arena, limo y arcilla (Bouyoucos, 1962; Primo y Carrasco, 1973). En la interpretación de los resultados se utilizó el triángulo textural de Shepard (1954). Posteriormente, la granulometría se realizó con sedimentos secos y tamizados en un Ro-Tap mecánico durante diez minutos en tamices con diámetros de malla: 3; 2; 1; 0,5; 0,250; 0,125 y 0,063 mm clasificándolos según la escala de Wentworth

Materia orgánica

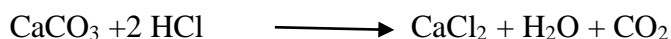
El contenido de materia orgánica, se determinó por el método descrito por De la Lanza (1980); el cual se fundamenta en la mineralización total de la materia orgánica que se encuentra contenida en los sedimentos marinos. Esto se logra a través de la calcinación de las muestras a altas temperaturas, en una mufla a 450°C, de tal manera que se obtenga una fracción libre de materia orgánica, la determinación se realiza por la pérdida de peso debido a la oxidación de materia orgánica en la muestra a CO₂, el cual es liberado a la atmósfera.

Se pesaron 2 g de sedimento seco que se colocaron en crisoles de porcelana previamente pesados, y se llevaron a una mufla a 450°C durante 8 h. después de enfriados se pesaron los crisoles, obteniéndose por diferencia de peso un estimado de la materia orgánica contenida en el sedimento.

Carbonatos

Los equivalentes de carbonato de calcio fueron obtenidos por titulación con solución de NaOH estandarizado (Vogel, 1960). Para ello se pesaron 0,100 g de sedimentos previamente calcinados, se añadieron 12,5 ml de solución de HCl 0,5 mol·l⁻¹. Y se sometieron a agitación en un agitador mecánico Thermolyne modelo Aros 160 por 6 horas. Posteriormente fueron centrifugadas a 5000 rpm y se separaron los extractos. Finalmente fueron titulados con solución de NaOH 0,5 mol·l⁻¹ previamente

valorado con biftalato de potasio. Para determinar el punto final se utilizó fenolftaleína como indicador. Paralelamente se procesó una cantidad similar de CaCO_3 para análisis, con el fin de verificar la eficacia de la titulación, todas las muestras se hicieron por duplicado.



Nitrógeno y fósforo total

Para la determinación del nitrógeno y fósforo total, la metodología descrita por Valderrama (1981) se adaptó para el análisis de los sedimentos, el cual consiste en la oxidación simultánea de nitrógeno orgánico y fósforo orgánico a nitrato y fosfato, respectivamente, con un reactivo oxidante. Posteriormente los nitratos se determinaron mediante un sistema de autoanalizador (Tréguer y Le Corre, 1975) y el fosfato se determinó según el método de Murphy y Riley (1962).

Para ello se pesaron 50 mg de sedimentos secos que se colocaron en frascos de vidrio previamente rotulados y con tapas herméticas, a los cuales se les agregó 50 ml de agua desionizada y 3 ml del reactivo oxidante compuesto por: peroxodisulfato de potasio, ácido bórico e hidróxido de sodio 1N, en proporción 6:4:3,5 respectivamente; luego se colocaron en un autoclave a 15 psi x 30 min; las determinaciones fueron realizadas por duplicado, Una vez transcurrido el tiempo, los frascos se sacaron del autoclave, se dejaron reposar y se extrajo del sobrenadante las alícuotas respectivas para la determinación de nitrato y fosfato.

Para la determinación de nitrato se tomaron alícuotas de 4 ml que fueron pasadas por un autoanalizador Technicon II, con detector Scientific Instruments AC-100 y a través de un registrador se obtuvieron las concentraciones de nitrato.

Se tomó una alícuota de 25 ml para el análisis de fosfato y se le agregaron 2,5 ml de la mezcla reactiva (1,25 ml ácido sulfúrico 5 N, 500 μl de heptamolibdato de amonio 15 g.l^{-1} , 250 μl de oxitartrato de potasio y antimonio y 500 μl ácido ascórbico, se agitaron y se dejaron reposar por espacio de 5 min, hasta que se alcanzó la coloración respectiva (azul) y se leyeron en celdas de cuarzo de 10 cm de trayecto óptico en un espectrofotómetro a 885 nm.

DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES TOTALES Y BIODISPONIBLES DE METALES EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES

Para la determinación de la concentración total y biodisponible de los metales hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn), cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb) se realizó en muestras de sedimentos totales, sin separar las partículas según sus diámetros, por extracciones parciales en dos etapas, como se describe a continuación; para ello, el sedimento seco disgregado se pulverizó previamente en morteros de porcelana y se tomó en cada una de las etapas 2 g, colocándose en envases plásticos esterilizados de 30 ml de capacidad para su posterior digestión.

Para la extracción de metales totales se utilizó una mezcla de ácido nítrico, ácido clorhídrico y ácido perclórico, 3:1:1 para lograr la mineralización total de los sedimentos; para ello, las muestras se predigirieron por 24 h a temperatura ambiente y luego se colocaron en baño de maría a 60°C por espacio de 6 h (Izquierdo *et al.*, 1997).

La segunda etapa (metales biodisponibles) se realizó agregando a las muestras 10 ml de ácido acético (ácido débil) al 10%, para disolver los metales asociados a los carbonatos; al igual que en la fase anterior las muestras se digirieron a la temperatura del laboratorio en un agitador mecánico ajustable; por espacio de 5 h (Izquierdo *et al.*, 1997).

Posteriormente todas las muestras fueron filtradas en filtros de papel Whatman endurecidos sin cenizas, n° 5C de 12,5 cm de diámetro, hasta obtener un volumen de filtrado de 25 ml, para luego proceder a su lectura. Para el control de la calidad de los reactivos usados, se prepararon tres blancos y para el control de la precisión del método se utilizaron patrones de referencia certificados para los sedimentos marinos por la National Research Council (HISS-1), todos estos tratados bajo las mismas condiciones que las muestras (tabla 2).

Las concentraciones de los metales estudiados fueron determinados mediante la utilización de un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110, de doble haz y llama de aire, acetileno y corrector de fondo de deuterio, a las longitudes de onda y slit para cada metal (tabla 3).

Tabla 2. Concentraciones de metales pesados presentes en el material de referencia (HISS-1).

HISS-1	Metales			
	Ni	Cu	Zn	Pb
1	1,94	1,54	3,48	5,82
2	3,15	1,89	3,99	8,06
Prom	2,55	1,72	3,74	6,94
Desv. est	0,86	0,25	0,36	1,58
V. certif.	$2,16 \pm 0,29$	$2,29 \pm 0,37$	$4,94 \pm 0,79$	$3,13 \pm 0,40$

Tabla 3. Longitudes de onda (nm) para los metales evaluados en el presente estudio

Metales	Long. de onda (nm)	Slit (nm)
Fe	248,3	0,2
Mn	279,5	0,2
Ni	232,0	0,2
Cu	324,8	0,7
Zn	213,9	0,7
Cd	228,8	0,7
Cr	357,9	0,7
Pb	283,3	0,7

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para determinar si existen diferencias en el tiempo y espacio se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, ya que los datos no se ajustaron a los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos; en los parámetros que tuvieron diferencias significativas se les realizó la prueba *a posteriori* de rangos múltiples (LSD) y los resultados fueron presentados para mayor comprensión en gráficos de barras con el promedio. Para determinar la asociación entre las concentraciones de metales en los sedimentos superficiales con los parámetros fisicoquímicos se hizo por medio de un análisis de correlación y expresado gráficamente por un análisis de componentes principales; aplicando el paquete estadístico STATGRAPHICS 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables fisicoquímicas y los metales se analizaron a través de un dendograma y se determinó que estas se comportaron de manera homogénea, sin poderse establecer una diferencia entre las tres zonas planteadas (figura 2), por lo que se procedió a analizarlas en cuanto a su distribución entre los períodos de muestreo y las distintas localidades.

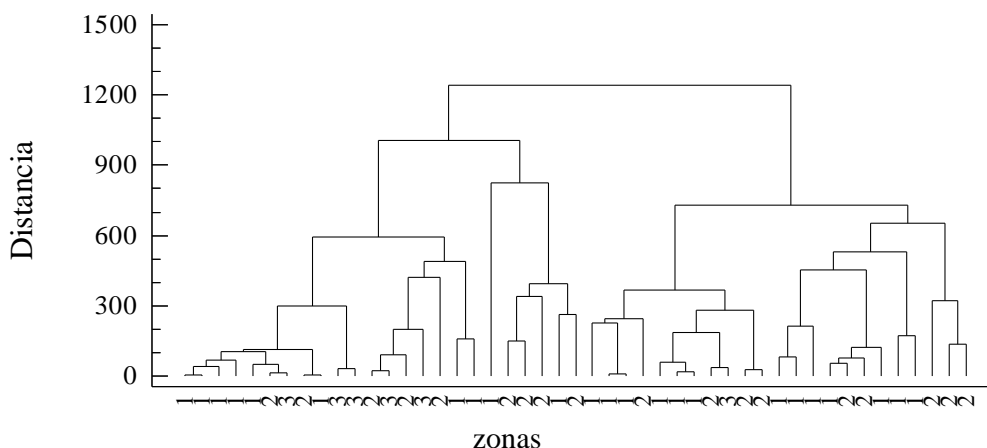


Figura 2. Dendograma obtenido con el análisis de conglomerado de todas las variables analizadas en las tres zonas de la Península de Araya planteadas.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Los resultados obtenidos en los distintos parámetros fisicoquímicos demuestran que no existen diferencias significativas, salvo para la temperatura y NT en los tres meses de muestreo (KW: 33,62, $p < 0,001$; KW: 6,41, $p < 0,05$, respectivamente); sin embargo, su comportamiento por estaciones demostró diferencias significativas en cuanto a humedad (%), los equivalentes de CaCO_3 (%) y PT (KW: 17,79, $p < 0,05$; KW: 35,72, $p < 0,001$, y KW: 17,20, $p < 0,05$, respectivamente).

pH

En la figura 3A y B, se observa la variación del pH en el tiempo sin diferencias estadísticamente significativas (KW: 5,96, $p > 0,05$), con el valor mínimo en el mes de diciembre (7,48) y el valor máximo en el mes de octubre (8,12), y un promedio de 7,89. En cuanto a la variación estacional, el valor mínimo de 7,48 y el valor máximo de 8,12

se ubicaron en las localidades de Guayacán y Guacarapo respectivamente, aun cuando tampoco hubo diferencias significativas (KW: 6,91, $p > 0,05$). El pH de la Península de Araya es en general alcalino, con valores cercanos a 8,00, posiblemente debido a un alto contenido de CaCO_3 favoreciendo la precipitación metálica como carbonatos o hidróxidos con una fuerte tendencia a ser adsorbidos y disminuyendo su biodisponibilidad en el agua (Sadiq, 1992; Fuentes *et al.*, 1997); sin embargo, en sedimentos ligeramente alcalinos con pH de 7,57 y 7,44, Martín *et al.* (2007) lo atribuyen como característicos de sedimentos silici-clásticos, con muy poca proporción de bio-clastos calcáreos en la zona costera de la Plataforma Deltana.

Temperatura

El valor mínimo de temperatura fue de 24°C y el mayor de 29°C, reflejándose estos temporalmente en los meses de marzo y diciembre, respectivamente y espacialmente en Punta Araya, Guamache y Los Cachicatos con los menores valores y en Guayacán con el valor más alto, con un promedio general de 27°C. Por su parte, el análisis estadístico arrojó diferencias significativas en el tiempo, mientras que entre estaciones no (KW: 33,62, $p < 0,001$; KW: 5,54, $p > 0,05$, respectivamente), demarcándose en el primero, tres grupos con la prueba *a posteriori*, uno representando al mes de marzo con los valores más bajos, otro con los valores intermedios (diciembre) y por último el de valores más altos con el mes de octubre (Fig. 4A y B), coincidiendo estos valores con los reportados para la costa nororiental de Venezuela, estableciéndose las temperaturas más bajas en los meses de febrero a abril y las más altas en los meses de septiembre a noviembre (Aparicio, 2003; Rivas-Rojas *et al.*, 2007; Pirela-Ochoa *et al.*, 2008)

Granulometría

La distribución del tamaño del grano de un sustrato es una de las variables más importantes para determinar la capacidad del mismo de retener elementos traza de origen antrópico; tradicionalmente, los investigadores han considerado principalmente las partículas de grano $< 63 \mu\text{m}$ como la fracción reactiva, debido a que los metales trazas están concentrados principalmente en la fracción de limos y arcillas; sin embargo, algunos estudios han demostrado que las concentraciones de metales traza, no siempre

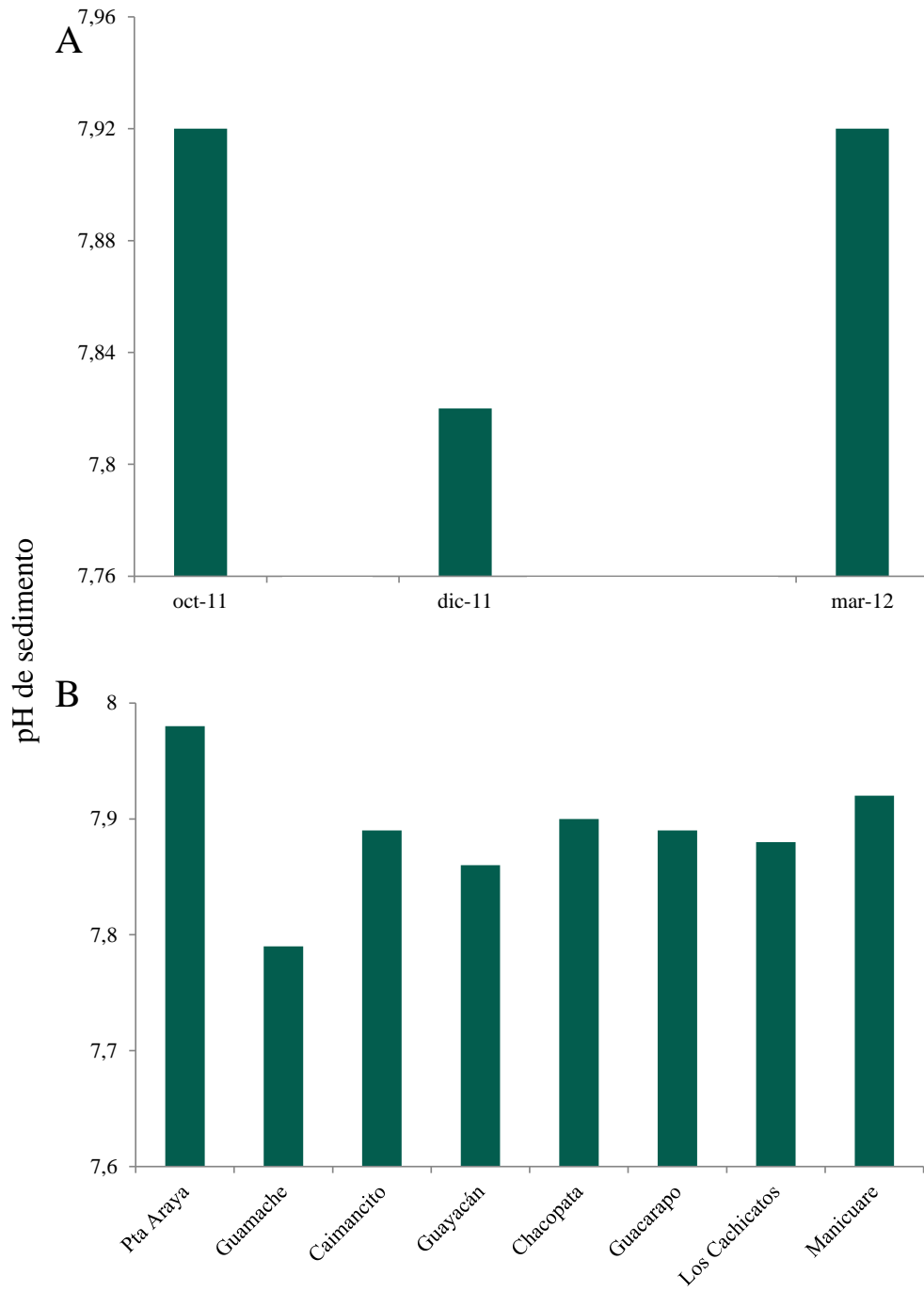


Figura 3. Valores de pH de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 5,96, $p>0,05$; B) KW: 6,91, $p>0,05$.

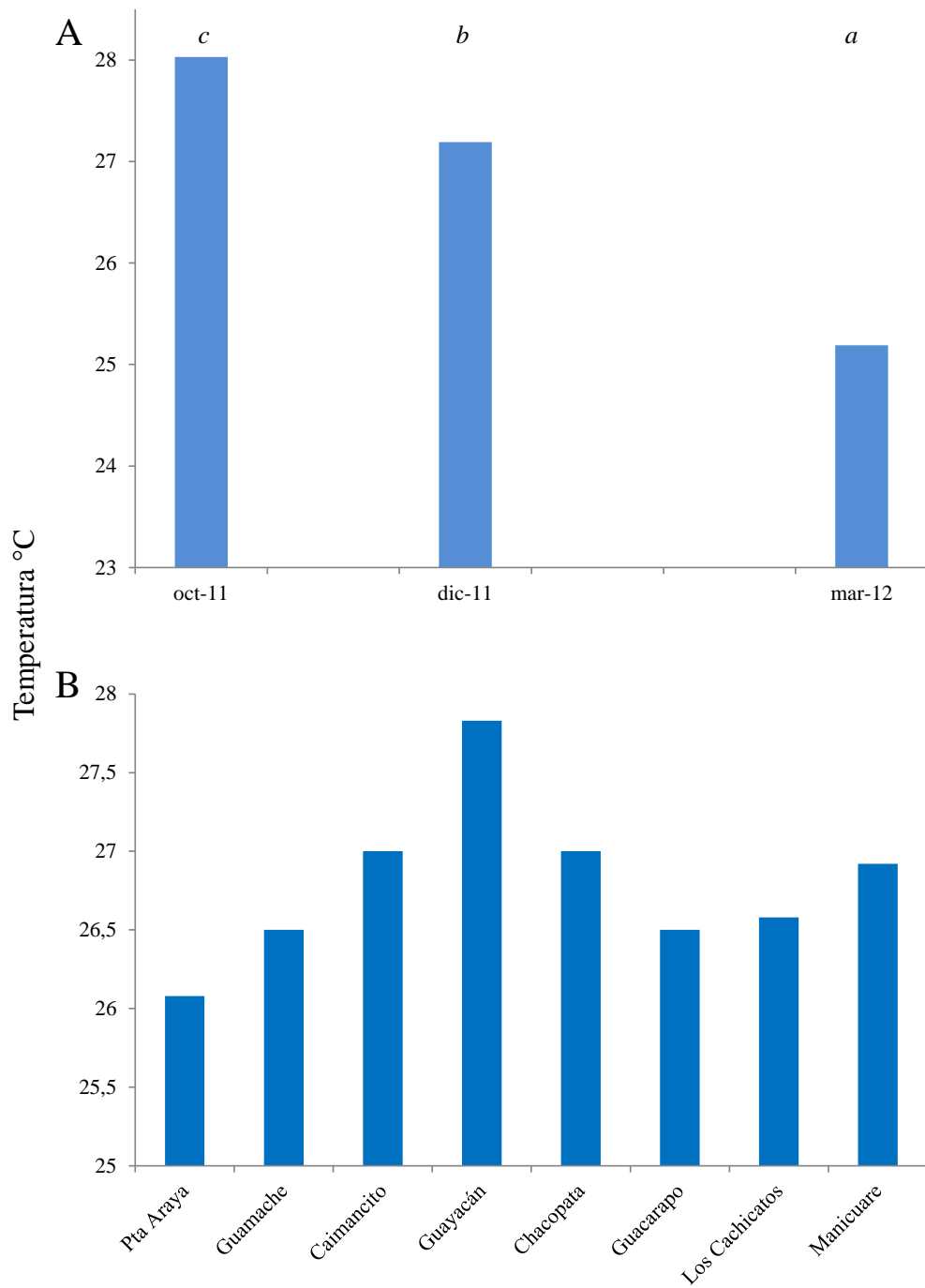


Figura 4. Temperatura (°C) en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 33,61, $p < 0,001$; B) KW: 5,54, $p > 0,05$. Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (*a*, *b*, *c*).

incrementa cuando disminuye el tamaño del grano (Tessier *et al.*, 1982; Rubio *et al.*, 2000; Rivaro *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2006; Frankowsky *et al.*, 2008; Otero *et al.*, 2013).

De acuerdo a los resultados obtenidos por el triángulo de Shepard, la textura de los sedimentos de la Península de Araya resultaron ser 100% arenosos, sin encontrar diferencias en el tiempo ni espacio (Figura 5); sin embargo la clasificación de acuerdo al tamaño del grano van desde arena fina en la localidad de Guayacán, de arena fina a media (Punta Araya, Guamache y Chacopata), de arena fina a gruesa (Guacarapo, Los Cachicatos y Manicuare) y de arena gruesa a fina la localidad de Caimancito (Tabla 4). Otros autores como Martínez (2002) clasificó los sedimentos de la costa norte del golfo con predominancia de arenas, Márquez *et al.* (2005) tipificaron de textura arenosa gruesa a fina-limosa los sedimentos del litoral nororiental del Golfo, característica típica de sedimentos biogénicos calcareníticos, sin embargo, Quintero *et al.* (2006) reportaron para dos puntos en las localidades de Guacarapo arena muy fina limosa y grava arenosa, en Los Cachicatos arena muy fina limosa y arena media a muy fina y en Manicuare arena fina a media y muy fina a media limosa. Senior *et al.* (2009) caracterizaron los sedimentos de Guacarapo con dominancia de arenas, Hernández (2013) clasificó los sedimentos del sector oriental del Golfo de Cariaco como arenosos y areno-limosos.

Quintero *et al.* (2006) señalan, que los mecanismos de transporte de los sedimentos de la costa sur es producto del efecto del viento que sopla sobre una mayor área en sentido este-oeste. En el saco del Golfo, predomina como mecanismo de transporte de las partículas de sedimentos la suspensión, pues señalan que allí las aguas son someras, las corrientes débiles y hay poco oleaje. Además, la topografía no permite un mayor desarrollo de estos elementos hidrodinámicos; sin embargo, los bosques de manglar que recubren buena parte de la ribera de la zona absorben energía, amortiguando el movimiento de las aguas y el oleaje y constituyen trampas de sedimentos finos. En la costa norte el mecanismo de transporte de sedimentos es la sedimentación, pues las corrientes en la zona son débiles y favorecen este mecanismo. Por otra parte, hacia el norte de la Península, se reportó en Playa Güiria sedimentos con arenas muy finas (Acosta *et al.*, 2002), Fuentes (1999) clasificó los sedimentos de la

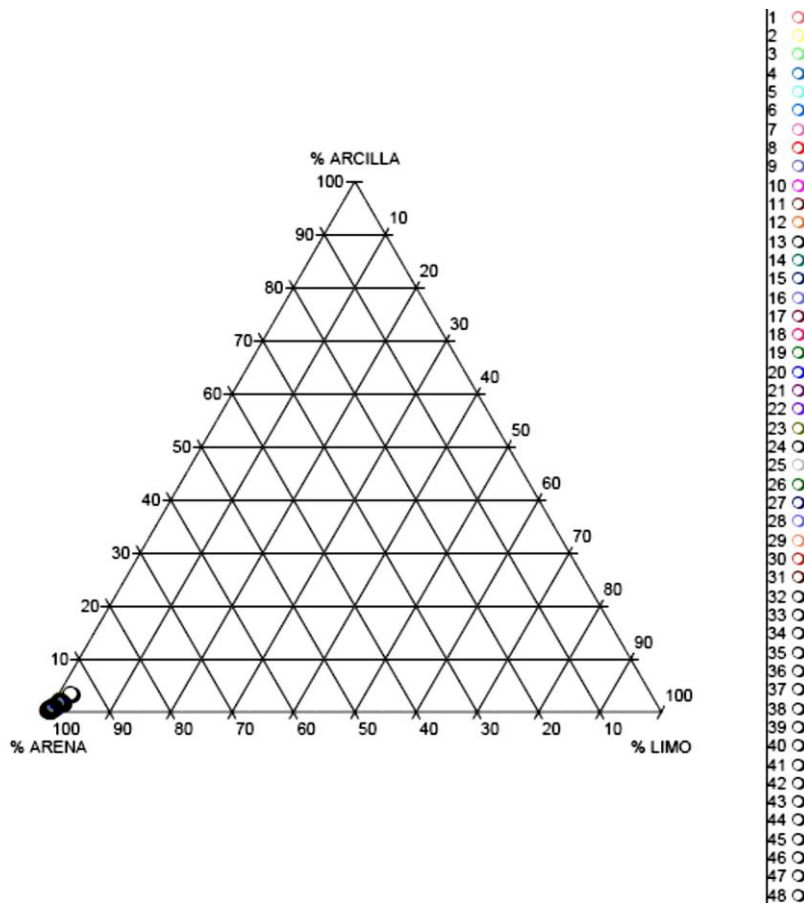


Figura 5. Representación de la composición textural de los sedimentos superficiales de la Península de Araya de acuerdo al triángulo de Shepard (1954).

Tabla 4. Evaluación granulométrica de los sedimentos superficiales en localidades de la Península de Araya

Estaciones	Grava %	Arena					Limo %	Arcilla %	Textura
		AMG %	AG %	AM %	AF %	AMF %			
Pta Araya	3,84	5,37	22,49	28,75	36,04	2,86	0,45	0,22	arena fina a media
Guamache	1,18	2,01	6,22	13,27	64,78	11,24	0,78	0,53	arena fina a media
Caimancito	6,75	16,13	37,44	15,94	18,11	4,59	0,60	0,46	arena gruesa a fina
Guayacan	4,13	2,98	5,00	6,86	70,64	9,09	0,89	0,42	arena fina
Chacopata	5,36	5,68	12,65	17,08	48,65	9,53	0,67	0,39	arena fina a media
Guacarapo	1,47	7,03	16,91	15,95	48,08	8,39	1,29	0,88	arena fina a gruesa
Los Cachicatos	3,50	8,36	23,21	22,26	36,22	5,44	0,57	0,43	arena fina a gruesa
Manicuare	7,07	6,80	24,47	23,49	35,43	2,41	0,24	0,09	arena fina a gruesa

laguna de Chacopata como areno-limosos, y Pérez *et al.* (2006) demostró en las lagunas de Bocaripo y Chacopata que predominaron las arenas medias a finas y hacia la zona costera de Punta de Piedras Barceló *et al.* (2008) tipificaron a los sedimentos con textura desde arenosa a franco-arenosa.

Humedad

La humedad o contenido hídrico en los sedimentos expresada en porcentaje (%) indica el grado de permeabilidad de los mismos, así como una estrecha relación con su textura (Bonilla *et al.*, 2003a) y esta presentó un valor mínimo en el mes de marzo y en la localidad de Guacarapo (20,4%) y el valor máximo en octubre y en caimancito de 65,00% con un promedio de 29,2%. En cuanto al análisis estadístico no se reflejaron diferencias significativas entre los meses de muestreo, mientras que entre las distintas localidades si (KW: 0,85, $p > 0,05$; KW: 17,79, $p < 0,05$, respectivamente), formándose tres grupos con la prueba *a posteriori*, siendo heterogéneo la distribución de los grupos entre las estaciones (figura 6A y B). Estos resultados son comparables a los obtenidos por Fuentes *et al.* (1997) de 30,88%, caracterizándolos como altamente permeable en varios sectores de la laguna de Chacopata siendo típico de sedimentos no reductores y con los menores valores de carbonatos; en la Ensenada Grande del Obispo se obtuvieron porcentajes de humedad de 33,90 con tendencia a la permeabilidad (Bonilla *et al.*, 2003a); sin embargo, la humedad en los sedimentos del Archipiélago de los Roques obtuvo una tendencia uniforme de 24,54% (Bonilla *et al.*, 2003b); hacia la costa nororiental del Golfo los porcentajes variaron de bajos a moderados con un promedio de 22,44 (Márquez *et al.*, 2005).

Materia orgánica

La materia orgánica (MO) presente en los sedimentos es un constituyente importante, ya que demuestra la tasa de recambio del material orgánico entre este compartimiento y el agua circundante, que es lo que mantiene la productividad y dinámica del sistema. La cantidad de materia orgánica conservada en los sedimentos depende principalmente de la textura de los mismos, de la tasa de sedimentación y de la relación entre las velocidades de aporte y descomposición de la misma, los niveles de oxígeno en las aguas de fondo, que se presenta en sedimentos de los diferentes

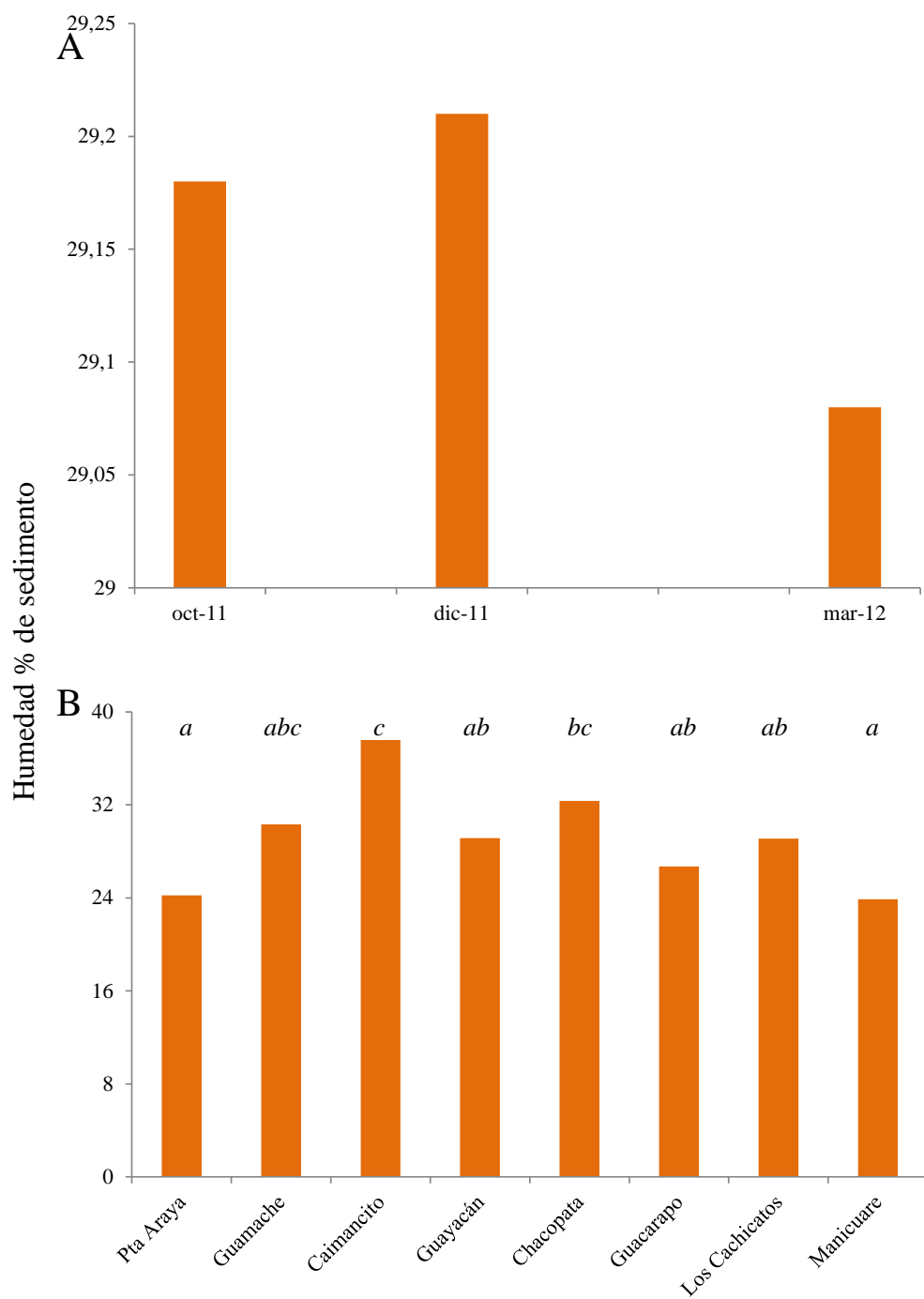


Figura 6. Porcentaje de humedad (%) en los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 0,85, $p > 0,05$; B) KW: 17,79, $p < 0,05$. Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c).

ecosistemas, así como también de las condiciones hidrográficas, hidroquímicas y biogeoquímicas del ambiente sedimentario. En el caso de los sedimentos marinos, los contenidos de materia orgánica varían entre 0,5 y 10%. Sin embargo, en condiciones reductoras en el fondo o cuencas semicerradas con escasa circulación del agua, se pueden encontrar valores superiores al 10%. (Bonilla *et al.*, 2003b; Guíñez *et al.*, 2010; Silva, 2006).

El porcentaje de MO de los sedimentos superficiales de la península osciló entre un valor mínimo de 0% reflejado en los tres meses de muestreo y en todas las localidades exceptuando Guacarapo y un valor máximo de 20% expresado durante octubre en Caimancito, con un promedio general de 4,27%. El análisis estadístico no presentó diferencias significativas en el tiempo ni en el espacio (KW: 1,31, $p > 0,05$; KW: 7,52, $p > 0,05$, respectivamente. figura 7).

Gómez y Azevedo (2003) señalaron que los sedimentos son considerados pobres cuando el porcentaje de material orgánico es menor a 0,5%. De tal modo, Rivero, (2012) consideró a los sedimentos del litoral costero de Río Caribe como ricos en material orgánico debido a que los valores reportados tuvieron un promedio de 4,46%, comparándose esos resultados a los de esta investigación; Ramírez (1999), reportó valores 13,11% para sedimentos de Punta Arenas; Aranda (1999), reportó valores de 19,35% en la Ensenada Grande del Obispo; Bonilla *et al.* (2003b) encontraron un porcentaje promedio de 7,08 en los sedimentos del Archipiélago los Roques; así mismo estos valores no son considerados como contaminantes debido a que, Páez-Osuna *et al.*, (1992), señaló que contenidos superiores al 20% representan a zonas de alta contaminación.

La relación del porcentaje de MO con la textura del sedimento, Fermín (2002) reportó que las máximas concentraciones en la Laguna de Unare coincidió con la mayor abundancia de limos y arcillas lo cual facilita su retención y obtuvo un promedio de 11,85%; sin embargo, Hernández (2013) que los valores mínimos obtenidos (1-5%) están asociados con altos valores de arenas en algunos sectores del Golfo, y obtuvo un promedio de 7,79%.

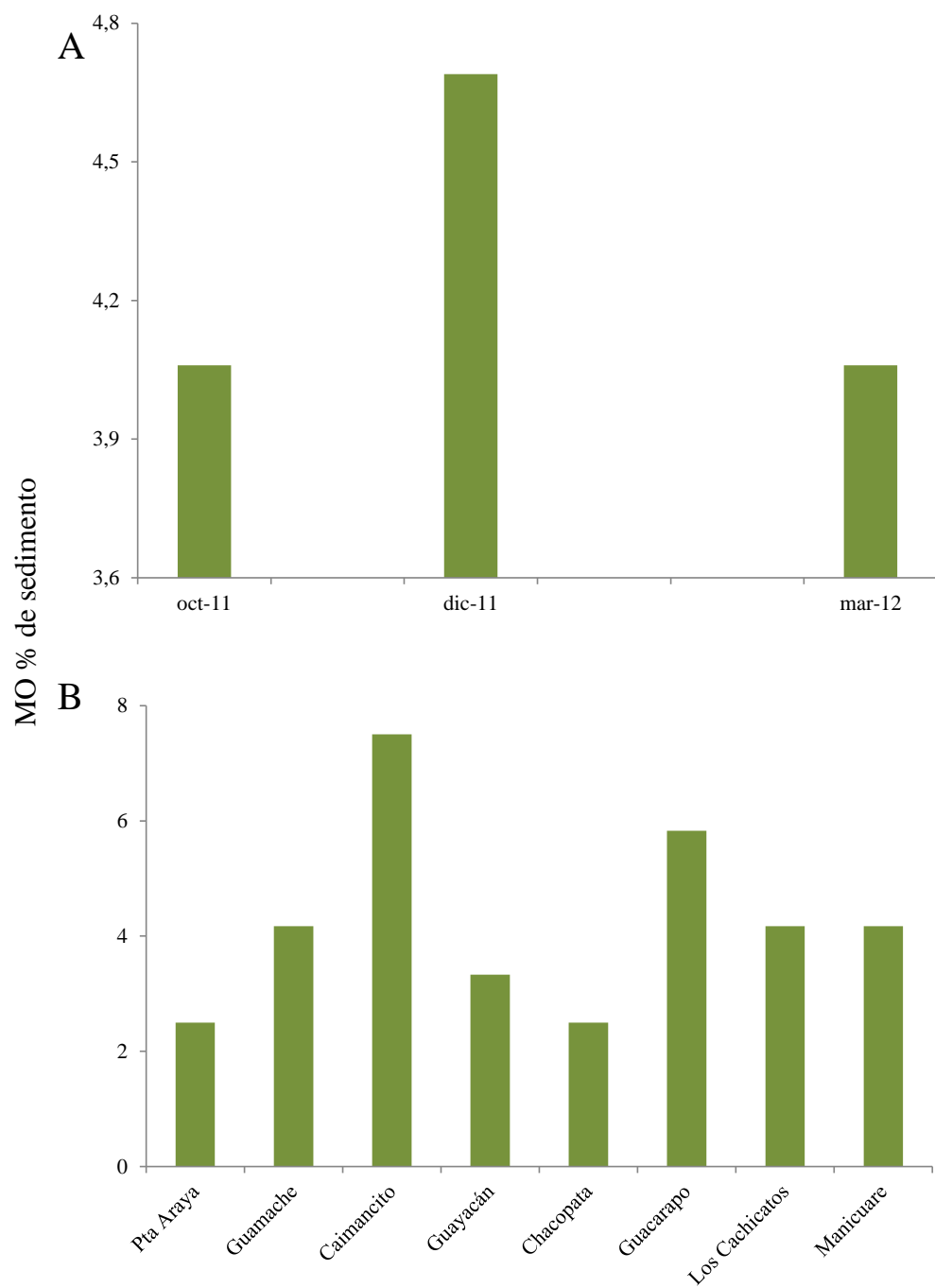


Figura 7. Porcentaje de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 1,31, $p > 0,05$; B) KW: 7,52, $p > 0,05$.

Carbonatos

Los sedimentos marinos son un reservorio de iones calcio y carbonato, sobre todo en los sedimentos costeros de los trópicos y subtrópicos, donde las temperaturas cálidas favorecen su deposición biogénica e inorgánica. La disolución y precipitación de minerales autogénicos, como los carbonatos controlan la concentración de calcio en el agua de mar y los sedimentos (Sadiq, 1992). El carbonato se encuentra en numerosos ambientes sedimentarios marinos, pero es en los ecosistemas marinos tropicales donde presenta su mayor abundancia, se forman por precipitación química de aguas sobresaturadas en ambientes someros, de alta evaporación y baja presión (Mucci *et al.*, 2000).

En la variación de los porcentajes de CaCO_3 se obtuvo un valor mínimo de 5,74% y un valor máximo de 96,35% (durante diciembre en Guacarapo y durante diciembre en Manicuare, respectivamente), con un promedio de 49,56%. Por otra parte, el análisis estadístico demostró que no existen diferencias entre los meses de muestreo, mientras que si se presentó para la distribución espacial (KW: 0,47, $p>0,05$; KW: 35,72, $p<0,001$, respectivamente. Figura 8), formándose para este último con la prueba *a posteriori* seis grupos experimentales distribuidos heterogéneamente entre las localidades.

Comparando los resultados presentados en este trabajo con estudios similares, los valores hallados son mayores a los encontrados por Velásquez (2005), quien reportó valores promedios de 13,26% y 19,33 % de CaCO_3 para muestreos de marzo y octubre, respectivamente del año 2005 en el sector oriental del Golfo de Cariaco. Márquez *et al.* (2005) por su parte, encontró valores promedios de 21,97% en sedimentos del Litoral nororiental y Hernández, (2013) reportó 14,16% en el sector oriental de esta misma región, sin embargo, en ciertas zonas se observaron valores que van desde 45% hasta un 89%. Estas altas concentraciones pueden ser debidas a aportes terrígenos de rocas carbonatadas trasportadas por escorrentías continentales. Por otra parte, Rivero (2012) halló valores promedio de 64,71% de carbonatos presentes en el litoral costero de Río Caribe, observando que en toda la zona costera los porcentajes superaron el 49%, lo cual puede deberse a la acción de las corrientes marinas, las cuales generan un proceso de

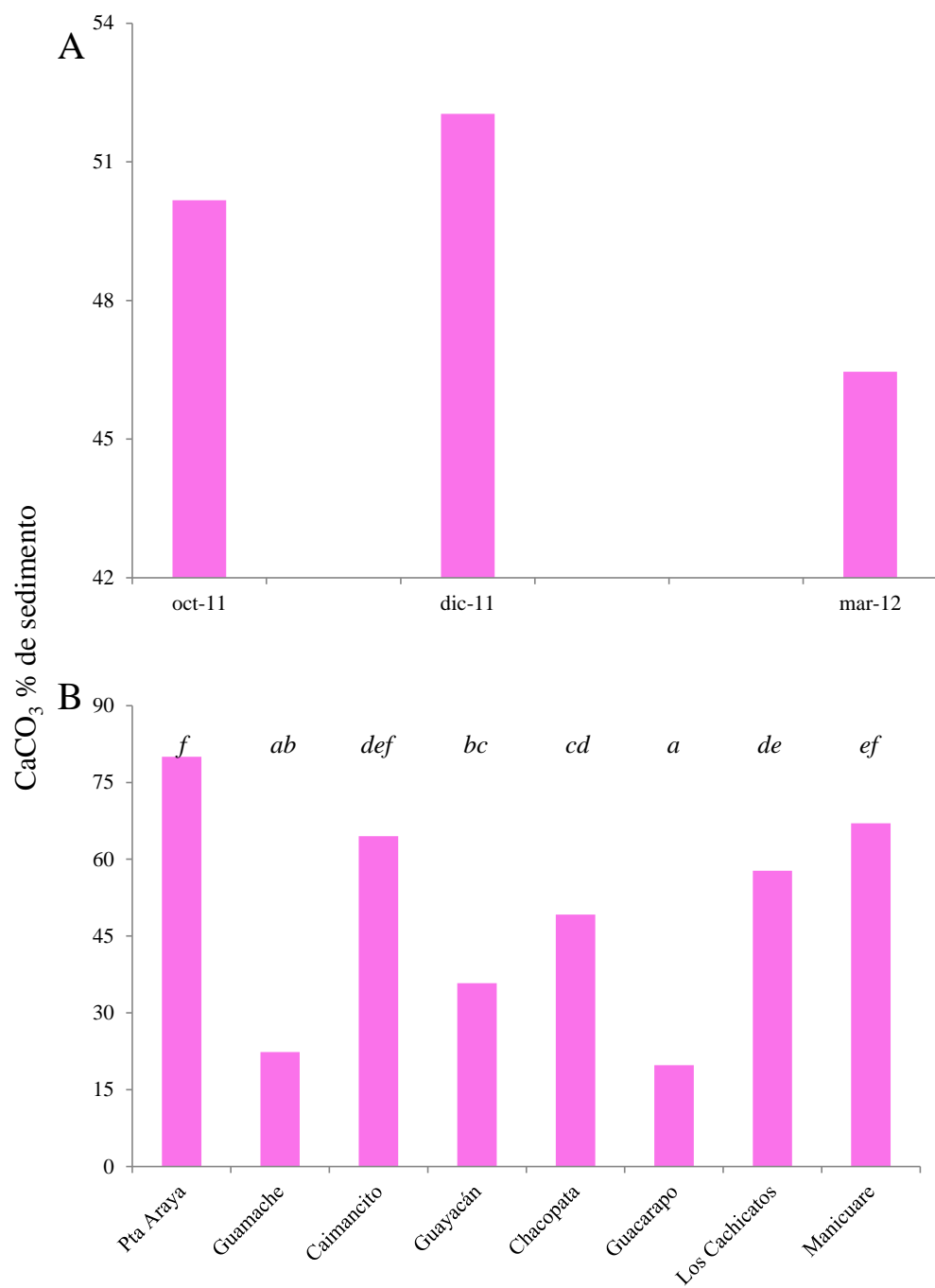


Figura 8. Porcentaje de carbonato de calcio (%) en los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 0,47, $p > 0,05$; B) KW: 35,72, $p < 0,001$. Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c, d, e, f).

erosión sobre las proyecciones rocosas, ubicadas alrededor del litoral costero de Río Caribe, y también al aporte de los ríos. Bonilla *et al.* (2003a), reportó 35,53% para la Ensenada Grande del Obispo. Fuentes *et al.* (1997) en la laguna de Chacopata encontraron 45,64%. Barceló *et al.* (2008) en la zona marino costera de Punta de Piedra hallaron promedios de 11,00%. Bonilla *et al.* (2003b) encontraron porcentajes de 99,02 en los Archipiélagos de los Roques. Fermín, (2002) en la Laguna de Unare reportó un promedio de 5,61%. Rubio *et al.* (2000) en las Rías Baixas de Vigo encontraron porcentajes entre 13,35 a 22,00 de carbonatos.

Nitrógeno total

El nitrógeno es un elemento indispensable en todos los seres vivos, estando incorporado en la estructura de todas las proteínas y ácidos nucleicos, cumpliendo un papel fundamental en todos los procesos metabólicos (Duursma y Dawson, 1981). Su importancia y distribución son similares al fósforo y entre las diferentes concentraciones reflejadas en el medio marino, existe un gran paralelismo entre dichas concentraciones y sus variaciones. Este detalle es bastante normal considerando que los compuestos del P y N cumplen funciones similares en el medio marino y; por lo tanto, sus consumidores y fuentes son las mismas. Ingresan al medio ambiente acuático a través de las excreciones de animales y plantas, durante la descomposición de la materia orgánica y por el uso de fertilizantes principalmente (Gerlach, 1981).

La distribución de las concentraciones de nitrógeno total presentó un valor mínimo de 78,80 mg.kg⁻¹ durante el mes de diciembre en Manicuaire y un valor máximo de 561,74 mg.kg⁻¹ durante octubre en Caimancito, con un promedio de 233,15 mg.kg⁻¹; estableciéndose diferencias significativas con el análisis estadístico en los tres meses de muestreo (KW: 6,41, p<0,05), formándose dos grupos con la prueba *a posteriori*, uno representado por el mes de marzo con las concentraciones más bajas y otro por el mes de octubre con las concentraciones más altas y el mes de diciembre se comportó entre los dos grupos; sin embargo, la variación estacional tuvo un comportamiento homogéneo (KW: 11,77, p>0,05), demostrándose que las concentraciones de NT en el sedimento superficial tuvieron un comportamiento acorde a los tiempos de muestreo (surgencias de baja intensidad, transición y de alta intensidad) reteniéndose en el mismo las mayores

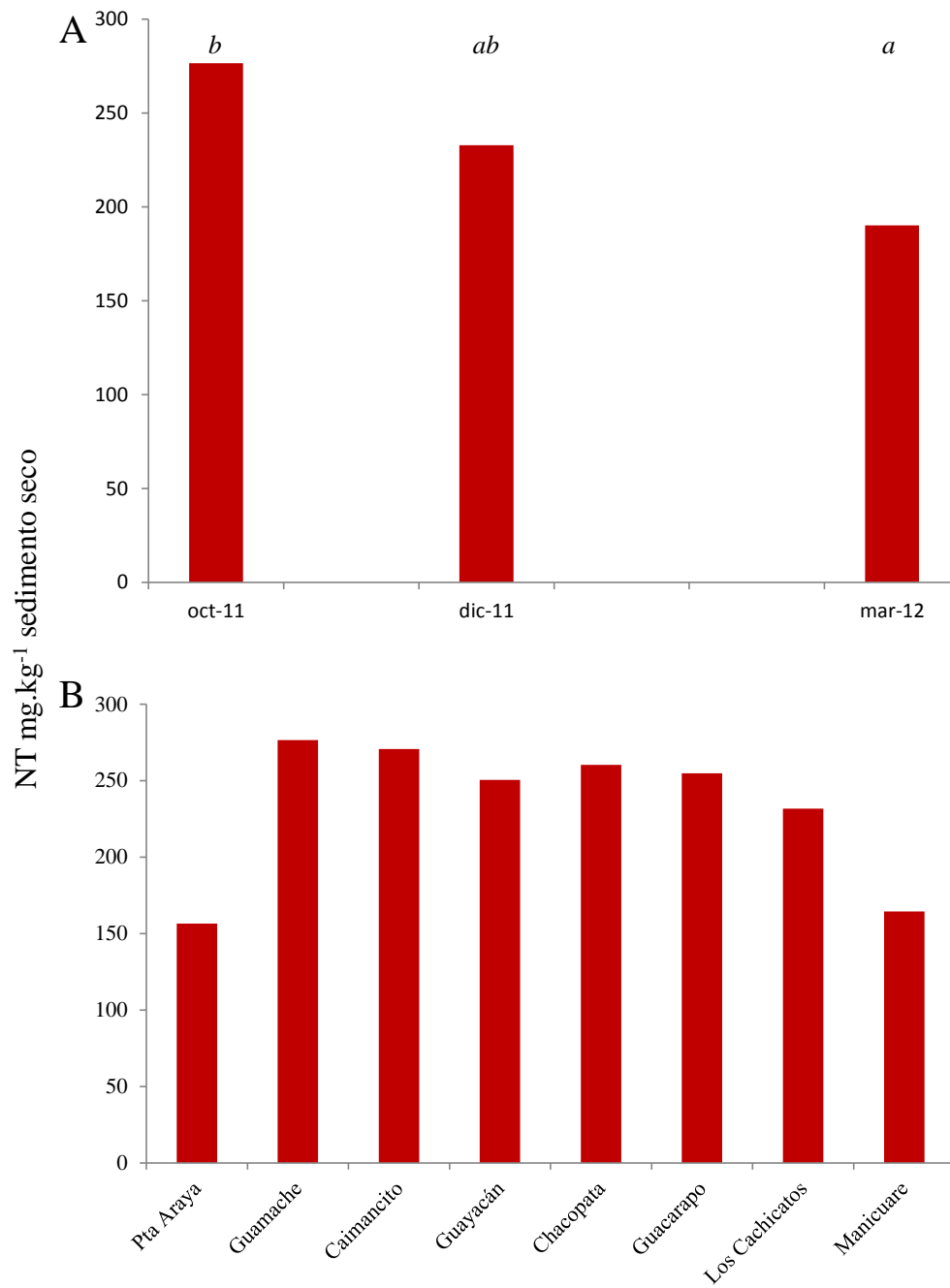


Figura 9. Concentración de nitrógeno total (NT mg.kg⁻¹ sedimento) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 6,41, p<0,05; B) KW: 11,77, p>0,05. Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b).

concentraciones cuando el movimiento de las corrientes marinas es menor (figura 9A y B).

Las concentraciones detectadas en el ecosistema bajo estudio, son inferiores a las reportadas por Márquez *et al.* (2005) de $396,29 \mu\text{g.g}^{-1}$ en el litoral nororiental del Golfo de Cariaco, atribuyendo este contenido a la intensidad de procesos biogeoquímicos que prevalecen por la descomposición del material orgánico y por el aporte de diversos flujos de origen antropogénicos que provienen del litoral sur del Golfo y que son transportados por las escorrentías límnicas, pero superiores a los encontrados por Rivero (2012) en el litoral de Rio Caribe de $135,41 \text{ mg.kg}^{-1}$ refiriéndose al comportamiento de las concentraciones de NT de acuerdo al régimen de corrientes del litoral que era de forma ascendente hacia las zonas más profundas, a los de Bonilla *et al.* (2003b) en el Archipiélago los Roques de 8,84%, a los de Barceló *et al.* (2008) de 1 mg.g^{-1} en la zona marino costera de Punta de Piedra y a los de Fermín (2002) de $7,19 \text{ mg.g}^{-1}$ en la Laguna de Unare señalando estos valores como resultados de aportes de los ríos Unare, Chávez y Cautaro, quienes arrastran importantes concentraciones producto de la falta de recolección de las aguas servidas de las poblaciones aledañas y a un posible aumento de las actividades agrícolas en toda la zona.

Fósforo total

El valor mínimo de las concentraciones de fósforo total fue de $49,41 \text{ mg.kg}^{-1}$ durante marzo en la localidad de Guacarapo y el valor máximo de $1142,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ durante el mes de diciembre en Guacarapo, con un promedio de $353,16 \text{ mg.kg}^{-1}$. Los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre períodos, pero si entre las localidades (KW: 0,70, $p>0,05$; KW: 17,20, $p<0,05$, figura 10A y B, respectivamente), formándose tres grupos para este último, a partir de la prueba *a posteriori* distribuyéndose heterogéneamente entre las localidades, pudiéndose referir esta disposición a la intensidad de las corrientes marinas propias de cada localidad así como a su dinámica y a los grados de intensidad de los procesos bióticos y abióticos.

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

columna de agua, este se encuentra normalmente en menor proporción que el nitrógeno en una relación de 1P:15N siendo el elemento limitante; sin embargo, su permanencia en el medio acuático es breve, debido a que existe una importante pérdida de fósforo hacia los sedimentos por adsorción hasta de un 60% (Contreras, 1994; De La Lanza, 1994; Duursma y Dawson, 1981), explicando posiblemente las altas concentraciones encontradas en esta investigación, así como se evidencia que se encuentra en mayor proporción que el NT.

Por otra parte, Hernández (2013) reportó valores promedios de 601,26 mg.kg⁻¹ señalando que el Golfo de Cariaco puede tener diversos orígenes, como las descargas del río Carinicuaó, las poblaciones aledañas, la alta productividad primaria y los posibles aportes litogénicos de fósforo mineral contenidos en rocas, puntualizando que el golfo tiene una alta productividad biológica, contribuyendo en el aporte de fósforo a los sedimentos por la muerte y descomposición de organismos. No todo el fósforo total contenido en los sedimentos tiene la capacidad de ser asimilado por los organismos o de pasar a la columna de agua. Márquez *et al.* (2005) en el litoral nororiental del Golfo encontraron concentraciones de 360,03 µg.g⁻¹. En otros trabajos relacionados se encuentran los de Rivero (2012) con promedios de 284,29 mg.kg⁻¹ en el litoral de Río Caribe; los de Barceló *et al.* (2008) que analizaron los sedimentos de la zona marino costera de Punta de Piedras determinando un valor promedio de 3 mg.g⁻¹; hacia el Golfo de Paria y Costa Atlántica de Venezuela se encontraron valores de 128,24 y 133,82 mg.kg⁻¹, respectivamente por Guillot (2008); Bonilla *et al.* (2003b) en el Archipiélago los Roques reportaron un promedio de 1,90% debido posiblemente, a que esta zona es un biotopo de mar abierto con áreas, donde es alto y floreciente el aporte de plancton rico en fósforo, el cual es removido posterior a la deposición de la materia orgánica de origen natural y antrópica favoreciendo los mecanismos abióticos y de menor intensidad hacia el sur y el de Fermín (2002) en la Laguna de Unare con un promedio de 0,10 mg.g⁻¹ influenciado por los aportes de los ríos Unare, Chávez y Cautaro en los cuales es vertida agua servida sin tratamiento de las poblaciones cercanas, así como por la presencia de aves migratorias en la región central y occidental de la laguna que contribuyen con sus desechos al incremento de fósforo.

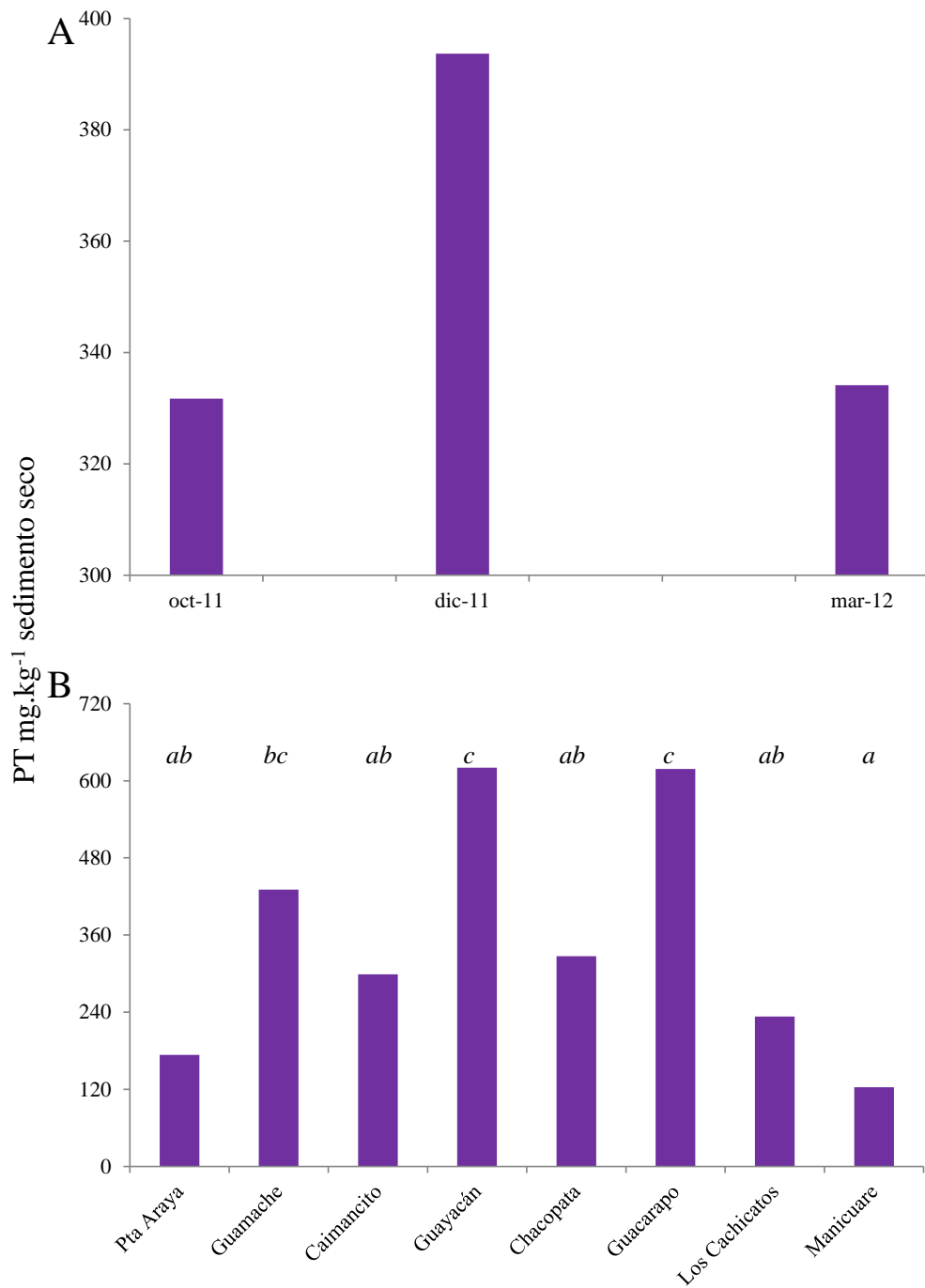


Figura 10. Concentración de fósforo total (PT mg.kg⁻¹ sedimento) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) KW: 0,70, p>0,05; B) KW: 17,20, p<0,05. Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c).

METALES

Los metales traza en los ambientes marinos han sido considerados como uno de los principales focos de contaminación, ya que representan la materia inorgánica antrópica, dependiendo tanto de la especie química del elemento como de su concentración; dada su naturaleza, estos persisten en el ambiente, asociados al sedimento, acumulándose en concentraciones superiores a las encontradas en la columna de agua, pudiendo tener acciones mutagénicas y acarrear efectos agudos y crónicos para las comunidades que viven o entran en contacto con el sedimento; pudiéndose asociar los niveles de contaminación con los posibles riesgos que presenta la salud humana, debido a la bioacumulación y posterior biomagnificación de la concentración de metales a través de la cadena trófica (Ahumada, 1994; Bonilla *et al.*, 2003a; Aráujo *et al.*, 2006).

En la Península de Araya los estudios de caracterización de sedimentos se han enfocado en su mayoría hacia la zona del Golfo de Cariaco y hacia al norte, son pocas las investigaciones; en vista de que en organismos marinos se ha encontrado bioacumulación de metales en sus tejidos, en este trabajo se evaluó la concentración total y biodisponible de ocho metales: Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Cr y Pb en los sedimentos superficiales de la Península de Araya y su relación con el equilibrio ambiental de la zona. La distribución temporal y espacial de estos elementos se muestran en las figuras 10 a 17 y de acuerdo a sus concentraciones se encuentran en los sedimentos en orden decreciente de la siguiente manera: Fe>Zn>Pb>Mn>Cr>Ni>Cu>Cd (metales totales) y Fe>Mn>Ni>Zn>Pb>Cr>Cu>Cd (metales biodisponibles).

Hierro

El Fe es uno de los metales más abundante en la corteza terrestre, al igual que el Mn y Zn se considera como micro elemento metálico esencial, cumpliendo un papel importante en la conformación de varias metal-proteínas, particularmente las metal-enzimas, así como puede llegar a ser un factor limitante para el crecimiento del fitoplancton; por encontrarse en grandes proporciones en la corteza terrestre, sus concentraciones suelen incrementarse en períodos de lluvia, llegando a los ambientes acuáticos bajo la influencia de la escorrentía de ríos; los cuales constituyen una de las principales vías de transporte del hierro hacia los ecosistemas estuarinos y marinos,

(Sadiq, 1992; Wells y Mayer, 1991), así mismo, Rubio *et al.* (2000) señalan que el Fe es un buen indicador de fuentes de entradas naturales y antropogénicas de metales ya que, asociaciones significativas de estos elementos con el Fe, es indicativo de fuentes de orígenes similares.

Las concentraciones de hierro total (Fe T) tuvieron un valor mínimo de 92,02 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el mes de marzo y en la localidad de Punta Araya, un valor máximo de 11 341,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante diciembre en Los Cachicatos, con un promedio de 2 820,36 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre períodos ni entre localidades (KW: 3,90, $p>0,05$; KW: 10,58, $p>0,05$). Sin embargo, las concentraciones de hierro biodisponible (Fe B) oscilan entre un valor mínimo de 3,12 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante octubre en Los Cachicatos y un valor máximo de 1 119,01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ expresado en marzo en la localidad de Guamache, con un promedio de 234,60 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; por otro lado, los análisis estadísticos demostraron diferencias significativas entre meses de muestreo (KW: 16,19, $p<0,001$), formándose dos grupos con la prueba *a posteriori*, representando al primero, los meses de octubre y diciembre con las menores concentraciones y al segundo, el mes de marzo con las concentraciones más altas; en contraste, no se obtuvo diferencias entre localidades (KW: 6,22, $p>0,05$), destacándose que las concentraciones más altas en este trabajo correspondieron al período de surgencia de alta intensidad (figura 11), pero esto es posible ya que Martín *et al.* (1993) indicaron que la remoción del Fe a bajas salinidades ocurre por la floculación y precipitación de los oxihidróxidos coloidales debidos a los cambios en el pH y la fuerza iónica. El comportamiento del Fe particulado está asociado al pH, sugiriendo que los procesos de adsorción, floculación o formación de coloides tienen influencia en los procesos de precipitación a pH mayores de 8,00, puesto que a valores menores, este elemento permanece en solución; resaltando que los valores de pH en este estudio estuvieron muy cercanos a 8,00.

Bonilla *et al.* (2003a) reportaron altas concentraciones de Fe B en la Ensenada Grande del Obispo con promedio de 95,09 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, relacionándolas con sedimentos de granos más finos, y al favorecimiento de procesos de floculación y acomplejación del metal. Sadiq (1992) informó que las altas concentraciones de Fe son normales en las

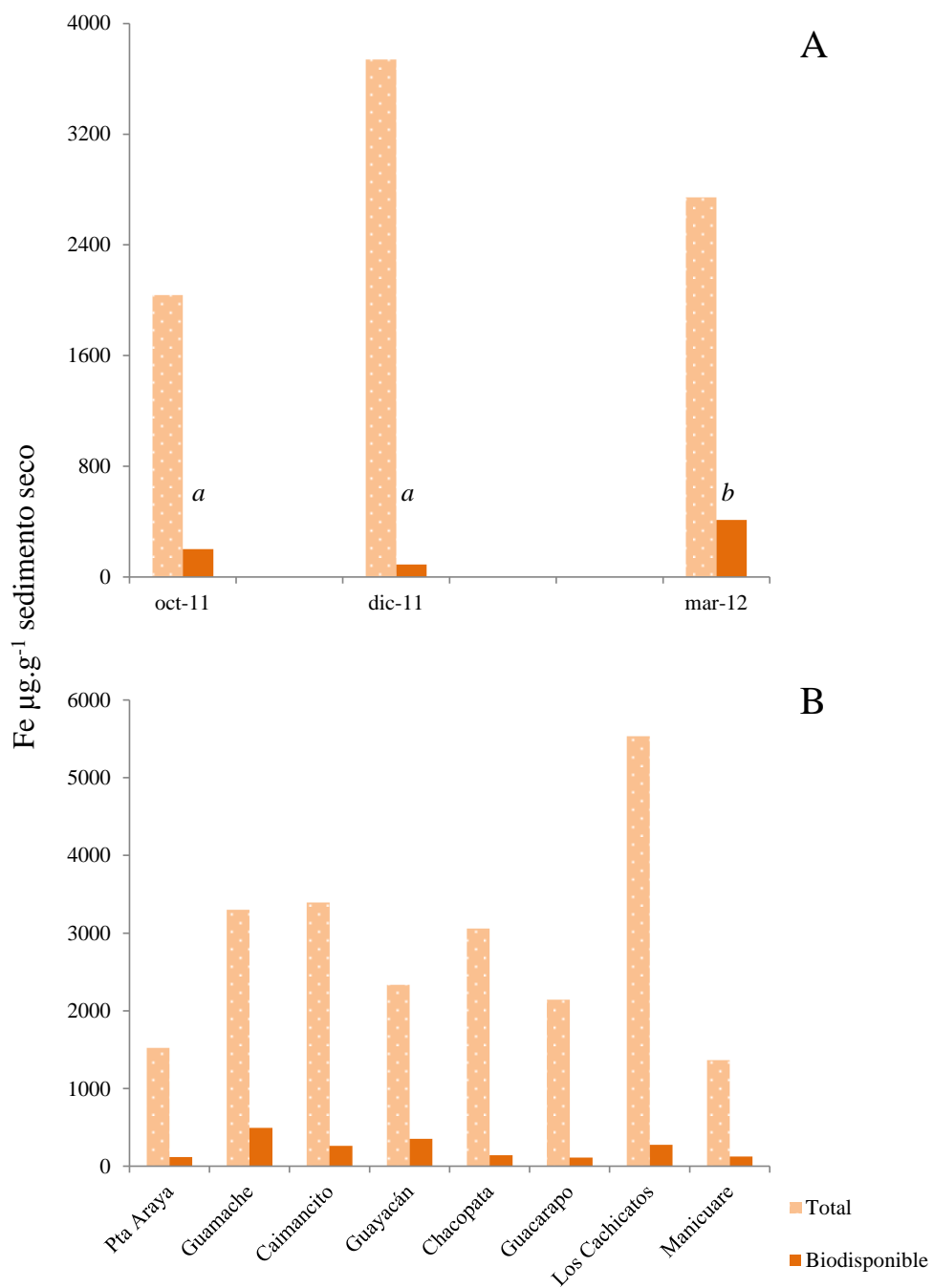


Figura 11. Concentración de hierro total y biodisponible ($\text{Fe } \mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Fe T (KW:3,89, $p>0,05$), FeB (KW: 16,19, $p<0,001$); B) Fe T (KW:10,58, $p>0,05$), FeB (KW: 6,22, $p>0,05$). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b).

áreas costeras y estuarinas, especialmente las influenciadas por actividades antrópicas. Sin embargo, Wells y Mayer (1991) indicaron que las altas concentraciones de Fe en los sedimentos dependen del grado de actividad abiótica.

En trabajos similares, las concentraciones de Fe T reportadas por Márquez *et al.* (2005) en la zona nororiental del Golfo tuvo un promedio de 3548,58 $\mu\text{g.g}^{-1}$; Aguado (2012) en el sector central de esta misma zona encontró valores alrededor de 13 040,94 mg.kg^{-1} , relacionados posiblemente con los procesos biogénicos y a los procesos de corrosión que se efectúan en ambientes marinos, produciéndose la precipitación de oxihidróxidos de Fe y Mn; Mujica (2010) reportó hacia la periferia de la Cuenca de Cariaco valores de 5 873,02 mg.kg^{-1} ; Acosta *et al.* (2002) en la zona de Playa Güiría encontraron concentraciones biodisponibles de 200,00 $\mu\text{g.g}^{-1}$ y Pérez *et al.* (2006) reportaron promedios menores a los reportados en este estudio, en las Lagunas de Bocaripo y Chacopata (62,15 y 9,81 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente).

Manganeso

El Mn es un elemento menor en el agua de mar; sin embargo, está presente en cantidades apreciables en los sedimentos marinos, es esencial en las reacciones enzimáticas, es ampliamente utilizado en la industria del acero, como aleaciones con otros metales que lo hacen resistente a la corrosión del mar, por lo que es empleado en la fabricación de barcos y torpedos y en forma de cables para mediciones eléctricas de alta precisión, en la industria química, cerámica, baterías, entre otros. Este elemento químico es altamente reactivo, especialmente en sistemas acuáticos. Esto último afecta el equilibrio de los metales trazas en tres formas: a) adsorción de metales en la superficie de los óxidos de manganeso, lo cual contribuye en el comportamiento de otros elementos dentro de los estuarios; b) coprecipitación de metales trazas y c) por las reacciones redox. Muchas investigaciones asocian la presencia del manganeso con las concentraciones de otros elementos como es el caso del cobalto y níquel (Moore y Ramammorthy, 1984).

El valor mínimo de manganeso total (Mn T) fue de 5,92 $\mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de octubre en Chacopata y el valor máximo de 50,33 $\mu\text{g.g}^{-1}$ durante octubre en la localidad de Caimancito, con un promedio de 14,04 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Los análisis estadísticos no

arrojaron diferencias significativas entre períodos de muestreo (KW: 1,53, $p > 0,05$), sin embargo, si se encontraron diferencias entre localidades (KW: 14,61, $p < 0,05$) formándose dos grupos con la prueba *a posteriori*, uno con todas las localidades exceptuando Caimancito que representan las concentraciones más bajas y el otro con la localidad de Caimancito (mayores concentraciones).

El manganeso biodisponible (Mn B) tuvo un valor mínimo de $2,74 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante octubre en la localidad de Punta Araya y un valor máximo de $18,46 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en diciembre y en la localidad de Chacopata, con un promedio de $8,93 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. En cuanto a los períodos de muestreo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (KW: 1,19, $p > 0,05$), sin embargo, si se encontraron diferencias entre las localidades (KW: 15,84, $p < 0,05$) y con la prueba *a posteriori* se formaron tres grupos distribuidos heterogéneamente, (figura 12).

En el trabajo de Pérez *et al.* (2006) reportaron valores inferiores a los de este trabajo en las Lagunas de Bocaripo y Chacopata ($5,02$ y $5,72 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente), sin embargo, promedios semejantes es el reportado por Márquez *et al.*, (2005) de $14,63 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el litoral nororiental del Golfo de Cariaco; y valores más altos como los de Acosta *et al.*, (2002) en Playa Güiría de $18,95 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Fuentes *et al.*, (1997 y 2010) reportaron un promedio de $24,84 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en la Laguna de Chacopata, y de $66,31$ - $80,29 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el saco del Golfo de Cariaco, respectivamente; Aguado (2012) hacia el sector central del Golfo halló valores de $32,90 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Bonilla *et al.* (2003a) encontraron hacia la Ensenada Grande del Obispo concentraciones de $49,37 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Mujica (2010) en la Periferia de la Cuenca de Cariaco reportó un promedio de $60 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Fermín (2002) reportó altos valores de Mn en la Laguna de Unare ($616,37 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y Rubio *et al.*, (2000) encontraron en las Rias Baixas de Vigo un promedio aproximado de $225 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; todas estas concentraciones están por debajo de los límites establecidos en $1,1 \times 10^3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ por Sadiq (2002) para suelos no contaminados, aun cuando muchas de estas áreas tienen una baja o alta incidencia antrópica por parte del aporte de ríos, descarga de aguas servidas, así como descargas de desechos de industrias cercanas.

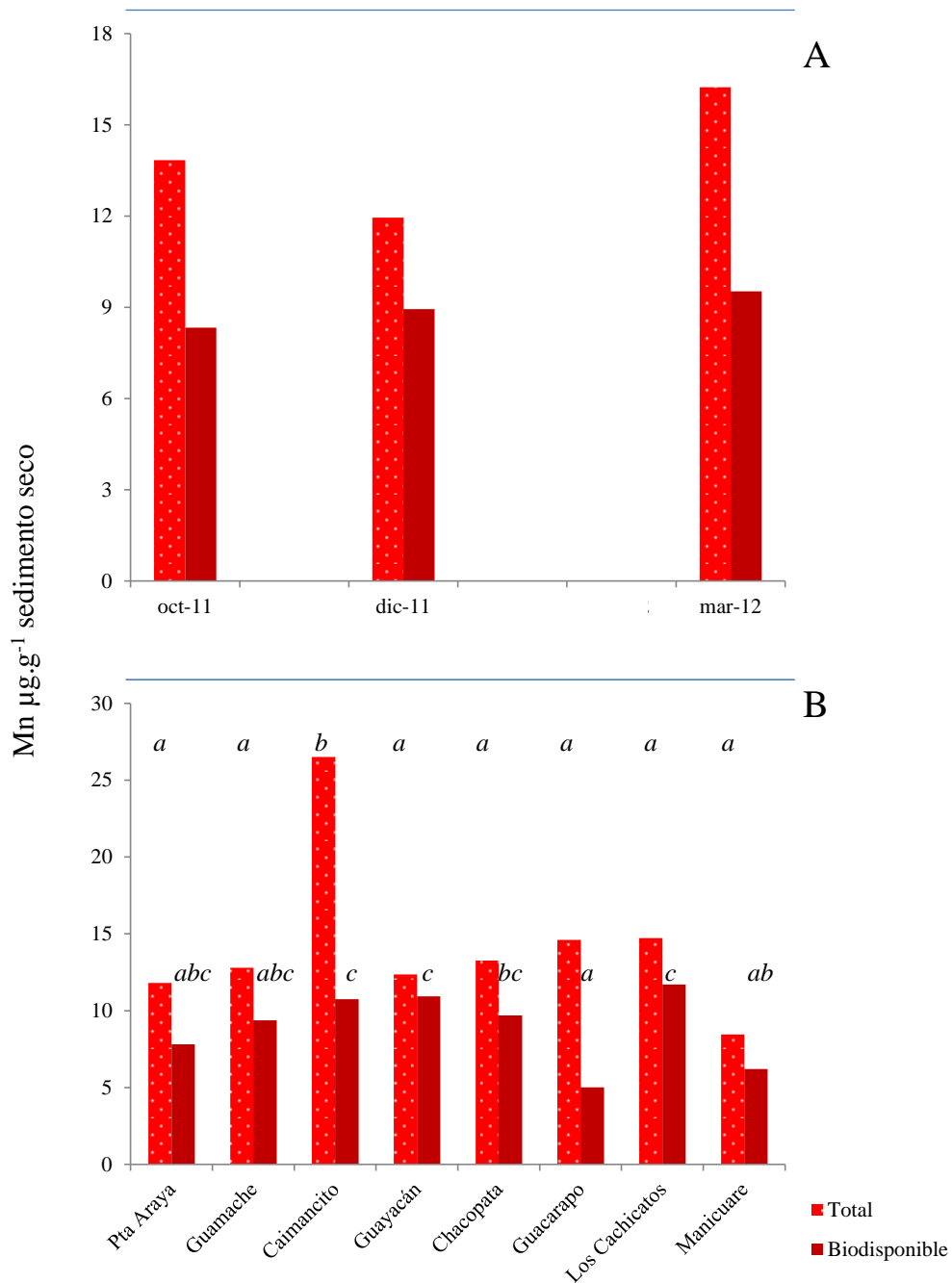


Figura 12. Concentración de manganeso total y biodisponible (Mn $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Mn T (KW:1,53, $p>0,05$), MnB (KW: 1,19, $p>0,05$); B) Mn T (KW:14,61, $p<0,05$), MnB (KW: 15,84, $p<0,05$). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c); límite de Mn para sedimento no contaminado $1,1 \times 10^3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Sadiq, 1992).

Níquel

Este elemento solo se encuentra en la corteza terrestre en 0,01% en forma de óxidos, carbonatos, silicatos de Fe y Mn, así como sulfuros de arsénico y telurio. A pesar de que este metal es esencial en nuestro organismo, en concentraciones relativamente altas puede ser perjudicial, ya que se ha relacionado con diversas enfermedades, incluyendo el cáncer (Rosas, 2001). El Ni ha sido utilizado por el hombre en aleaciones metálicas, ya que les confiere una mayor maleabilidad y ductibilidad, recientemente se ha venido empleando en la producción de fertilizantes de fosfato con fines agrícolas, lo que debe ser considerado una importante fuente, así como los ríos que llegan a mares y océanos (Moore y Ramammorthy, 1984).

Las concentraciones de níquel total (Ni T) presentaron un valor mínimo de 3,54 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante el mes de octubre en la localidad de Guacarapo y un valor máximo de 16,09 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el mes de octubre en la localidad de Caimancito, con un promedio de 8,01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Los análisis estadísticos no demostraron diferencias significativas entre los meses de muestreo, pero si entre localidades (KW: 2,69, $p>0,05$; KW: 24,11, $p<0,01$, respectivamente), formándose en este último tres grupos, encontrándose Guacarapo en el primer grupo con los valores más bajos, entre el primero y el segundo se ubican a Guayacán, Punta Araya y Manicuaré, en el segundo a Chacopata y Guamache y en el tercer grupo con los valores más altos a las localidades de Caimancito y Los Cachicatos (figura 13), encontrándose estos últimos por encima de los establecidos por Sadiq (2002) como límite de sedimentos no contaminados.

El valor mínimo del níquel biodisponible (Ni B) fue de 1,24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante el mes de octubre en Punta Araya y el valor máximo fue de 8,64 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante marzo en la localidad de Caimancito, con un promedio de 5,43 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreos (KW: 0,89, $p>0,05$) pero si entre localidades (KW: 28,75, $p<0,001$), formándose cuatro grupos con la prueba *a posteriori*, estando conformado el primer grupo y las concentraciones más bajas por Guacarapo, entre el primero y segundo grupo se ubicó a Guamache, entre el segundo y tercer grupo lo conforma Guayacán, en el tercer grupo se encontró a Chacopata, entre el

tercero y cuarto grupo lo conformaron Punta Araya, Manicuare y Los Cachicatos y en el cuarto grupo con los valores más altos está representado por Caimancito (figura 13).

Las concentraciones de Ni en general se encuentran por debajo a las reportadas por Martínez (2002) de 22,80 $\mu\text{g.g}^{-1}$ para la costa norte del Golfo de Cariaco; así como a las reportadas por Bonilla *et al.* (2003a) de 16,16 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en la Ensenada Grande del Obispo; a los de Márquez *et al.* (2005) de 13,68 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en el litoral nororiental del Golfo de Cariaco; Aguado (2012), Fuentes *et al.* (2010) con promedios de 21,74 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en el sector central y de 3,29-24,58 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en el Saco de la misma zona, respectivamente y Mujica (2010) con valores de 36,49 mg.kg^{-1} en la periferia de la Cuenca Cariaco; aun cuando estos autores atribuyen las altas concentraciones a la hidrodinámica del Golfo y con la textura del sedimento con partículas finas, en esta investigación no se ve reflejado así, pudiéndose asociar a las características propias de las zonas de muestreo; sin embargo, otros trabajos relacionados pero hacia el norte de la Península como los de Pérez *et al.* (2006) en las Lagunas de Bocaripo y Chacopata reportaron promedios de 0,04 $\mu\text{g.g}^{-1}$ y no detectado, respectivamente; los de Acosta *et al.* (2002) en Playa Güiría tampoco se detectó a este metal, siendo estos inferiores a los reportados en esta investigación; hacia la laguna de Unare Fermín (2002) reportó un promedio de 52,41 $\mu\text{g.g}^{-1}$; hacia las Rias Baixas de Vigo Rubio *et al.* (2000) encontraron aproximadamente 40,00 $\mu\text{g.g}^{-1}$ y Alarcón (2003) reportó en la Bahía de Puerto Montt 13,9 mg.kg^{-1} .

Zinc

El Zn es un elemento relativamente abundante en la naturaleza que resulta esencial para los seres vivos, pero puede ocasionar toxicidad en los organismos marinos a elevadas concentraciones. Se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro, carbonato, óxido o silicato de zinc, y combinados con muchos otros minerales. Se usa en la industria química y metalúrgica, principalmente como capa protectora o galvanizador para el Fe y el acero, como componente de distintas aleaciones, especialmente del latón y en la construcción. La contaminación por este metal ocurre normalmente en los ecosistemas costeros que son afectados desde el litoral por vertidos urbanos e industriales, los cuales originan un incremento de sus concentraciones en agua y sedimento (Cobelo *et al.*, 2003; Moore y Ramammorthy, 1984).

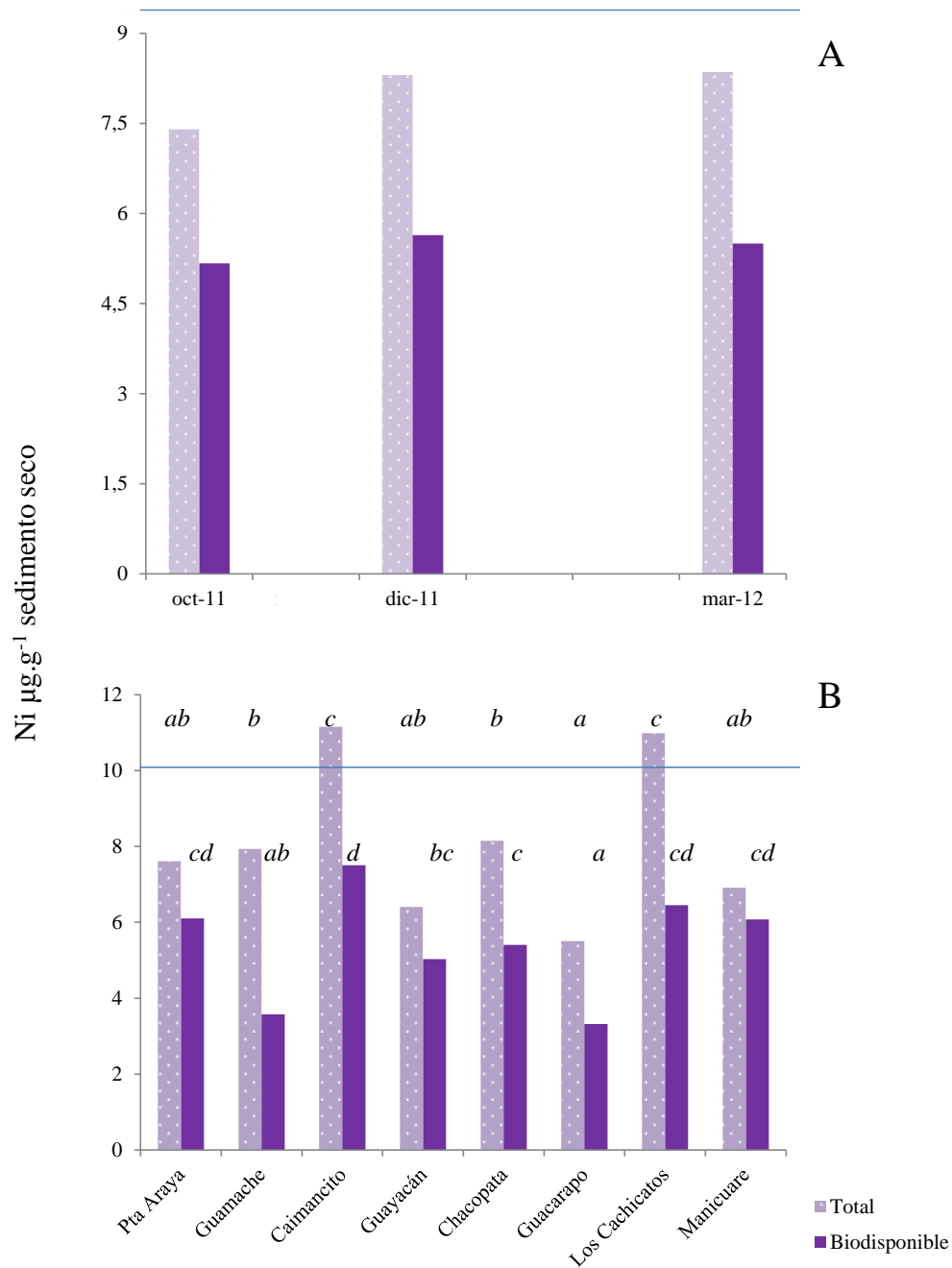


Figura 13. Concentración de níquel total y biodisponible ($\text{Ni } \mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Ni T (KW: 2,69, $p > 0,05$), Ni B (KW: 0,89, $p > 0,05$); B) Ni T (KW: 24,11, $p < 0,01$), Ni B (KW: 28,75, $p < 0,001$). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c, d); — límite de Ni para sedimento no contaminado $10,0 \times 10^3 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Sadiq, 1992).

Los valores en las concentraciones de zinc total (Zn T) oscilan entre un mínimo de 3,48 $\mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de octubre en la localidad de Chacopata y un máximo de 220,41 $\mu\text{g.g}^{-1}$ durante octubre en Caimancito, con un promedio de 41,06 $\mu\text{g.g}^{-1}$. El análisis estadístico demostró que no hay diferencias significativas en los períodos de muestreo, pero si entre localidades (KW: 3,77, $p>0,05$; KW: 16,39, $p<0,05$, respectivamente) formándose con la prueba *a posteriori* dos grupos, en el primero con los valores más bajos, todas las localidades a excepción de Los Cachicatos y al segundo Los Cachicatos con los valores más altos (figura 14).

En la figura 14, también se observan que las concentraciones de zinc biodisponible (Zn B) presentaron un valor mínimo de 0,62 $\mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de marzo en Chacopata y un valor máximo 14,18 $\mu\text{g.g}^{-1}$ durante diciembre en la localidad de los Cachicatos, con un promedio de 5,04 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Temporalmente no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (KW: 0,09, $p>0,05$) sin embargo, si se encontraron diferencias entre las localidades (KW: 26,86, $p<0,001$), formándose dos grupos con la prueba *a posteriori*, uno representado por las localidades de Manicuare, Punta Araya, Guamache, Caimancito, Guayacán y Chacopata con los valores más bajos, y el segundo con los valores más altos, conformado por Los Cachicatos y Guacarapo.

Las concentraciones de Zn para la Península de Araya en general, se encuentran entre los parámetros de sedimentos no contaminados establecidos por Sadiq (2002) de 110,00 $\mu\text{g.g}^{-1}$ exceptuando la localidad de Caimancito en el mes de octubre, sin embargo la localidad de Los Cachicatos se vio afectada durante todo el muestreo, pero hay que resaltar que la biodisponibilidad de este metal se mantuvo en concentraciones bastante bajas, concordando esto con lo reportado por Martínez (2002) de 222,42 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en la estación 21 del sector central del Golfo (muy cercano a la localidad problema), aun cuando para la costa norte obtuvo un promedio de 50,82 $\mu\text{g.g}^{-1}$, infiriendo que las altas concentraciones estaban asociadas a las características granulométricas y/o contenido de materia orgánica de la zona. Otras investigaciones como las de Aguado (2012) que reportó un promedio de 72,87 mg.kg^{-1} en el sector central del Golfo; Fuentes *et al.* (2010) entre 25,13 a 104,57 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en el Saco; Márquez *et al.* (2005) en el Litoral nororiental de la misma zona encontró valores de 11,59 $\mu\text{g.g}^{-1}$; Bonilla *et al.* (2003a) en

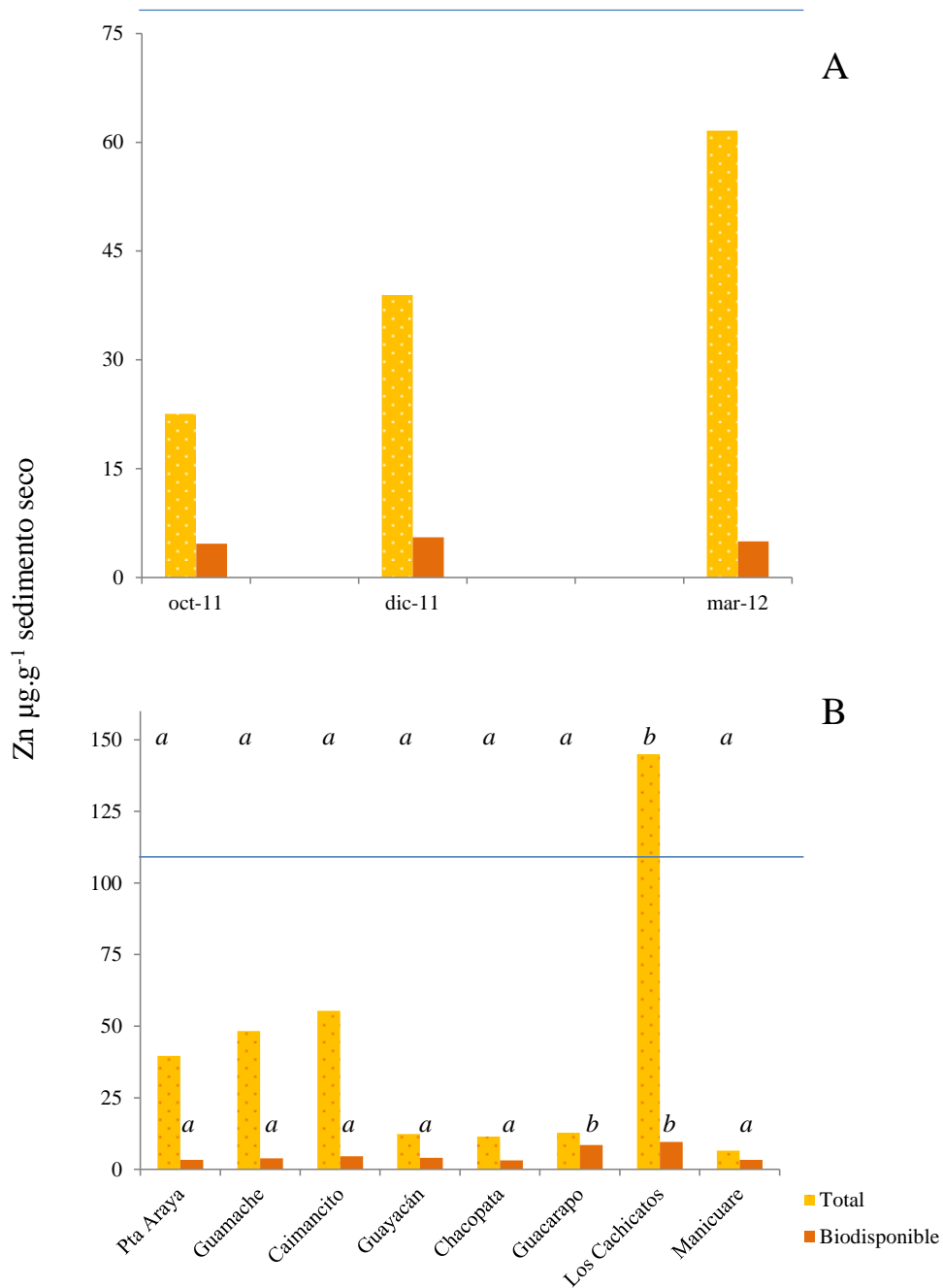


Figura 14. Concentración de zinc total y biodisponible ($\text{Zn } \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Zn T (KW:2,69, $p>0,05$), Zn B (KW: 0,89, $p>0,05$); B) Zn T (KW:24,11, $p<0,01$), Zn B (KW: 28,75, $p<0,001$). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b); límite de Zn para sedimento no contaminado $110,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Sadiq, 1992).

la Ensenada Grande del Obispo mostraron promedios de $45,74 \mu\text{g.g}^{-1}$; y hacia la zona norte se encuentra los trabajos de Pérez *et al.* (2006) con promedios de 5,13 y $2,65 \mu\text{g.g}^{-1}$ en las Lagunas de Bocaripo y Chacopata, respectivamente; Acosta *et al.* (2002) en Playa Güiria reportó valores de $161,25 \mu\text{g.g}^{-1}$; hacia la periferia de la Cuenca de Cariaco, Mujica (2010) encontró concentraciones de $116,55 \text{mg.kg}^{-1}$; Fermín (2002) encontró valores de $127,49 \mu\text{g.g}^{-1}$ en la Laguna de Unare y Rubio *et al.* (2000) en las Rias Baixas de Vigo encontraron promedios aproximados de $105 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Cobre

Es un elemento esencial para los organismos vivos y juega un rol catalítico en muchos sistemas enzimáticos, por lo que su estancia natural no debería ser peligrosa, no obstante, su presencia en el medio ambiente se ha multiplicado desde la revolución industrial y en altas proporciones puede causar hasta la muerte por afectar las primeras etapas de desarrollo de los animales marinos (huevos, larvas, etc.) así como a la fotosíntesis y el desarrollo de las algas. Por otra parte, su toxicidad en organismos acuáticos ha sido reconocida por muchos investigadores, porque es bioacumulado directamente desde el agua y en los sedimentos (Aranda, 1999; David y Phillips, 1995; Sadiq, 1992).

El Cu tiene una amplia distribución en la naturaleza, es maleable, dúctil, resistente a la corrosión y posee una gran capacidad para formar complejos. Sus excelentes cualidades lo hace un elemento de uso universal en las industrias eléctricas, de construcción y automóviles y es introducido en cantidades considerables en las aguas por la corrosión de tuberías que lo contienen (Moore y Ramammorthy, 1984; Sadiq, 1992).

El valor mínimo de cobre total (Cu T) fue de $1,26 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de diciembre en Guayacán y el máximo de $8,81 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante octubre en la localidad de Caimancito, con un promedio de $3,25 \mu\text{g.g}^{-1}$. Los análisis estadísticos no demostraron diferencias entre los tres meses de muestreos, mientras que entre las distintas localidades si se encontraron diferencias (KW: 1,65, $p > 0,05$; KW: 21,42, $p < 0,01$, respectivamente, formándose en este último cuatro grupos al aplicar la prueba *a posteriori* distribuidos heterogéneamente entre las localidades (figura 15).

Las concentraciones de cobre biodisponible (Cu B) oscilaron entre un valor mínimo de $0,29 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de marzo en la localidad de Guacarapo y un valor máximo de $2,60 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante diciembre en la localidad de Punta Araya, con un promedio de $1,54 \mu\text{g.g}^{-1}$. Los análisis estadísticos no demostraron diferencias significativas en el tiempo (KW: 0,75, $p>0,05$), mientras que entre localidades si se obtuvieron diferencias (KW: 27,64, $p<0,001$) y se formaron tres grupos con la prueba *a posteriori*, en uno con los menores valores y representado por Guamache y Guacarapo, uno entre el primero y el segundo ubicándose a Guayacán, otro entre el segundo y tercero con Chacopata y Manicuare y el tercero con los valores más altos las localidades de Caimancito, Punta Araya y Los Cachicatos.

Sadiq, (1992) señala para sedimentos no contaminados un límite de $10 \mu\text{g.g}^{-1}$ de Cu; ajustándose las concentraciones obtenidas en este trabajo a este criterio; en los trabajos de Pérez *et al.* (2006) y Acosta *et al.* (2002) encontraron valores de este metal inferiores a los reportados aquí, en las Lagunas de Bocaripo (no determinado) y Chacopata ($0,32 \mu\text{g.g}^{-1}$) y Playa Güiria ($0,08 \mu\text{g.g}^{-1}$), respectivamente; otros trabajos parecidos son los reportados por Márquez *et al.* (2005) en el Golfo de Cariaco ($2,29 \mu\text{g.g}^{-1}$) y los de Mujica (2010) en la periferia de la Cuenca de Cariaco (aproximadamente $2,00 \text{mg.kg}^{-1}$), acotando que la principal fuente de adsorción de este metal es la materia orgánica y la matriz sedimentaria; sin embargo, son menores a los reportados por Martínez (2002) en la costa norte del Golfo ($17,99 \mu\text{g.g}^{-1}$); a los de Fuentes *et al.* (2010) en el Saco del Golfo de Cariaco con concentraciones de hasta $35 \mu\text{g.g}^{-1}$, a los de Bonilla *et al.* (2003a) que en la Ensenada Grande del Obispo encontraron valores promedio de $15,30 \mu\text{g.g}^{-1}$; a los de Aguado (2012) en el sector central del Golfo con $14,08 \text{mg.kg}^{-1}$; a los de Fermín (2002) con promedio de $41,13 \mu\text{g.g}^{-1}$ en la laguna de Unare, Edo. Anzoátegui; los de Rubio *et al.* (2000) de $20,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ en las Rias Baixas de Vigo y los de Alarcón (2003) de $29,6 \text{mg.kg}^{-1}$ en la Bahía de Puerto Montt.

Cromo

El Cr es un metal traza considerado como contaminante antropogénico tóxico, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza bajo múltiples estados de oxidación, influenciado y controlado por los cambios redox. El contenido de Cr en los

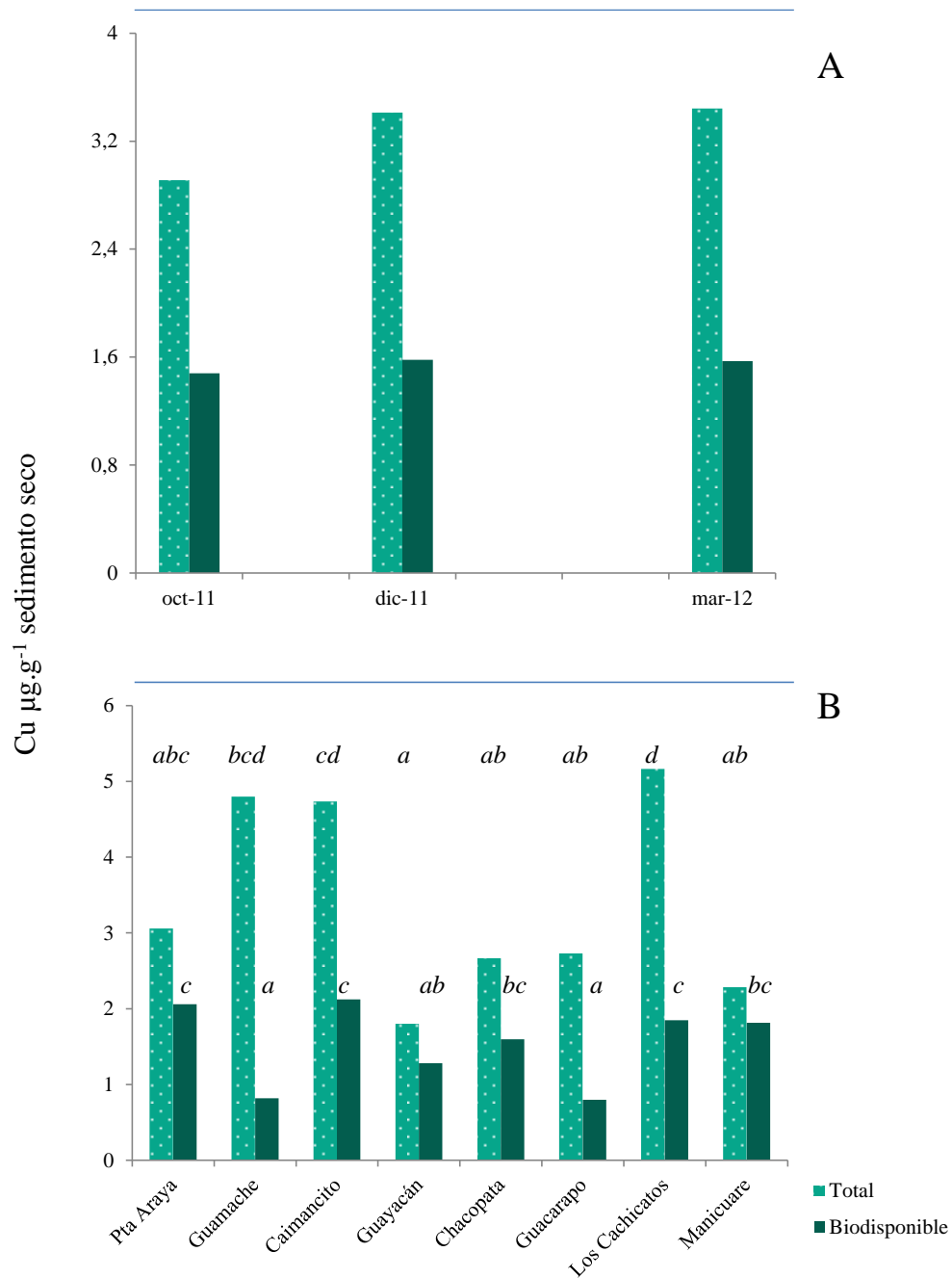


Figura 15. Concentración de cobre total y biodisponible ($\text{Cu } \mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Cu T (KW: 1,65, $p > 0,05$), Cu B (KW: 0,75, $p > 0,05$); B) Cu T (KW: 21,42, $p < 0,01$), Cu B (KW: 27,64, $p < 0,001$). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c, d); límite de Cu para sedimento no contaminado $10,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Sadiq, 1992).

sedimentos marinos costeros es mayor que en los de mar abierto, es muy importante por su amplio uso comercial e industrial; constituyéndose sus desechos en un significativo aporte de contaminación a los ambientes marinos. Las principales descargas industriales provienen de los procesos de la pesca, curtiembres, metalurgia, textiles, industrias petroquímicas y lavanderías, que al caer al medio marino pueden adsorberse en el material orgánico existente en los sedimentos, probablemente por la fácil acomplejación de los compuestos orgánicos con el Cr en el estado de oxidación III (Sadiq, 1992, Velásquez, 2005).

El Cr, específicamente en su estado Cr (III) es un micro nutriente traza esencial en bajas concentraciones, siendo su forma como Cr (VI) la más tóxica. La mayor parte de este metal correspondiente a los sedimentos acuáticos se encuentra en la forma trivalente y, a pesar de no ser tan móvil en el medio ambiente como el Cr (VI), se ha estudiado en forma experimental su acumulación y movimiento hacia los eslabones superiores de la cadena alimentaria.

El valor mínimo de cromo total (Cr T) fue de $3,42 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante el mes de octubre en Guacarapo y el máximo de $22,60 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante octubre en la localidad de Caimancito, con un promedio de $10,08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. El análisis estadístico no demostró diferencias significativas ni entre períodos de muestreo ni entre localidades (KW: 4,90, $p>0,05$; KW: 11,85, $p>0,05$, respectivamente). Por otra parte, la variación en las concentraciones de cromo biodisponible (Cr B) fue bastante homogénea al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ni entre las localidades (KW: 5,49, $p> 0,05$; KW: 13,22, $p>0,05$, respectivamente), oscilando desde un valor mínimo de $0,17 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante el mes de marzo en Chacopata y un valor máximo de $9,87 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante marzo en la localidad de Los Cachicatos (figura 16).

Las concentraciones de Cr en la Península de Araya se encuentran dentro de los parámetros establecidos para sedimentos no contaminados por Sadiq (2002) en $20,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; en trabajos hacia la costa norte con promedios menores son los reportados por Acosta *et al.* (2002) en Playa Güiría que no fue detectado, los de Pérez *et al.* (2006) en las Lagunas de Bocaripo y Chacopata con promedios de $0,15$ y $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,

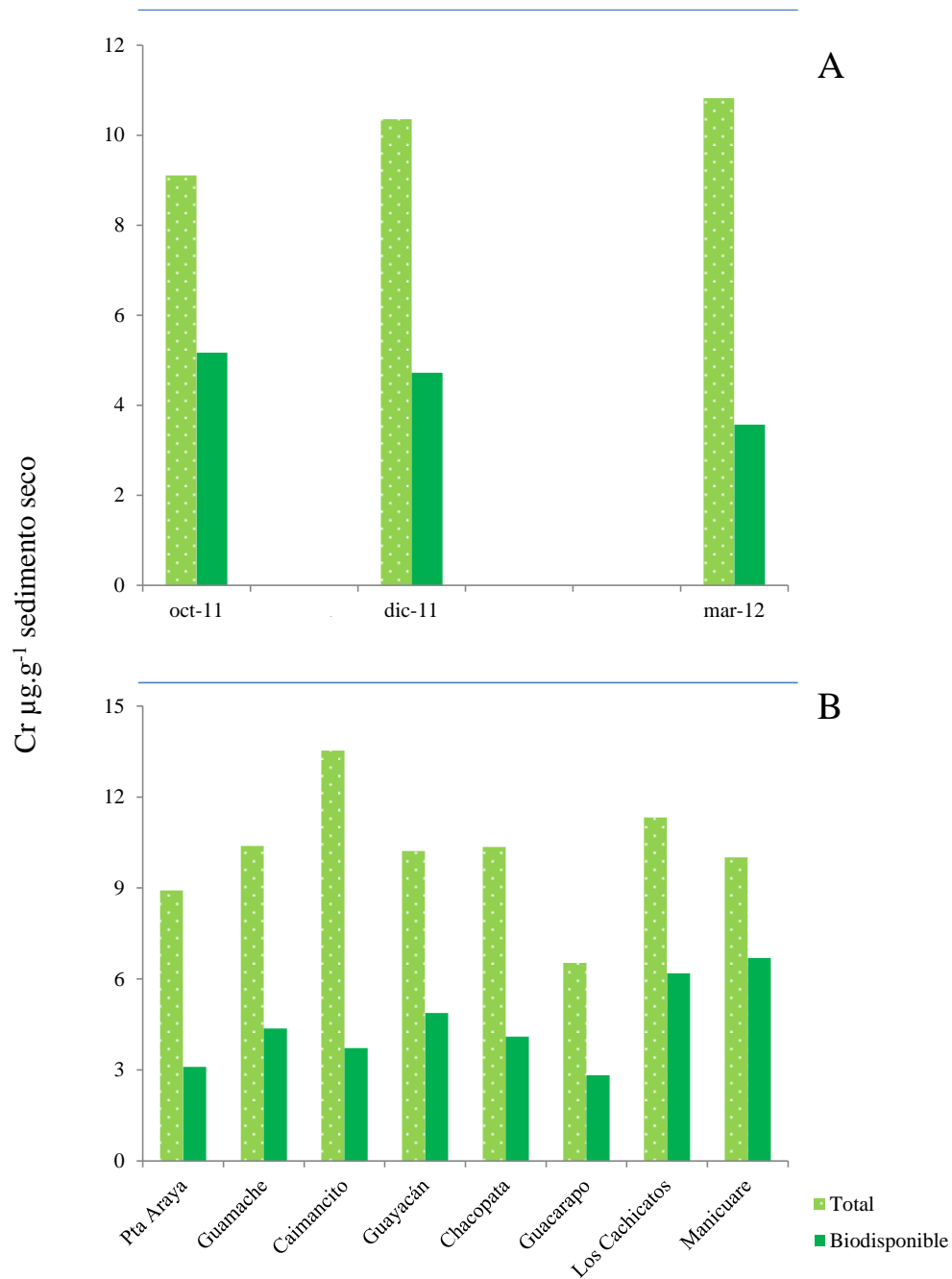


Figura 16. Concentración de cromo total y biodisponible (Cr $\mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres períodos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Cr T (KW: 4,90, $p>0,05$), Cr B (KW: 5,49, $p>0,05$); B) Cr T (KW:11,85, $p>0,05$), Cr B (KW: 13,22, $p>0,05$); límite de Cr para sedimento no contaminado 20,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Sadiq, 1992).

respectivamente; Márquez *et al* (2005) obtuvieron un promedio similar a los de esta investigación en el litoral nororiental del Golfo de $10,23 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; sin embargo existen reportes con señal de alerta como los de Martínez (2002) en la costa norte del Golfo con concentraciones de $36,89 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; los de Bonilla *et al.* (2003a) con un promedio de $19,97 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en la Ensenada Grande del Obispo, atribuyendo las altas concentraciones a portes de origen antrópicos y/o litogénicos, ya que esta ensenada por su formación geomorfológica tectónica está compuesta granulométricamente por arenas del mismo origen de grano grueso a fino, capaces de retener metales pesados pero no en tan altas cantidades como en el caso del Cr; Aguado (2012) en el sector central del Golfo con $24,11 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Fermín (2002) con $61,69 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en la Laguna de Unare y Rubio *et al.* (2000) en las Rias Baixas de Vigo con $55,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Cadmio

El Cd es considerado como uno de los elementos químicos más biotóxicos en los ecosistemas marinos. Químicamente posee afinidad con el azufre, con los halógenos y fosfatos, formando complejos con los cloruros e iones inorgánicos. A bajas concentraciones es altamente tóxico, el cual es responsable de daños adversos en las arterias y riñones de los humanos y como el causante de los cánceres generalizados. Su principal utilización en la industria es en la fabricación de acumuladores, pigmentos y estabilizantes (Sadiq, 1992; David y Phillips, 1995).

Las concentraciones de cadmio total (Cd T) variaron desde un valor mínimo de $0,63 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante el mes de marzo en Guamache, hasta un valor máximo de $2,67 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante octubre en la localidad de Caimancito, con un promedio de $1,66 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos meses de muestreo (KW: 1,54, $p>0,05$) sin embargo, si se encontraron diferencias entre las distintas localidades (KW: 28,87, $p<0,001$) formándose cuatro grupos con la prueba *a posteriori*, el primero con los valores más bajos se ubicó la localidad de Guamache, en el segundo grupo a Guayacán y Guacarapo, entre el segundo y tercero a Chacopata, entre el tercero y cuarto a las localidades de Punta Araya y Manicuare y en el cuarto grupo a Caimancito con los mayores valores.

El valor mínimo de cadmio biodisponible (Cd B) fue de $0,28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante octubre en la localidad de Punta Araya y el valor máximo de $2,39 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ durante el mes de octubre en caimancito, con un promedio de $1,25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre períodos (KW: 2,01, $p>0,05$), pero si en las distintas localidades con un KW: 24,82, $p<0,001$ formándose cinco grupos distribuidos heterogéneamente entre las localidades (figura 17).

Estos resultados son alarmantes, ya que se encuentran por encima de lo permitido para sedimentos no contaminados de $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Sadiq 1992), exceptuando las localidades de Guamache en Cd T y en Guayacán y Guamache para Cd B, indicando contaminación por este metal en las localidades de muestreo y se confirma los datos reportados por Martínez (2002) en la costa norte de $1,54 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; por Fuentes *et al.* (2010) con valores superiores a $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el saco del Golfo de Cariaco; a los reportados por Marquez *et al.* (2005) que en algunas localidades del litoral nororiental del Golfo las concentraciones de Cd superaron el $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ con un promedio general de $1,04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ y a los de Aguado (2012) con concentraciones promedio de $3,44 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en el sector central del golfo; Mujica (2010) en la periferia de la cuenca de Cariaco reportó valores alarmantes superiores a $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ considerando que este ecosistema presenta una falla sísmica, y que está dentro de las posibilidades la presencia de sismos (ya sean de baja o alta intensidad) que producen cambios de presión, temperatura, pH, entre otros; variaciones que hacen posible la liberación de los metales que se encuentran formando oxihidróxidos de Fe y Mn; sin embargo, la Ensenada Grande del Obispo no se vio afectada de acuerdo a datos publicados por Bonilla *et al.* (2003a) de $0,35 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; hacia el norte de la Península se reportaron concentraciones menores a las expresadas en este trabajo como en las Lagunas de Bocaripo y Chacopata con concentraciones de Cd B de 0,05 y $0,03 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Pérez *et al.*, 2006) y en Playa Güiría Acosta *et al.* (2002) reportaron un promedio de $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

En general, el Cd entra al ambiente marino por deposición atmosférica, escorrentías límnicas y a través de las descargas de afluentes de origen antrópico, provenientes desde fuentes industriales y domésticas cercanas al litoral costero. El Cd en los ecosistemas marinos y lacustres se representa como uno de los metales pesados más

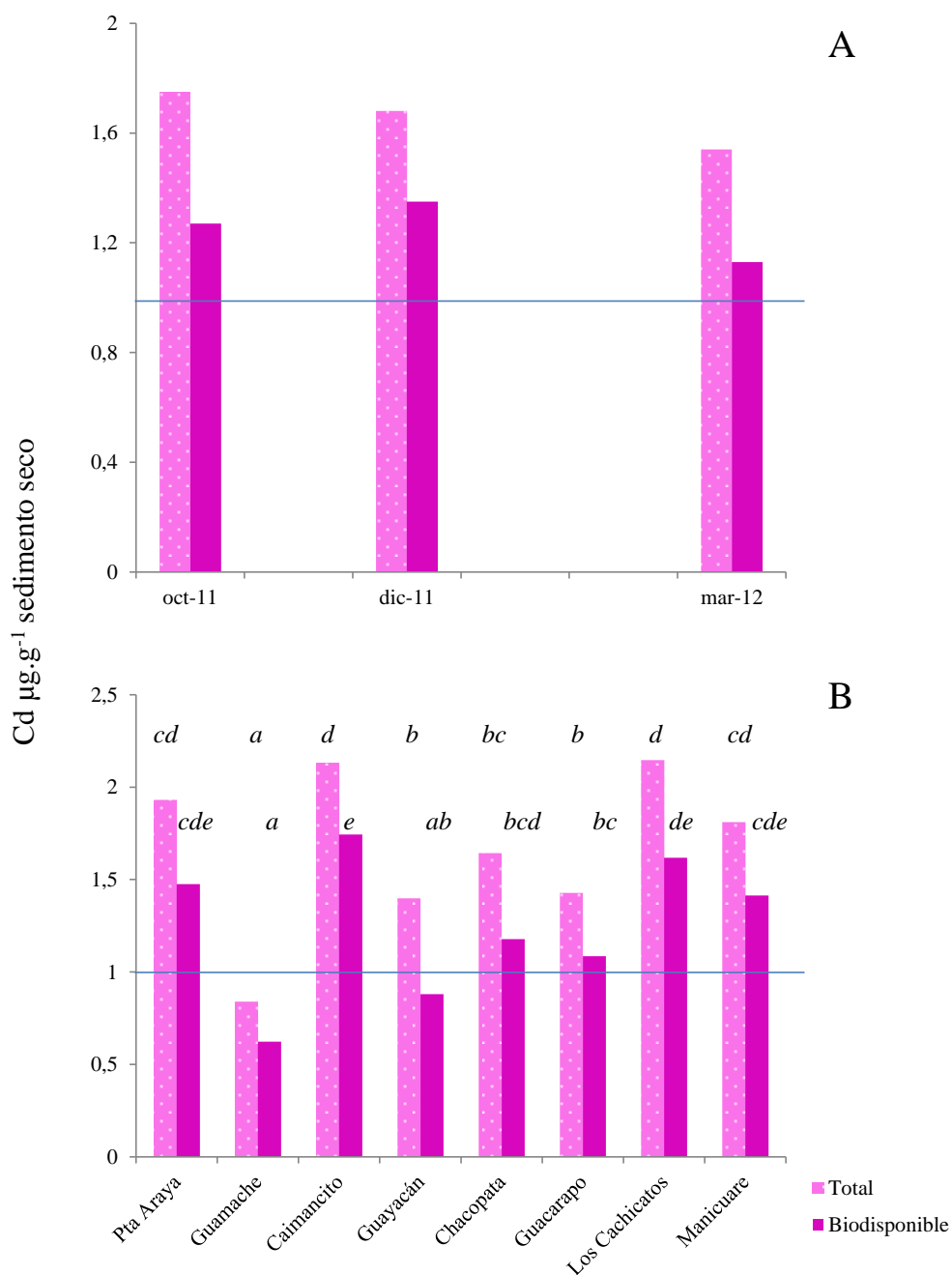


Figura 17. Concentración de cadmio total y biodisponible ($\text{Cd } \mu\text{g.g}^{-1}$ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres tiempos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Cd T (KW: 1,54, $p > 0,05$), Cd B (KW: 2,01, $p > 0,05$); B) Cd T (KW: 28,87, $p < 0,001$), Cd B (KW: 24,82, $p < 0,001$). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c, d, e); límite de Cd para sedimento no contaminado $1,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Sadiq, 1992).

contaminantes, siendo altamente tóxico en su estado de oxidación Cd^{2+} . La detección de altos contenidos de Cd en los sedimentos de la mayoría de las localidades de la Península de Araya, evidencian una alta incidencia antrópica. Martínez (2002) señala que la costa norte del Golfo de Cariaco es la menos densa poblada y carente de actividades industriales; sin embargo, debido a la hidrodinámica del Golfo, los contaminantes provenientes de las empresas ubicadas en la costa sur son llevados hacia el centro y la costa norte. Igualmente la circulación ciclónica presente en el Golfo, la cual ha sido señalada por Gade (1961), podría estar trasladando altos niveles de Cd desde la costa sur hacia la norte.

Plomo

El Pb es un metal que afecta seriamente a la biota marina en cantidades trazas, ya que es altamente tóxico y al igual que los demás metales se adhiere a los sedimentos de textura fina con alto contenido orgánico cuando se encuentra en forma particulada. Se emplea en la fabricación de baterías, revestimiento de cables eléctricos, en pinturas y pigmentos (Sadiq, 1992).

Las concentraciones de Pb se encuentran principalmente asociadas con el material detrítico particulado, así como también la deposición y acumulación en los sedimentos mediante los procesos geoquímicos de disolución y precipitación. Sin embargo, predomina la forma inorgánica, que es muy tóxica y contaminante. El pH y la fuerza iónica del agua de mar pueden ser la causa principal de la incorporación del plomo en el material detrítico en suspensión transportado por escorrentías límnicas (Fuentes, 1998). Es un metal poco móvil y tiende a adsorberse en la zona no saturada por los ríos, por el material arcilloso y la materia orgánica, y con el aumento del pH puede precipitar como hidróxido de plomo (Moore y Ramamoorthy, 1984).

El valor mínimo de plomo total (Pb T) fue de $4,48 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante diciembre en la localidad de Guacarapo y el valor máximo de $26,82 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante marzo en la localidad de Manicare, con un promedio de $14,97 \mu\text{g.g}^{-1}$. Por otra parte, los análisis estadísticos no demostraron diferencias significativas entre períodos, pero si entre las distintas localidades muestreadas (KW: 2,24, $p > 0,05$; KW: 20,24, $p < 0,01$, respectivamente) formándose en este último, tres grupos con la prueba *a posteriori*,

conformando el primero Guamache y Guacarapo con los menores valores, entre el primero y el segundo Guayacán, entre el primero, segundo y tercero la localidad de Chacopata, entre el segundo y el tercero Punta Araya y en el tercero Caimancito, Manicuare y Los Cachicatos con los mayores valores.

Las concentraciones de Pb B se mantuvieron homogéneas, tanto en el tiempo como en el espacio, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas (KW: 5,58, $p > 0,05$; KW: 12,93, $p > 0,05$, respectivamente) y sus valores oscilaron entre un mínimo de $0,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de diciembre en Caimancito y Guayacan y un máximo de $13,79 \mu\text{g.g}^{-1}$ durante el mes de marzo en la localidad de Los Cachicatos (figura 18).

Las concentraciones de Pb T reflejadas en las localidades de estudio reflejan indicios de perturbación del medio, y un poco más preocupante son su biodisponibilidad afectando principalmente a Manicuare y Los Cachicatos y Punta Araya que se encuentra dentro del límite, indicando contaminación de los sedimentos superficiales, ya que Sadiq (1992) establece un valor máximo de $5,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ para sedimentos no contaminados; sin embargo, estos datos son inferiores a los reportados por Bonilla *et al.* (2003a) de $19,01 \mu\text{g.g}^{-1}$ en la Ensenada Grande del Obispo; a los de Fuentes *et al.* (2010) que oscilaron entre $1,79-60,41 \mu\text{g.g}^{-1}$; a los de Mujica (2010) con promedio de $24,24 \text{mg.kg}^{-1}$ en la periferia de la Cuenca de Cariaco; a los de Fermín (2002) de $29,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ en la laguna de Unare, Estado Anzoátegui y a los de Martínez (2002) de $17,99$ en la costa norte del Golfo y se señala que esto refleja una fuerte influencia antrópica en la acumulación de Pb en este ecosistema marino, asumiendo que las fuentes principales de Pb a este medio marino son debidas a un importante tráfico de embarcaciones, mayormente con motores fuera de borda, que navegan por el Golfo, y se deposita, acumulándose en los sedimentos superficiales.

De igual manera, los pescadores de la zona utilizan el Pb como lastre en sus aparejos y redes para pescar, y gran cantidad de estos pedazos van a parar a los sedimentos del fondo (Bonilla *et al.*, 2003a); Rubio *et al.* (2000) reportó en las Rias Baixas de Vigo un promedio de $25,00 \mu\text{g.g}^{-1}$. Otros estudios relacionados pero con menores valores están los de Aguado (2012) en el sector central del Golfo que reportó $10,18 \mu\text{g.g}^{-1}$; los de Pérez *et al.* (2006) con promedios de $4,6$ y $6,30 \mu\text{g.g}^{-1}$ en las

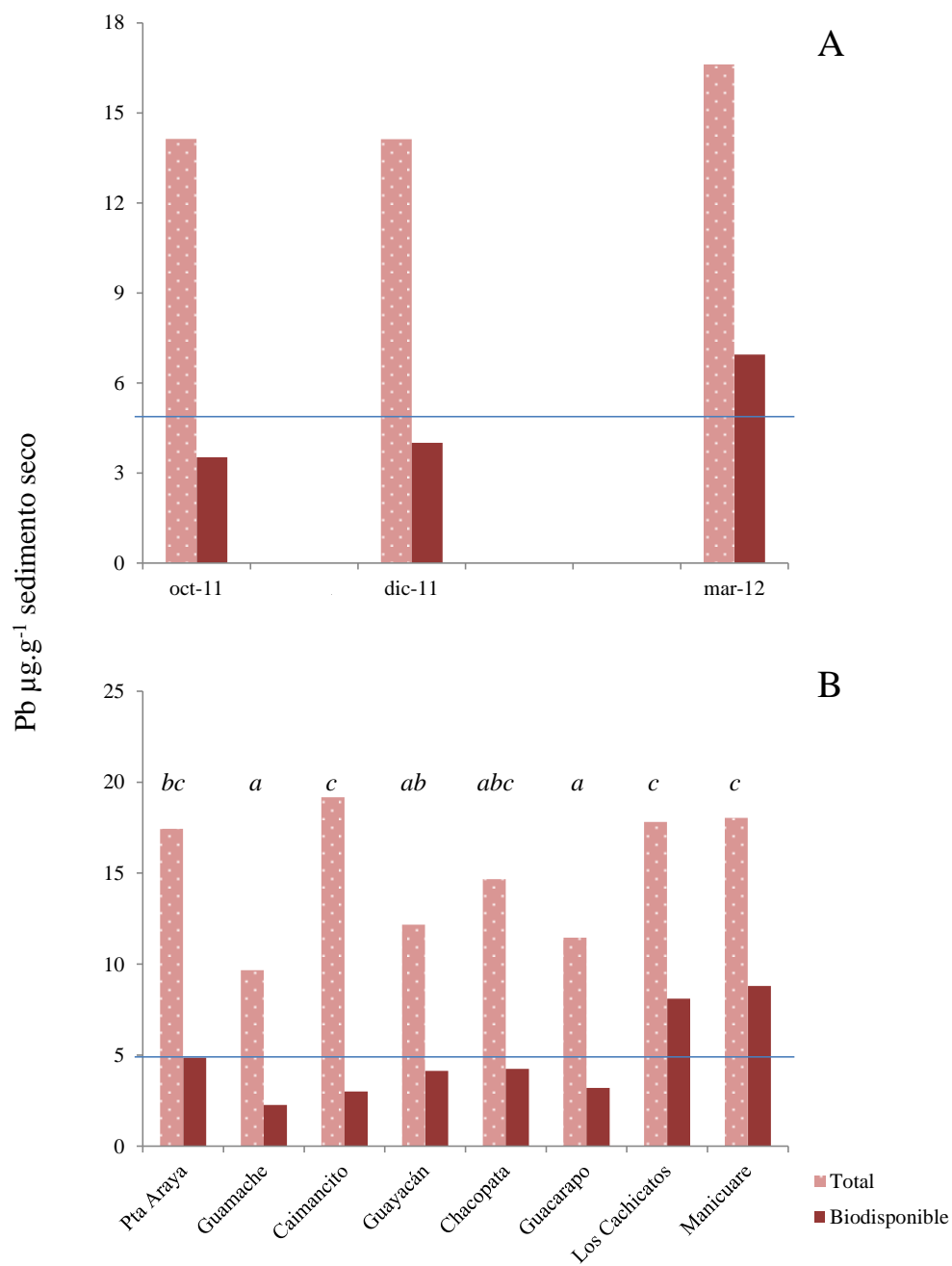


Figura 18. Concentración de plomo total y biodisponible (Pb µg.g⁻¹ sedimento seco) de los sedimentos superficiales en los tres tiempos de muestreo y en las distintas localidades de la Península de Araya. A) Pb T (KW: 2,24, p>0,05), Pb B (KW: 5,58, p>0,05); B) Pb T (KW: 20,24, p<0,01), Pb B (KW: 12,93, p>0,05). Número de grupos formados por la prueba *a posteriori* (a, b, c); límite de Pb para sedimento no contaminado 5,0 µg.g⁻¹ (Sadiq, 1992).

Lagunas de Bocaripo y Chacopata, respectivamente, encontrando perturbación en esta última; los de Márquez *et al.* (2005) en el litoral nororiental del Golfo con un promedio de 0,57 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Acosta *et al.* (2002) en Playa Güiría no detectaron a dicho metal; y Alarcón (2003) reportó un promedio de 2,07 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en la Bahía de Puerto Montt.

PRINCIPALES ASOCIACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y LOS METALES

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. En general, una alta correlación entre elementos indica que éstos tienen orígenes similares y poseen una conducta química análoga. Usando un sistema de análisis estadístico multivariante, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para establecer los grados de asociación existentes entre las diferentes variables analizadas en los sedimentos superficiales de la Península de Araya (tabla 5).

El porcentaje de humedad en los sedimentos superficiales de la Península de Araya, obtuvo en el análisis de correlación once relaciones positivas con la MO, el NT y PT, así como con seis de los metales totales (Cu, Ni, Cr, Fe, Mn y Zn) y con dos metales biodisponibles (Fe y Mn).

En cuanto a las variables granulométricas la grava y arena presentaron asociación positiva con los carbonatos, mientras que los limos y arcillas presentaron asociación negativa con este mismo parámetro; las arenas, limos y arcillas presentaron correlaciones positivas con el PT, mientras que ocurrió todo lo opuesto con las gravas; esta última presentó asociación positiva con los metales biodisponibles (Cu y Ni) y totales (Cd y Pb), mientras que tuvo correlaciones negativas para estos mismos metales los limos y arcillas; sin embargo, las arenas solo presentaron asociación positiva con los metales Cu y Ni biodisponibles.

Mujica (2010) indicó que mientras aumenta el porcentaje de arena disminuye el porcentaje de MO, carbono orgánico, limo, arcilla y las concentraciones de todos los metales analizados en los sedimentos superficiales de la cuenca de Cariaco, así como otros estudios señalan que el tamaño del grano y los contenidos de materia orgánica de

origen marino, terrestre y antrópico constituyen los principales factores de control de la distribución de los elementos metálicos en los sedimentos de ambientes acuáticos (Rubio *et al.*, 2000; Rivaro *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2006; Frankowsky *et al.*, 2008); sin embargo, en esta investigación no ocurrió de esta manera, concordando esto a lo reportado por Tessier *et al.* (1982) y Otero *et al.* (2013) que las concentraciones de los metales traza no siempre incrementan cuando disminuye el tamaño del grano.

La MO presentó correlación positiva con los nutrientes (nitrógeno y fósforo total), así como con la humedad y cuatro de los metales totales (Cu, Ni, Cr y Mn). 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 Palanques y Díaz (1994), entre otros. Rubio *et al.* (2000) señalan que existe una clara dependencia de los niveles de metales con respecto al contenido de materia orgánica en los sedimentos de la Ría de Vigo.

Los CaCO_3 tuvieron correlación positiva con el pH, grava, los metales Cu, Ni y Cd biodisponibles y Cd y Pb total, así como presentó asociaciones negativas con los nutrientes (N y P total) y las variables granulométricas exceptuando a las gravas. Rubio *et al.* (2000) reportan una correlación del cadmio con los carbonatos y sugieren que existe una preferencia de este metal con este parámetro, lo que es un índice de descargas antrópicas; y así como reportó Fermín (2002), en este trabajo pudiese ser aplicado también a los metales Cu, Pb y Ni, que mostraron cierto porcentaje asociado a los carbonatos. Así mismo, la alta asociación de los carbonatos con el Cd está basada en la teoría de absorción competitiva de este metal con el Ca, presentándose en los sedimentos en su forma más estable de CdCO_3 ; en cuanto al Cu y el Pb estos metales tienen una gran capacidad de formación de complejos orgánicos, siendo la del Pb menor a la del Cu pero mayor a la del Cd, y entre sus formas termodinámicamente estables está $\text{Pb}_2(\text{CO}_3)\text{Cl}_{2(c)}$ en sedimentos óxicos y subóxicos (Sadiq, 1992; Salazar y Reyes, 2000).

El NT presentó asociaciones positivas con el porcentaje de humedad, MO, temperatura y PT, con los metales totales Fe y Cu así como con Mn B; y correlaciones

negativas con los carbonatos, el Cu y Pb biodisponibles y con el Ni T. Por otra parte, el PT presenta correlaciones positivas con las variables granulométricas exceptuando las gravas, con el porcentaje de humedad, MO y con el NT; presentando así mismo asociaciones negativas con pH, los carbonatos, grava, los metales biodisponibles (Cu, Ni y Pb) y totales (Cd y Pb), aportando en esta investigación que los nutrientes y los metales Cu, Ni, Cd y Pb tienen fuentes de entrada distintas, así como también podría entenderse que tienen un factor diluyente; ciertos autores señalan que los metales pesados suelen presentar una estrecha relación con los elementos nutritivos en el sistema acuático, especialmente aquellos metales que son utilizados en pequeñas concentraciones por los organismos vivos como son el cobre, el níquel, el cadmio y el hierro, lo que indica que su participación en los procesos biológicos se realiza de una manera similar a la de los nutrientes (Ahumada, 1994; Fermín, 2002).

El Ni T presentó asociación positiva con los porcentajes de humedad y MO, los metales Cu T, Ni B, Cd T y B, Pb T, Cr T, Fe T y B, Mn T y B y Zn T y B, así como presentó correlación negativa con el NT. Por otra parte el Ni B tuvo correlaciones positivas con los carbonatos, grava, los metales Cu B, Ni T, Cd T y B, Pb T y Mn B; presentando también asociaciones negativas con PT, arenas, limos y arcillas. Estos metales forman parte de la MO igualmente acumulada en este tipo de sedimento (Bonilla y Lin, 1979) y pueden ser removidos cuando esta se degrada, o estar adsorbidos en dichas partículas o han coprecipitado con los óxidos de hierro y manganeso coloidales que se producen en el agua de mar para formar parte de los sedimentos superficiales (Martínez, 2002; Márquez *et al.*, 2005).

El Cu T presenta correlaciones positivas con el NT, porcentaje de MO y humedad, con los metales Ni T, Cd B, Cr T, Fe T y B, Mn T y B y Zn T y B; sin embargo, el Cu B tuvo asociaciones positivas con pH, carbonatos, grava, los metales Ni B, Cd T y B, Pb T y B y correlaciones negativas con los nutrientes (NT y PT) y los componentes granulométricos restantes (arena, limos y arcilla).

El Fe T presenta correlación positiva con el NT, el porcentaje de humedad, los metales totales (Cu, Ni, Cr y Zn) y biodisponibles (Mn y Zn) así como asociación negativa con el pH. Por otra parte, el Fe B tiene asociaciones positivas con el porcentaje

de humedad, los metales totales (Cu, Ni, Cr y Zn) y Mn B y asociaciones negativas con temperatura y Cd T. Rubio *et al.* (2000) afirman que la correlación de los metales con el Fe debe ser el comportamiento esperado en condiciones naturales (no con 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 Fe con cualquier otro metal formará una tendencia lineal, lo contrario podría ser significativo de una contaminación de tipo antrópico; dando a demostrar en esta investigación que el Cd y Pb no tienen asociación positiva con el Fe y de allí su origen común y externo.

El Mn T tuvo correlaciones positivas con el porcentaje de MO y humedad, los metales Cu, Ni y Cr totales así como con el Mn B y este último, presenta correlaciones positivas con el NT, porcentaje de humedad, Cu y Zn T, Ni T y B, Fe T y B, y Pb B. Algunos autores indican que es muy frecuente encontrar correlación entre varios metales y a su vez con el Fe y Mn, sugiriendo una misma fuente y sistema de transporte, así como su adsorción en los oxihidróxidos de Fe y Mn (Rubio *et al.*, 2001) y estos afirman que el contenido de metales trazas y su correlación con otros parámetros en diferentes ecosistemas costeros exhiben un amplio rango que es reflejo de las condiciones locales, determinada principalmente por los aportes o procesos de remoción que se presentan en cada zona.

En la figura 19 y tabla 6 se muestran el análisis de componentes principales entre las variables fisicoquímicas y los metales, denotándose que los tres primeros componentes explican el 58,06% de las diferentes variables estudiadas en el sedimento superficial de la Península de Araya; el primer componente es el de mayor varianza con 25,40%, asociando a las variables sedimentológicas y granulométricas (textura, pH, MO, carbonatos) con la biodisponibilidad de los metales; en el segundo componente con una varianza de 24,20% asocia principalmente a la temperatura (variable hidrográfica) y en el tercer componente con una varianza de 8,47% se asocian principalmente los metales y su biodisponibilidad.

Rubio *et al.*, (2000) afirman que la concentración de metales trazas, y su correlación con otros parámetros en diferentes ecosistemas costeros exhiben un amplio rango que es el reflejo de las condiciones locales, determinado principalmente por los

aportes o procesos de remoción que se presentan en cada zona, y por esa razón es muy difícil la comparación entre diferentes ecosistemas, y es preferible realizar comparaciones con registros históricos de la misma zona estudiada, en caso de contar con ellos; por esta razón, se dificulta la posibilidad de concluir sobre la existencia o no, de intervención o modificación en un área determinada, sin embargo, a lo largo de esta investigación se han expuesto las concentraciones de metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya, que en el caso de las estaciones ubicadas en el Golfo de Cariaco concuerdan y reafirman datos aportados por otros autores, así como en el caso de los metales que dan indicios de alteración del medio (Cd y Pb) por las actividades antrópicas se puede observar que muchas de las concentraciones tienden a incrementar o como en el caso particular del Zn que existe una remoción del mismo posiblemente por la hidrogenoquímica del medio; y hacia el norte de la Península, los datos aquí reportados es un nuevo aporte para la zona, aun cuando en zonas aledañas la alteración por estos mismos metales no se hayan demostrado.

Tabla 5. Correlación de las variables fisicoquímicas y los metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya

	T°C	pH	MO	CaCO ₃	NT	PT	hum	grava	arena	limos	arcilla	Cu T	Ni T	Ni B	Cd T	Cd B	Pb T	Pb B	Cr T	Cr B	Fe T	Fe B	Mn T	Mn B	Zn T	Zn B	
pH	ns																										
MO	ns	ns																									
CaCO ₃	ns	0,33*	ns																								
NT	0,32*	ns	0,43*	-0,37*																							
PT	ns	-0,38*	0,34*	-0,64*	0,55*																						
hum	ns	ns	0,55*	ns	0,67*	0,50*																					
grava	ns	ns	ns	0,39*	ns	-0,53*	ns																				
arena	ns	ns	ns	-0,35*	ns	0,48*	ns	-0,99*																			
limos	ns	-0,32*	ns	-0,49*	ns	0,67*	ns	-0,31*	ns																		
arcilla	ns	ns	ns	-0,50*	ns	0,54*	ns	ns	ns	0,93*																	
Cu T	ns	ns	0,37*	ns	0,32*	ns	0,63*	ns	ns	ns																	
Cu B	ns	0,34*	ns	0,83*	-0,39*	-0,68*	ns	0,52*	-0,48*	-0,54*	-0,54*	ns															
Ni T	ns	ns	0,31*	ns	-0,32*	ns	0,69*	ns	ns	ns	0,88*	ns															
Ni B	ns	ns	ns	0,71*	ns	-0,48*	ns	0,46*	-0,43*	-0,41*	-0,41*	ns	0,90*	0,38*													
Cd T	ns	ns	ns	0,66*	ns	-0,42*	ns	0,30*	ns	-0,42*	-0,41*	ns	0,65*	0,44*	0,61*												
Cd B	ns	ns	ns	0,56*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,35*	ns	0,61*	0,50*	0,70*	0,82*											
Pb T	ns	ns	ns	0,63*	ns	-0,36*	ns	0,30*	ns	-0,36*	-0,36*	ns	0,63*	0,36*	0,63*	0,65*	0,69*										
Pb B	-0,45*	ns	ns	ns	-0,30*	-0,35*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,36*	ns	ns	ns	ns	ns									
Cr T	ns	-0,38*	0,38*	ns	ns	0,70*	ns	ns	ns	ns	0,65*	ns	0,79*	ns	ns	0,42*	0,35*	ns									
Cr B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,43*								
Fe T	ns	-0,40*	ns	ns	0,34*	ns	0,51*	ns	ns	ns	0,78*	ns	0,69*	ns	ns	ns	ns	ns	0,60*	ns							
Fe B	-0,46*	ns	ns	ns	ns	ns	0,31*	ns	ns	ns	0,34*	ns	0,30*	ns	-0,31*	ns	ns	ns	0,33*	ns	ns						
Mn T	ns	ns	0,47*	ns	ns	ns	0,51*	ns	ns	ns	0,38*	ns	0,51*	ns	ns	ns	ns	ns	0,44*	ns	ns						
Mn B	ns	ns	ns	ns	0,36*	ns	0,50*	ns	ns	ns	0,46*	ns	0,65*	0,39*	ns	ns	ns	ns	0,52*	ns	0,52*	0,43*	0,45*				
Zn T	-0,36*	ns	ns	ns	ns	ns	0,46*	ns	ns	ns	0,83*	ns	0,71*	ns	ns	ns	ns	ns	0,55*	ns	0,67*	0,37*	ns	0,40*			
Zn B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,60*	ns	0,40*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,59*	ns	ns	0,60*			

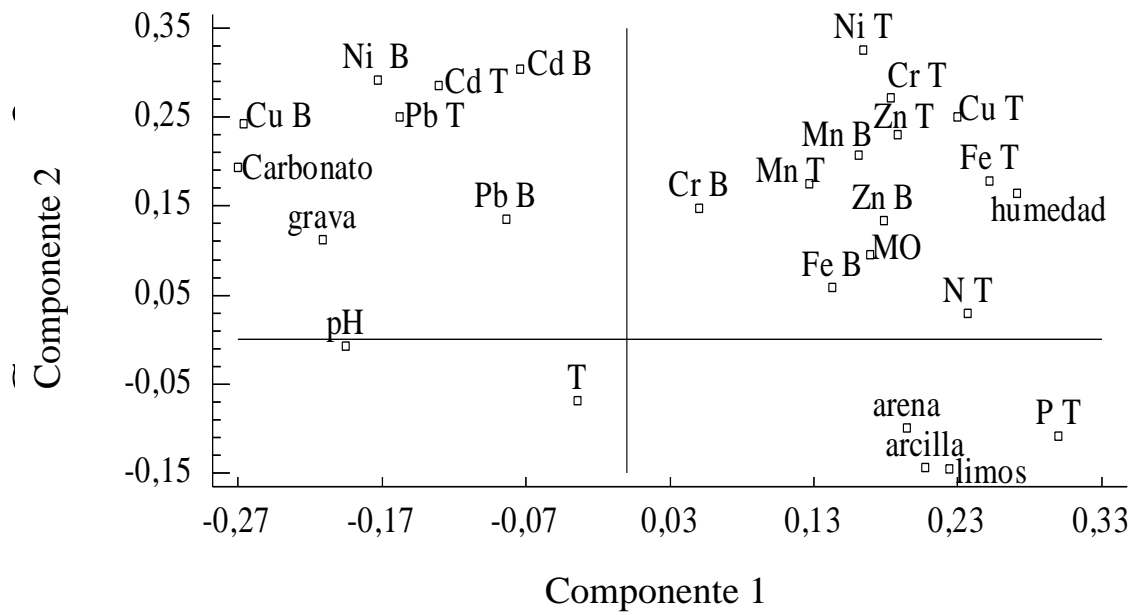


Figura 19. Representación gráfica de los componentes principales entre las variables fisicoquímicas y los metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya

Tabla 6. Componentes principales entre las variables fisicoquímicas y los metales totales y biodisponibles en los sedimentos superficiales de la Península de Araya

	COMPONENTES		
	1	2	3
T	-0,03	-0,07	-0,54
pH	-0,19	-0,01	0,14
MO	0,17	0,1	-0,18
Carbonatos	-0,27	0,19	-0,08
NT	0,24	0,03	-0,3
PT	0,3	-0,11	-0,12
Humedad	0,27	0,16	-0,16
Grava	-0,21	0,11	0,07
Arena	0,19	-0,1	-0,08
Limos	0,22	-0,15	0,07
Arcilla	0,21	-0,14	0,11
Cu T	0,23	0,25	0,13
Cu B	-0,27	0,24	0,03
Ni T	0,16	0,33	0,02
Ni B	-0,17	0,29	-0,02
Cd T	-0,13	0,29	-0,19
Cd B	-0,07	0,3	-0,18
Pb T	-0,16	0,25	-0,05
Pb B	-0,08	0,14	0,37
Cr T	0,18	0,27	-0,06
Cr B	0,05	0,15	-0,17
Fe T	0,25	0,18	0,06
Fe B	0,14	0,06	0,37
Mn T	0,13	0,18	-0,08
Mn B	0,16	0,21	0,03
Zn T	0,19	0,23	0,24
Zn B	0,18	0,13	0,15
% VE	25,40	24,20	8,47
% VA	25,40	49,59	58,06
% VE= Porcentaje de variable explicativa			
% VA= Porcentaje de variable acumulada			

CONCLUSIONES

La textura del sedimento en la Península de Araya son de naturaleza arenosa y los porcentajes de MO se encuentran dentro de los niveles normales.

Las altas concentraciones de NT y PT en los sedimentos superficiales de la Península de Araya son características de la alta productividad de la zona.

Los metales Cd T y B, Cu y Ni B, así como el Pb T presentaron una fuerte asociación positiva con los carbonatos y las gravas, siendo el comportamiento termodinámicamente más estable esperado; en cuanto al Cd, por su poder competitivo con el Ca y en cuanto al Pb y Cu por su alta capacidad de formación de complejos orgánicos; mientras que el Pb B presentó asociaciones negativas con los nutrientes (N y P total).

La asociación negativa del Fe con los metales Cd y Pb en los sedimentos superficiales de la Península de Araya podría sugerir que estos últimos tienen origen antrópico.

El sedimento superficial de la Península de Araya presenta contaminación principalmente por Cd en casi todas las localidades, excepto Guayacán y Guamache; y por Pb en las estaciones de Manicuare y Los Cachicatos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V.; Lodeiros, C.; Senior W. Martínez, G. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 27: 686-690.
- Acosta, V. y Lodeiros, C. 2004. Metales pesados en la almeja *Tivela mactroides* Born 1778 (Bivalvia: Veneridae) en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela. *Ciencias Marina*, 30: 323-333.
- Aguado, B. 2012. Especiación de metales pesados en sedimentos superficiales del sector central del Golfo, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, 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. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 29: 77-87.
- Ahumada, R. y Contreras, S. 1999. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en sedimentos de los fiordos y canales adyacentes a campos de Hielo Sur. *Ciencia y Tecnología del mar*, 22: 47-58.
- Ahumada, R.; Rudolph, A. y Contreras, S. 2002. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los sedimentos marinos de la región patagónica (52°-56° S), Chile. *Ciencia y Tecnología del mar*, 25: 77-86.
- Ahumada, R.; González, E. y Neira, J. 2004. Especiación de zinc en sedimentos marinos del fiordo Aysén. *Investigaciones Marinas*, 32(1): 3-10.
- Alarcon, S. 2003. Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la Bahía de Puerto Montt, año 2002. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.

- Aparicio, R. 2003. Medio ambiente físico y biológico. En: *La sardina (Sardinella aurita) , su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela*. Pierre Fréon y Jeremy Mendoza (eds). IRD Editions. Págs. 171-206.
- Aparicio, R. y Contreras R. 2003. Indices de surgencia costera inducida por el viento para la región nororiental de Venezuela. En: *La sardina (Sardinella aurita) , su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela*. Pierre Fréon y Jeremy Mendoza (eds). IRD Editions. Págs. 207-232.
- Aranda, S. 1999. Condiciones Geoquímicas de los Sedimentos Superficiales de La Ensenada Grande del Obispo. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Araujo, R.; Shimizu, G.; Bohrer, M. y Jardim, W. 2006. Avaliação da qualidade de sedimentos En: *Ecotoxicología Acuática Principios e Aplicações*. Zagatto, P. y Bertolletti (eds). RiMa Editora. São Carlos, SP. Págs. 293-326.
- Barceló, A.; Lemus, M. e Izaguirre, E. 2008. Parámetros geoquímicos en sedimentos superficiales de la región marino-costera de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 47(1): 33-40.
- Bonells, P.; Okuda, T.; Bonilla, J. Gamboa B. y Cedeño, G. 1990. Algunas características hidrográficas en la región circunvecina a la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 29(1 y 2): 27-41.
- Bonilla, J. 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 18(1 y 2): 133-155.
- Bonilla, J.; Aranda, S., Ramírez, C.; Moya, J. y Márquez, A. 2003a. 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.; Moya, J. y Quintero, A. 2003b. Contenido orgánico y parámetros reductores de sedimentos del Archipiélago los Roques, Venezuela, *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 42(1 y 2): 47-63.
- Bonilla, J. y Lin, A. 1979. Materia Orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 18(1-2): 37-52.

- Bouyoucos, G. 1962. Hidrometer method improved for making particule size analyses in soils. *Agronomy Journal*, 544: 464-465.
- Briceño, R. 2000. Abundancia, distribución y composición del ictioplancton del Sudoeste del Estado Nueva Esparta, Venezuela. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Brito, A. 1999. Composición y abundancia de las larvas de peces del canal de entrada de la Laguna de la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela, durante el período comprendido entre enero y junio de 1995. Trabajo de Grado. Departamento de Acuicultura, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Buratini, S. y Brandeli, A. 2006. Bioacumulação En: *Ecotoxicología Acuática Principios e Aplicações*. Zagatto, P. y Bertolotti (eds). RiMa Editora. São Carlos, SP. Págs. 55-88.
- Cacador, I.; Vale, C. y Catarino, F. 1996. Accumulation of Zn, Pb, Cu, Cr and Ni in sediments between roots of the Tagus Estuary Salt Marshes, Portugal. *Estuarine Coast and Shelf Science*, 42: 393-403.
- Caraballo, L. 1982. El Golfo de Cariaco. Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 21(1-2): 37-65.
- Castañeda J. 2006. Hidrografía y aspectos dinámicos de la plataforma norte de la Península de Paria, durante 2005. Trabajo de investigación para ascender a Profesor Asociado. Universidad de Oriente, Venezuela.
- Castellanos, P.; Varela, R. y Muller-Karger, F. 2002. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Memorias de la Sociedad Científica La Salle*, 154: 55-76.
- Castillo, I., Acosta, V., Martínez, G., 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 (Venezuela)*, 23(2): 141-154.
- 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.

- Contreras, F. 1994. *Manual de Técnicas Hidrobiológicas*. Editorial Trillas, S.A. México.
- David, J. y Phillips, H. 1995. The Chemistry and environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. *Marine Pollution*. 31(12): 4-12.
- De La Lanza, G. 1980. Materia orgánica en una laguna de la costa de Sinaloa, México (I): cuantificación total. *Boletín del Instituto Oceanográfico, Sao Paulo*, 29(2): 217-222.
- De La Lanza, G. 1994. Química de las lagunas costeras y el litoral mexicano. En *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. De La Lanza, G. y Cáceres (eds). Publicación de la Universidad Autónoma de Baja California. Págs. 127-198.
- Duursma, E. y Dawson, R. 1981. *Marine Organic Chemistry. Evolution, composition and chemistry of organic matter in seawater*. Elsevier Oceanography Series, 31. Amsterdam, Holanda. Págs. 521.
- Fergusson, J. 1990. The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press. Oxford. Págs. 614.
- Fermín, I. 2002. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales de la laguna de Unare, Edo. Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de grado, maestría de ciencias marinas. Postgrado en Ciencias Marinas. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Frankowski, M.; Ziola, A.; Siepak, M. y Siepak, J. 2008. Analysis of heavy metals in particular granulometric fractions of bottom sediments in the Mala Welna River (Poland). *Polish Journal of Environmental Study*, 17: 343-350.
- Fuentes, M.V. 1998. Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado-MSc. Ciencias Marinas. Postgrado en Ciencias Marinas. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Fuentes, M.V.; Bonilla J. y Fermín, J. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata. *Boletín del Instituto Oceanográfico Venezuela*, 36(1&2): 69-79.
- Fuentes, M.V.; Rojas de Astudillo, L.; Díaz, A. y Martínez, G. 2010. Distribución de metales pesados en los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 58(3): 129-140.

- Gade, H. 1961. Further hydrographic observations in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulations and water exchange. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 1(2):356-395.
- Gerlach, S. 1981. *Marine Pollution. Diagnosis and Therapy*. Springer Verlag, Berlín.
- Gómez, A. y Azevedo, D. 2003. Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in Tropical Recent Sediments of Campos de Goytacazes, RJ, Brazil. *Journal Brazil Chemical Society* 14 (3): 358-368.
- Gómez, A. y Chanut, J. 1993. Hidrografía, producción y abundancia planctónica al sur de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico*, 32 (1 y 2): 27-44.
- González, E.; Retamal, M.; Medina, V. y Ahumada, R. 2009. Enriquecimiento, disponibilidad y contaminación de metales traza (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos de lagunas urbanas de Concepción-Chile. *Química Nova*, 32: 902-907.
- Guillot, L. 2008. Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del golfo de paria y costa atlántica venezolana. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Guiñez, M.; Valdés, J. y Siffedine, A. 2010. Variabilidad espacial y temporal de la materia orgánica sedimentaria, asociada a la zona de mínimo oxígeno (ZMO), en un ambiente costero del norte de la corriente de Humboldt, Bahía de Mejillones, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(2): 242-253.
- Hernández, D. 2013. Fraccionamiento de fósforo en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Izquierdo, C.; Usero, J. y Gracia, I. 1997. Speciation of metals in sediments from salt marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. *Marine Pollution Bulletin*, 34(2): 123-128.
- Jara, B. y Salamanca, M. 2003. Disponibilidad de cobre en aguas de Bahía Coliumo. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar*, 26(1): 33-44.

- Marín, B.; Quintero, A.; Bussiere, D. y Dodson, J. 2003. Reproduction and recruitment of White mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fishery Bulletin*, 101(4): 809-821.
- 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 Oceanográfico de Venezuela*, 44(2): 89-103.
- Martín, A.; Malavé, L.; Sánchez, D.; Aparicio, R.; Arocha, F.; Bone, D.; Bolaños, J.A.; Bolaños-Jiménez, J.; Castañeda, J.; Cárdenas, J.J.; Carbonini, A.K.; Díaz, Y.J.; Guada, H.J.; Klein, E.; Lazo, R.; Lemus, A.; Lentino, M.; Lira, C.; Lodeiros, C.; López, R.; Marín, B.; Martínez, G.; Márquez, B.; Márquez, A. Molinet, R.; Morales, F.; Posada, J.; Prieto, A.; Riera, A.; Rodríguez, C.T.; Ramírez, A.; Senior, W.; Solana, P.; Severeyn, H.; Spiniello, P.; Valera, E.; Yanes, C. y Zoppi, E. 2007. *Línea Base Ambiental Plataforma Deltana*. Martín, A. y Bone, D. (eds.). Petróleos de Venezuela, S. A. - Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. Págs. 176.
- Martín, J.; Guan, D.; Elbaz-Poulichet, F.; Thomas, A. y Gordev, V. 1993. Preliminary assessment of the distribution of some trace elements (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn) in a pristine aquatic environment in the Lena river estuary (Russia). *Marine Chemistry*. 43:185-199.
- Martínez, G. 1999. Especiación de metales pesados en la cuenca baja y pluma del río Manzanares, Edo. Sucre, Venezuela. Tesis de Postgrado en Ciencias Marinas, mención Oceanografía Química. Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente.
- Martínez, G. 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfode Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 41(1 y 2): 83-96.
- Miloslavich, P.; Klein,E.; Martin, A.; Bastidas, C.; Marin, B. y Spiniello, P. 2005. Chapter 1.7, Venezuela. En: *Caribbean Marine Biodiversity, the Known and the Unknown*. Miloslavich, P. y Klein, E. (eds). DEStech Publications, Inc. Lancaster, Pennsylvania, USA. Págs. 109-136.
- Moore, J. y Ramammorthy, S. 1984. *Heavy metals in natural Waters*. Springer-Verlog, New York.

- Mozeto, A. y Zagatto, P. 2006. Introdução de agentes químicos no ambiente En: *Ecotoxicologia Aquática Principios e Aplicações*. Zagatto, P. y Bertoletti (eds). RiMa Editora. São Carlos, SP. Págs. 16-38.
- Mucci, A.; Sundbury, B.; Gehlen, M.; Arakaki, T.; Zhong, S. y Silverberg, N. 2000. The fate of carbon in continental shelf sediments of eastern Canada: a case study. *Deep Sea Research II* 47: 733 – 760.
- Mujica, L. 2010. Fraccionamiento geoquímico de metales pesados en sedimentos superficiales de la periferia de la cuenca de Cariaco, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Murphy, J. y Riley, J. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 12: 162-170.
- Otero, X.; Huerta-Díaz, M.; De La Peña, S. y Ferreira, T. 2013. Sand as a relevant fraction in geochemical studies in intertidal environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(4): 17-34.
- Páez-Osuna, F.; Izaguirre G. y Osuna J. 1992. Carbono y fósforo en sedimentos de un sistema lagunar asociado a una cuenca de drenaje agrícola. *Anal Instituto de Ciencias Marinas y limnología*. Universidad Autónoma de México.
- Palanques, A. y Díaz, J. 1994. Anthropogenic heavy metals pollution in the sediment of the Barcelona Continental Shelf (Northwestern Mediterranean). *Marine Environmental Research*, 38: 17-31.
- Pérez, M.; Martínez, G. y Fermín, I. 2006. Biodisponibilidad de metales traza en sedimentos superficiales del ecosistema lagunar costero Bocaripo-Chacopata (Península de Araya, Estado Sucre). *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 45(2): 81-91.
- Pirela-Ochoa, E.; Troccoli, L. y Hernández-Ávila, I. 2008. Hidrografía y cambios en la comunidad del microfitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua. Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 47(1): 3-15
- Primo, E. y Carrasco, J. 1973. *Química agrícola I. Suelos y fertilizantes*. Editorial Alhambra, S.A. Madrid, España. 250 pp.

- Quintero, A.; Caraballo, L.; Bonilla, J.; Terejova, G. y Rivadula, R. 2006. Sedimentos marino-costeros del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 45(2): 127-139.
- Quintero, A. y Lodeiros, C. 1996. Variaciones térmicas del agua de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 35: 27-40.
- Ramírez, C. 1999. Geoquímica de los sedimentos recolectados en trampas ubicadas en Punta Arena, Golfo de Cariaco, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Rivaró, P.; Ianni, C.; Massolo, S.; Ruggieri, S. y Frache, R. 2004. Heavy metals in Albanian coastal sediments. *Toxicology and Environmental Chemistry*, 86: 85-97.
- Rivero, D. 2012. Geoquímica de carbono, nitrógeno y fósforo en sedimentos superficiales del litoral costero de Río Caribe, estado Sucre. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Rivas-Rojas, T.; Díaz, J.; Troccoli, L.; Charzeddine, L.; Subero, S. y Márquez, A. 2007. Variación diaria de algunas variables físico-químicas y de la biomasa del fitoplancton en una Playa Tropical, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 46(1): 13-21.
- Rojas de As, Chang I, Agard J, Bekele I, Hubbard R. 2002. Heavy metal in green mussel (*Perna viridis*) and the oyster (*Crassostrea* sp) from Trinidad and Venezuela. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 410-415.
- Rosas, H. 2001. Estudio de contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Trabajo de Grado. Universidad Politécnica de Manresa. España.
- Roux, L.; Le Roux, S y Appriou, P. 1998. Behavior and speciation of metallic species Cu, Cd, Mn and Fe during estuarine mixing. *Marine Pollution Bulletin*, 36(1): 56-64.
- Rubio, B.; Nombela, M. y Vilas, F. 2000. La contaminación por metales pesados en las Rías Baixas gallegas: nuevos valores de fondo para la Ría de Vigo (NO de España). 2000. *Journal of Iberian Geology*, 26: 121-146.

- Rubio, B.; Pye, K.; Rae, J. y Rey, D. 2001. Sedimentological characteristics, heavy metal distribution and magnetic properties in subtidal sediments, Ría de Pontevedra, NW Spain. *Sedimentology*, 48: 1-20.
- Sadiq, M. 1992. *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Salazar, R. y Reyes, R. 2000. Efectos tóxicos y mecanismos de tolerancia al cadmio en los seres vivos. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 4: 17-22.
- Shepard, F. 1954. Nomenclature based on the sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology* 24 (3):151-158.
- Silva, N. 2006. *Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos*. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Souto, X.; Méndez, G.; Collazo, C.; Ferrero, F. y López, E. 1999. *Atlas básico de Vigo e a súa área*. Instituto de Estudios Vigueses, Edicións Xerais de Galicia. Galicia.
- Tessier, A.; Campbell, P.; y Bisson, M. 1982. Particulate trace metal speciation in stream sediments and relationships with grain size: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 16: 77-104.
- Tokalioglu, S.; artal, S. y Elci, L. 2000. Determination of heavy metals and their speciation in lake sediments by flame atomic absorption spectrometry after a four-stage sequential extraction procedure. *Analytica Chimica Acta*, 413: 23-40.
- Treguer, P. y Le Corre, P. 1975. *Manual d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer*. Utilization l'autoanalyser II. Techicon. LOC-UBC. 2ed.
- Valderrama, J. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*., 10: 109-122.
- Valentine, J. 1996. Aguas de surgencia. *Ciencia Hoy*, 6(34): 3-28.
- Varela, R. ; Carvajal, F. y Müller-Karger, F. 2003. El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela. En: *La sardina (Sardinella aurita), su medio*

ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela. Pierre Fréon y Jeremy Mendoza (eds). IRD Editions. Págs. 263-294.

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.

Vijayavel, K. 2010. Water chemistry influences the toxicity of silver to the green-lipped mussel *Perna viridis*. *Environmental Monitoring Assessment*, 167: 289-295.

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

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.

Zagatto, P. 2006. Ecotoxicología. En: *Ecotoxicología Aquática Principios e Aplicações*. Zagatto, P. y Bertolotti (eds). RiMa Editora. São Carlos, SP. Págs. 1-13.

HOJAS DE METADATOS

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

Título	Variaciones Temporales y Espaciales Entre los Niveles de Metales Totales y Biodisponibles y los Parámetros Físicoquímicos en Sedimentos Superficiales de la Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Liscano C. Ahieska A.	CVLAC	15 290 905
	e-mail	aye27le@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

metales, Península de Araya, granulometría, sedimento superficial

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Postgrado en Biología Aplicada
	Mención Ecotoxicología

Resumen (abstract):

Los metales pesados aún en pequeñas concentraciones pueden ser tóxicos para los organismos y su disponibilidad depende de la especie química en la que estos se encuentren, así como de ciertos factores fisicoquímicos; de allí que en este trabajo se evaluó las variaciones temporales y espaciales de metales totales y biodisponibles y parámetros fisicoquímicos en los sedimentos superficiales de la Península de Araya. Se colectaron sedimentos superficiales en las localidades de Chacopata, Guayacán, Caimancito, Guamache, Punta Araya, Manicuare, Los Cachicatos y Guacarapo durante los meses de octubre (2011), diciembre (2011) y marzo (2012). La granulometría se realizó con sedimentos secos y tamizados en un Ro-Tap mecánico clasificándolos según la escala de Wentworth; el contenido de materia orgánica se realizó por pérdida de peso; los equivalentes de carbonatos (CaCO_3) fueron obtenidos por titulación con solución de NaOH estandarizado; el nitrógeno y fósforo total se realizaron por oxidación simultánea a nitrato y fosfato, respectivamente, el primero se determinó por un sistema de autoanizador y el segundo por el método de Murphy. Para la extracción de los metales totales (Fe T, Mn T, Ni T, Cu T, Zn T, Cd T, Cr T y Pb T) y biodisponibles (Fe B, Mn B, Ni B, Cu B, Zn B, Cd B, Cr B y Pb B) el sedimento total seco se digirió con una mezcla regia (ácido nítrico, ácido clorhídrico y ácido perclórico) y ácido acético 10%, respectivamente, determinados mediante la utilización de un espectrómetro de absorción atómica; para determinar si existen o no diferencias espaciales y temporales se aplicó un análisis de Kruskal Wallis y para la determinación de asociación entre las distintas variables se realizó un análisis de correlación de Pearson y componentes principales. La distribución de los parámetros fisicoquímicos en el tiempo no presentaron diferencias significativas salvo para la temperatura y nitrógeno total, demarcándose el período estacional de muestreo; sin embargo, solo se encontraron diferencias significativas entre estaciones en el porcentaje de humedad, carbonatos y de fósforo total, acentuando la individualidad y características propias de cada localidad. El comportamiento de los metales en el tiempo fue bastante homogéneo, a excepción del Fe B. Se observaron diferencias significativas en los metales entre estaciones salvo para Fe T y B, Cr T y B y Pb B. Las concentraciones de metales totales arrojaron un promedio de Fe ($2820,36 \mu\text{g.g}^{-1}$), Mn ($14,04 \mu\text{g.g}^{-1}$), Ni ($8,01 \mu\text{g.g}^{-1}$), Cu ($3,25 \mu\text{g.g}^{-1}$), Zn ($41,06 \mu\text{g.g}^{-1}$), Cd ($1,66 \mu\text{g.g}^{-1}$), Cr ($10,08 \mu\text{g.g}^{-1}$), Pb ($14,97 \mu\text{g.g}^{-1}$). En el contenido de metales biodisponibles determinados se obtuvieron promedios de Fe ($234,60 \mu\text{g.g}^{-1}$), Mn ($8,93 \mu\text{g.g}^{-1}$), Ni ($5,43 \mu\text{g.g}^{-1}$), Cu ($1,54 \mu\text{g.g}^{-1}$), Zn ($5,04 \mu\text{g.g}^{-1}$), Cd ($1,25 \mu\text{g.g}^{-1}$), Cr ($4,49 \mu\text{g.g}^{-1}$), Pb ($4,83 \mu\text{g.g}^{-1}$), mostrándose contaminación principalmente por Cd en todas las estaciones y Pb en las localidades de Manicuare y Los Cachicatos ($8,80 \mu\text{g.g}^{-1}$ y $8,10 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente) de acuerdo a lo establecido para sedimentos marinos no contaminados.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Lemus, Mairin	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	6 429 405
	e-mail	mlemus88@gmail.com
	e-mail	
López, Fabiola	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	11 179 940
	e-mail	fametal@gmail.com
	e-mail	
Castañeda, Julián	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	5 694 047
	e-mail	jjcasta@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

Colocar fecha de discusión y aprobación:

2014	06	10
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: SPA

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
P.G-liscanoaa.doc	Application/word

Alcance:

Espacial: regional y nacional

Temporal: (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Msc. en Biología Aplicada

Nivel Asociado con el Trabajo: Msc

Área de Estudio: Biología Aplicada, Mención Ecotoxicología

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"**.

Letdo 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 *[Signature]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLAÑOS CUAPEL
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/maruja

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”.

Esta hoja tiene que estar personalizada por el autor (e)s



Liscano C. Ahieska A.
Autor



Lemus, Mairin
Asesor

Nota: Esta hoja debe ser firmada para ser anexada en el formato Digital. (Scanear)