



Vol 16. N° 2
Abril - Junio 2016

ISSN: 1317-2255 (IMPRESO)
Depósito Legal: pp 20002FA828
ISSN: 2477-9636 (ELECTRÓNICO)
Dep. legal ppi 201502ZU4642

Multiciencias

R M C_s

N_F LUZ

Universidad del Zulia
Revista Arbitrada Multidisciplinaria



LUZ Punto Fijo

Núcleo LUZ-Punto Fijo
Programa de Investigación y Postgrado
Falcón-Venezuela

Evaluación de parámetros químicos en sedimentos de la zona norte de la bahía de Amuay, Estado Falcón, Venezuela

Iván Leal, Mailyn Mavarez, Bernarda Rivas, Wilmer Barrera, Luris Loaiza, Rómulo Hernández y Raúl Chavier

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Estado Falcón. Venezuela
ialealg@gmail.com

Resumen

La Bahía de Amuay, Península de Paraguaná, es un cuerpo de agua semicerrado, en cuya costa se ubica la refinería de Amuay. Se han producido diversos episodios de contaminación por hidrocarburos de petróleo que han afectado la fauna de la bahía. En este sentido se evaluaron las concentraciones de hidrocarburos totales, aceites y grasas, fenoles y metales pesados (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) en sedimentos de la bahía. Los hidrocarburos totales y los aceites y grasas fueron determinados por gravimetría, los fenoles mediante espectrometría visible. Los metales mediante espectrometría de absorción atómica por llama. Las concentraciones de aceites y grasas en los sedimentos estuvieron comprendidas entre 94,6 y 263 mg/kg, la de los hidrocarburos entre 29 y 133 mg/kg, los fenoles entre 0,050 y 0,88 mg/kg, mientras que las de metales pesados Cd, Cr, Ni, Pb y Zn estuvieron comprendidas entre 0,25 y 3,13 mg/kg; 2,77 y 4,59 mg/kg; 3,0 y 11,6 mg/kg; 7,54 y 22,1 mg/kg; 8,11 y 62,9 mg/kg, respectivamente. Los niveles encontrados para los contaminantes orgánicos y para Cr, Ni y Zn, son bajos, indicando niveles base, moderadamente altos para Pb, cercanos al nivel de contaminación y superiores a valores para sedimentos contaminados para Cd.

Palabras clave: contaminantes orgánicos; metales; sedimentos; Amuay

Evaluation of Chemical Parameters in Sediments of the Northern Bay area of Amuay, Falcon State, Venezuela

Abstract

Amuay Bay, Paraguana Peninsula, is a semi-enclosed body of water, whose coast Amuay refinery is located. There have been several episodes of contamination by petroleum hydrocarbons that have affected the fauna of the bay. In this sense the concentrations of total hydrocarbons, oils and fats, phenols and heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) in sediments Amuay Bay were evaluated. Total hydrocarbons and oils and fats were determined by gravimetry, phenols by visible spectrometry. Metals by flame atomic absorption spectrometry. Concentrations of oils and fats in the sediments were between 94.6 and 263 mg/kg, of hydrocarbons between 29 and 133 mg/kg, phenols 0.050 and 0.88 mg/kg, while the metal heavy Cd, Cr, Ni, Pb and Zn were between 0.25 and 3.13 mg/kg; 2.77 and 4.59 mg/kg; 3.0 and 11.6 mg/kg; 7.54 and 22.1 mg/kg; 8.11 and 62.9 mg kg, Levels found for organic pollutants and for Cr, Ni and Zn, are low, indicating baseline levels, moderately high for Pb, close to the level of contamination, and higher values for contaminated sediments Cd.

Key words: organic pollutants; metals; sediments; Amuay

Introducción

La Bahía de Amuay, situada al este de la Península de Paraguaná, costa noroccidental de Venezuela, probablemente sea el ecosistema costero más conocido de la península, debido al hecho de ser un cuerpo de agua semicerrado, en cuya costa sur se ubica la refinería de Amuay, perteneciente a la empresa petrolera, PDVSA, lo cual ha generado impactos en el ambiente. La contaminación de la Bahía de Amuay producida principalmente por la actividad petrolera afecta la calidad de sus aguas, sedimentos y organismos. Los hidrocarburos y otras especies químicas provenientes de los procesos de refinación, pueden sufrir uno o varios de los procesos siguientes: disolverse en el agua en la que se dispersan rápidamente, adsorberse sobre partículas en suspensión, bioacumularse en los organismos, agruparse y precipitar para formar parte de los sedimentos [8, 9, 12,15].

En la zona norte de la bahía ha existido tradicionalmente la explotación artesanal de peces, crustáceos y moluscos, lo que constituye el sustento de los pobladores de la zona. Se han realizados diversos estudios sobre el grado de contaminación de la bahía de Amuay encontrándose concentraciones moderadas de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimentos superficiales de la zona norte de la bahía [17]. En otra investigación se examinaron las causas de un evento de mortalidad masiva

de moluscos bivalvos al norte de la bahía; los resultados permitieron concluir que la muerte de los moluscos se debió a sofocamiento e impregnación de los organismos con sedimentos finos contaminados con hidrocarburos producto de un cambio de las corrientes marinas que arrastraron sedimentos contaminados desde la zona sur hasta la norte de la bahía [16]. Se encontró bioacumulación de metales pesados e hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHS) en *Atrina rigida*, *Trachycardium isocardia* y *Chione cancellata* provenientes de la bahía de Amuay. Los resultados mostraron concentraciones moderadas para los metales estudiados mientras que las mayores concentraciones para los PAHs se encontraron en las estaciones más cercanas a la refinería [10].

El objetivo central de esta investigación fue evaluar el grado de contaminación por compuestos orgánicos (aceites, grasas, fenoles) y por metales pesados en sedimentos superficiales de la bahía de Amuay.

Materiales y Métodos

Toma de muestras.

Se seleccionaron diez puntos de muestreo (Figura 1) para el estudio de sedimentos marinos costeros en la zona norte de la bahía de Amuay, en la cual, pescadores

extraen una gran variedad de especies marinas para su sustento y venta. Se tomaron en cuenta específicamente las siguientes zonas para la recolección de muestras: La Meseta (E1), Lance Nuevo (E2), El Nócio (E3), El Muellecito (E4), la Cancha de Tiro (E5), El Rancho de Mello (E6), El Muertecito (E7), El Playón (E8), El Rincón (E9) y El Zamuro (E10). La selección de los puntos de mues-

treo se realizó considerando abarcar en su mayor extensión esta parte de la bahía; se realizaron tres muestreos en los puntos anteriormente mencionados en los meses de abril, mayo y junio del 2009; se tomaron muestras simples las cuales fueron conservadas en recipientes de plásticos y de vidrio tapados a una temperatura de -4°C .

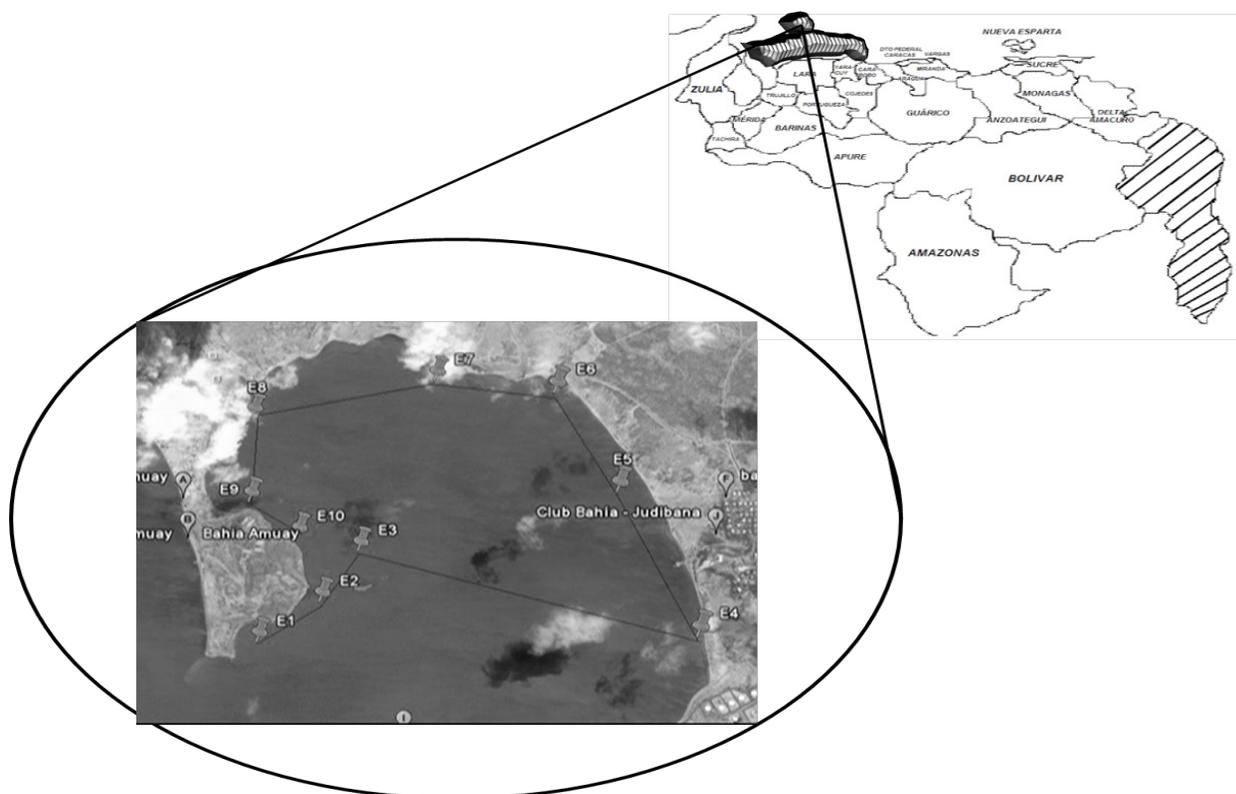


Figura 1. Zona norte de la bahía de Amuay y estaciones de muestreo de sedimentos superficiales.

Para la determinación de los parámetros se realizó un pretratamiento a cada una de las muestras, el cual consistió en una etapa previa de homogeneización con un homogenizador eléctrico, y conservadas en recipientes de plásticos y de vidrio tapados y conservadas a -4°C hasta su procesamiento para los análisis.

Determinación de aceites y grasas e hidrocarburos totales.

Aceites y grasas.

Se pesaron 50g de sedimentos en dedales de celulosa y se ubicaron en los porta muestras del equipo de extracción Soxhlet, para la extracción se usaron 180 mL

de diclorometano. La extracción continua se realizó por 18 horas. Los extractos se filtraron con sulfato de sodio anhidro para la eliminación de agua, se sometieron a evaporaron en un rotavapor hasta minimizar el volumen de solvente, posteriormente fueron transvasados a unos vasos previamente secados y pesados a temperatura ambiente. Finalmente se colocaron en una estufa a 40°C por 24h, se pesaron nuevamente y por diferencia de peso se calcularon los miligramos de aceites y grasas [2].

Hidrocarburos totales de petróleo (HTP).

Para la determinación de los hidrocarburos totales recuperables (HTP) se utilizó el remanente de aceites y grasas y se le agregó una punta de espátula de gel de sílice a cada muestra y 25 mL de diclorometano, se agi-

tó, se filtró, se trasvasó a vasos de vidrio limpios, secos y pesados previamente, se dejó evaporar a temperatura ambiente bajo la campana de extracción y luego por gravimetría se calcularon los miligramos de HTP [2].

Determinación de fenoles.

Se pesaron 50 g de sedimentos a los que se le añadieron 300 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 4,0 aproximadamente con ácido fosfórico, se ensambló un equipo de destilación por arrastre de vapor y se procedió a destilar 100 mL de la muestra; posterior a la destilación se añadieron 2,5 mL de hidróxido de amonio 0,5 M y se ajustó el pH a 7,9 con una solución tampón de fosfato, se añadió 1,0 ml de 4- aminoantipirina y 1,0 mL de ferrocianuro de potasio notando un cambio de color de amarillo intenso a una tonalidad anaranjada o color vino dependiendo de la concentración de fenol presente en cada muestra. Transcurridos 5 minutos se procedió a leer la absorbancia en el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda de 600 nm, utilizando como valor cero de la curva de calibración un blanco, previamente preparado bajo las mismas condiciones con las que fueron tratadas las muestras. Se construyó una curva de calibración a partir de patrones de diferentes concentraciones preparados con una solución estándar de fenol, a los que se añadieron los mismos reactivos que se usaron con las muestras [2].

Determinación de metales pesados

Se pesó 1 g de cada muestra en los recipientes de un horno microondas digestor Milestone, se agregaron 5 mL de ácido nítrico concentrado como reactivo de descomposición y 15mL de agua destilada, se procedió a la digestión fijando un tiempo de 18 minutos, a 130°C y con 600 W de potencia a las cuales operó el equipo. Una vez digeridas las muestras se filtraron y aforaron en balones de 25 mL. Las muestras se analizaron por triplicado.

Para la determinación de Cd, Ni, Pb, Cr y Zn en las muestras de sedimentos se utilizó la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica por Llama aire-acetileno usando un espectrómetro marca Varian.

Todos los datos se procesaron a través del programa INFOSTAT 1.1, realizando los Analysis of Variance (ANOVA) según terminología inglesa. Se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey a las medias que resultaron diferentes ($p < 0,05$), lo que permitió establecer si había diferencias significativas en las concentraciones de los diferentes parámetros fisicoquímicos evaluados entre los tres muestreos realizados y entre estaciones

Resultados y Discusión.

Contaminantes orgánicos.

En las figuras 2, 3 y 4 se muestra el patrón de distribución para las concentraciones promedio por estación correspondiente a los aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo y fenoles, respectivamente para los tres muestreos realizados. En general, los aceites y grasas y los HTP no son utilizados comúnmente como referentes de toxicidad en el agua, pero pueden resultar buenos indicadores de contaminación por hidrocarburos, ya que los sedimentos son capaces de acumular hidrocarburos y algunos preservarlos o dispersarlos después de la biodegradación de la materia orgánica por los microorganismos marinos especialmente las bacterias. Estos hidrocarburos pueden provenir de diferentes orígenes (biogénico o antropogénico intrópico) en el medio ambiente [5].

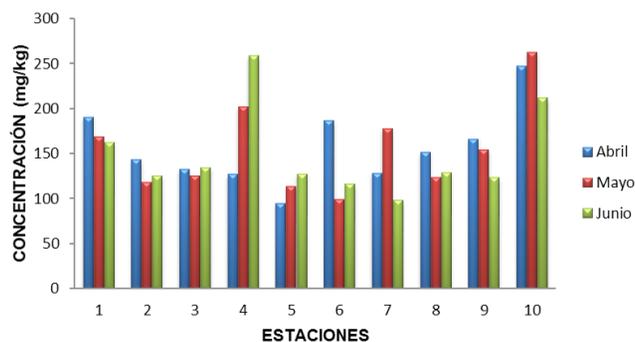


Figura 2. Concentraciones de aceites y grasas (mg/kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay.

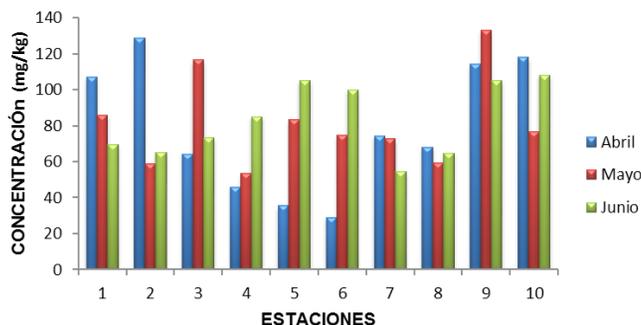


Figura 3. Concentraciones de HTP (mg/kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay.

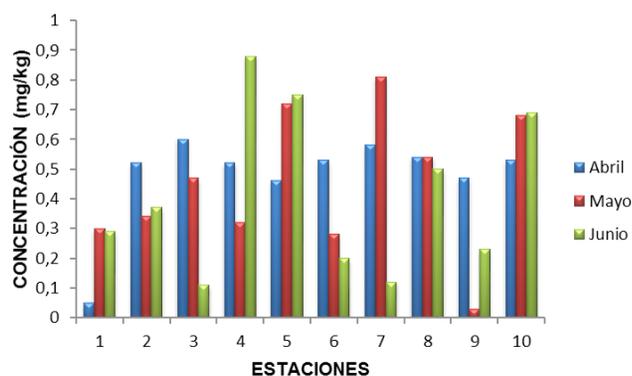


Figura 4. Concentraciones de fenoles (mg/kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay.

Los aceites y grasas reportados en este estudio incluyen y están constituidos en su mayoría por hidrocarburos de petróleo. Como se observa al comparar las figuras 2 y 3, las mayores concentraciones se encontraron para las muestras de la estación 10 para los primeros muestreos (abril y mayo) con 247 ± 6 mg/kg y 263 ± 1 mg/Kg, disminuyendo levemente en el mes de junio a 212 ± 2 mg/kg; por otra parte en las estaciones 4 y 5 se observó un ligero aumento en la concentración de aceites y grasas, al pasar del muestreo 1 al 3 en la estación 4 de 127 ± 2 a 259 ± 10 mg/Kg y en la estación 5 de $94,6 \pm 9$ a 127 ± 2 mg/Kg. Para el resto de las estaciones las concentraciones se mantuvieron en un rango casi estable sin variación significativa. El análisis de varianza entre las concentraciones de aceites y grasas para los tres muestreos realizados mostró que no existían diferencias significativas ($p < 0.05$) que indicaran la influencia de la fecha de muestreo sobre las concentraciones obtenidas. Por otra parte, el análisis de varianza de las concentraciones de aceites y grasas por estación de muestreo, diferenció ($p < 0.05$) a las estaciones 4 y 10 de las demás, siendo estas estaciones para las que se obtuvo las mayores concentraciones de estos contaminantes.

La estación 4 (Figura 1) es la más cercana a la refinería, mientras que en la zona donde se encuentra la estación 10 se desarrolla actividad pesquera. La presencia de concentraciones apreciables de aceites y grasas en los sedimentos superficiales de la Bahía de Amuay puede atribuirse a diversas fuentes, como por ejemplo la constante presencia de buques cargueros de petróleo y lanchas pesqueras que transitan a diario por estas aguas y descargan el aceite de motor y sus aguas residuales alrededor de la bahía, y a la cercanía de la refinería de Amuay. Se han reportado concentraciones de aceites y grasas entre 926 ± 43 y 37 ± 19 mg/kg, en sedimentos superficiales de la bahía cuando se evaluó un evento de contaminación por hidrocarburos que produjo muerte masiva de moluscos [16].

En cuanto a los hidrocarburos totales de petróleo (HTP) en los sedimentos superficiales, las mayores concentraciones se encontraron nuevamente en la estación 10 con un máximo de 118 ± 4 mg/kg en el primer muestreo, la estación 9 con 133 ± 1 mg/kg en el segundo muestreo, la estación 2 con 129 ± 9 mg/kg en el mes de abril y en la estación 3 con 117 ± 1 mg/kg en el mes de mayo (Figura 3). El análisis de varianza de las concentraciones de hidrocarburos totales en los sedimentos de la bahía de Amuay no produjo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los muestreos realizados, lo que podría explicar que durante el periodo de muestreo no hubo una entrada significativa de estos contaminantes en la bahía o que no hubo cambios en las corrientes que podrían trasladar estos contaminantes desde su fuente hasta el área de muestreo.

La presencia de hidrocarburos en la bahía de Amuay puede atribuirse a desechos industriales y a los derrames de petróleos ocurridos en el pasado en la bahía. Las concentraciones encontradas son más elevadas que las reportadas para sedimentos del Golfo Pérsico, que estuvieron comprendidas entre 0,2 y 1,71 mg/kg [13] y considerablemente menores que las encontradas en sedimentos de bahía Cayo Santa María, Cuba, que estuvieron comprendidas entre 2300 y 37000 mg/kg, después de una serie de derrames de gasolina en la zona [5].

Las concentraciones de fenoles en los sedimentos de la bahía de Amuay se encontraron comprendidas entre $0,050 \pm 0,002$ mg/kg, estación 1, muestreo 1 y $0,88 \pm 0,01$ mg/kg, estación 4. Al igual que para aceites y grasas y HTP el análisis de varianza para las concentraciones de los fenoles no mostró diferencias significativas entre los muestreos realizados. Por otra parte, el análisis mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) mostró que las concentraciones de fenoles estuvieron distribuidas de manera uniforme (no existían diferencias significativas en las concentraciones) alrededor de toda la bahía para todas las estaciones, exceptuando para la estación 4 donde se reportó el mayor contenido de fenoles en todos los muestreos en esa zona, pudiendo este resultado deberse a la cercanía de esta estación con la refinería de Amuay.

Estos valores son inferiores a los reportadas para sedimentos del caño Caribito, estado Barinas, Venezuela, los cuales estuvieron comprendidos entre 32 y 57 mg/kg [19]. El patrón de distribución de los fenoles es diferente al patrón de aceites y grasas y HTP. Esto podría deberse a que la fuente de los fenoles no es la misma que para los aceites y grasas y los HTP, o a que los procesos degradativos de los fenoles en el ambiente son más rápidos y de esta manera sus concentraciones disminuyen desde la fuente a los sitios más alejados. Los compuestos fenólicos son contaminantes orgánicos comunes en los ecosistemas marinos, principalmente en las zonas costeras donde son introducidos a partir de las

descargas de aguas de desecho industriales provenientes en su mayoría de la industria petrolera, así como los que se originan de la vegetación, pueden formar parte de los sedimentos y bioacumularse en los organismos marinos [14]. Aunque muchos de los compuestos fenólicos pueden ser degradados por los microorganismos aerobios y anaerobios, algunos tienen una gran persistencia en el ambiente, principalmente cuando se adsorben en los sedimentos anaerobios.

Metales pesados en sedimentos.

En las Figuras 5 a 9 se muestra el patrón de distribución de concentraciones para los metales cadmio, cromo, níquel, plomo y zinc determinados en los sedimentos superficiales de la zona norte de la bahía de Amuay para cada uno de los muestreos realizados. El test de Tukey no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en las concentraciones de cadmio entre los meses de muestreos, siendo la concentración promedio $1,91 \pm 0,74$ mg/kg. En cuanto a las concentraciones de Cd por estación de muestreo, las mayores se encontraron en las estaciones 2 y 3 con valores de $2,90 \pm 0,14$ y $3,13 \pm 0,20$ mg/kg respectivamente, siendo estas significativamente diferentes ($p < 0,05$) a las obtenidas para el resto de las estaciones. En la estación 9, en el mes de mayo, se obtuvo la menor concentración de Cd ($0,25 \pm 0,01$ mg/kg. Ávila *et al.*, (2010) reportaron un valor promedio para este metal de $3,4 \pm 1,8$ mg/kg, para sedimentos superficiales del lago de Maracaibo [3]. Los valores encontrados en este estudio son superiores a los reportados [1] para sedimentos superficiales de la playa de Güiria (estado Sucre) y Boca de Paparo (estado Miranda) los cuales fueron menores al valor límite de 1 mg/kg para sedimentos no contaminados [18]. El límite superior establecido para Cd en sedimentos por las normas canadiense para la protección de la vida acuática (Canadian Environmental Quality Guidelines) es de 0,7 mg/kg [7], el cual es superado en casi todas las estaciones estudiadas.

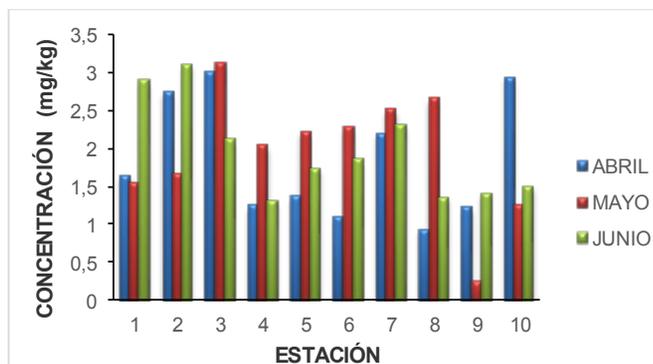


Figura 5. Concentraciones de cadmio (mg/kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay.

Las concentraciones de cromo (Figura 6) para todas las estaciones y entre los muestreos estuvieron comprendidas entre $2,77 \pm 0,04$ y $4,59 \pm 0,11$ mg/kg, siendo el valor promedio $3,65 \pm 0,55$ mg/kg, no encontrándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestreos. Para la estación 6 se registraron las concentraciones de cromo más altas siendo éstas $4,44 \pm 0,01$, $4,59 \pm 0,09$ y $4,52 \pm 0,04$ mg/kg, las cuales fueron significativamente diferentes a las obtenidas para el resto de las otras estaciones. Estas concentraciones son superiores a las reportadas para sedimentos superficiales de la bahía de Bohai, China, las cuales estuvieron comprendidas entre no detectado y 0,98 mg/kg [21], e inferiores al límite permitido por el Ministerio de Ambiente Canadiense, el cual establece un límite de 52,3 mg/kg [7], y al valor promedio reportado para el lago de Maracaibo, el cual fue de 39,5 mg/kg [3].

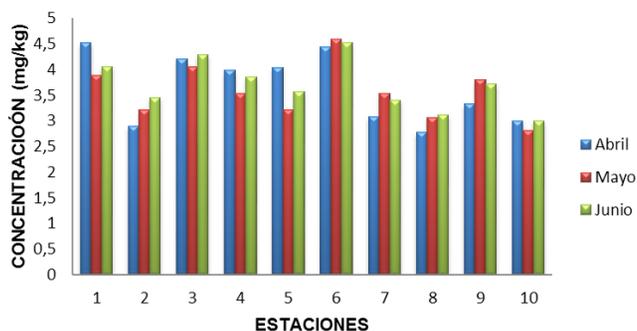


Figura 6. Concentraciones promedio (mg/kg sedimento húmedo) de cromo en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay.

Para el níquel (Figura 7) los valores de concentración estuvieron comprendidos entre $3,00 \pm 0,16$ en la estación 8 y $11,6 \pm 0,20$ mg/kg en la estación 1, ambos valores para el mes de abril, el test de ANOVA estableció diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las estaciones 10, 6, 9, y 8, con menor concentración de níquel, de las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 7, en las cuales se obtuvieron las mayores concentraciones para este metal. En cuanto a la fecha de muestreo las concentraciones se mantuvieron constantes, no encontrándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los mismos. Las concentraciones encontradas para el níquel son similares al valor promedio (7,53 mg/kg) reportado para sedimentos de la bahía en el año 2008 [16], e inferiores al valor promedio reportado para sedimentos del lago de Maracaibo [3.4].

Las concentraciones de plomo estuvieron comprendidas entre 7,54 y 22,1 mg/kg de sedimento húmedo, estando el promedio en $15,25 \pm 4,64$ mg/kg (Figura 8). El test de Tukey mostró que las concentraciones de plomo estuvieron distribuidas en las diez estaciones de manera muy similar ($p < 0,05$) a las concentraciones de cadmio, lo cual podría indicar que ambos metales po-

drían tener una fuente común. Se han reportado concentraciones promedio para este metal de 4.44 mg/kg en sedimentos de la bahía de Amuay [16], mientras que se reportaron concentraciones promedio de 60,59 mg/kg para plomo en sedimentos del lago de Maracaibo [2]. El límite establecido por la norma canadiense para Pb en sedimentos es de 30,2 mg/kg de sedimento seco [7].

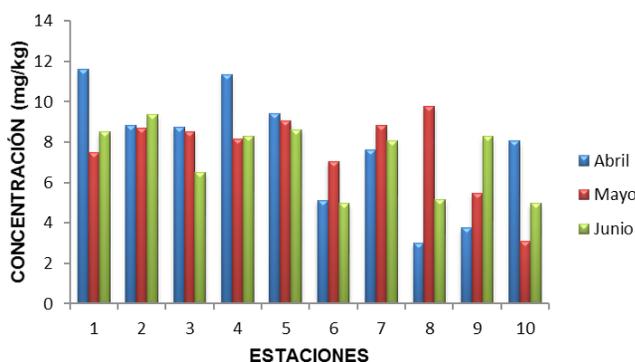


Figura 7. Concentraciones de níquel (mg/Kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay.

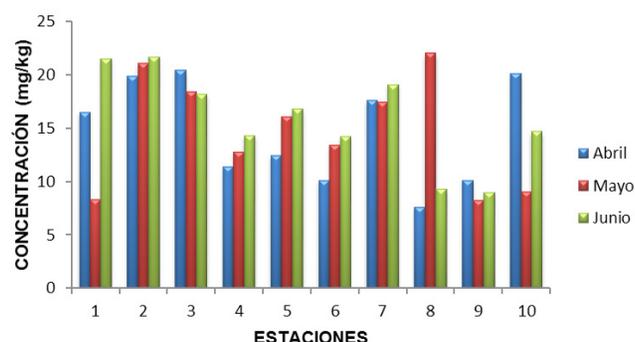


Figura 8. Concentraciones de plomo (mg/kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay

Las concentraciones de zinc (Figura 9), estuvieron comprendidas entre $8,11 \pm 0,60$ (estación 10) y $62,9 \pm 3,7$ mg/kg en la estación 4 con un valor promedio de $22,2 \pm 12,7$ mg/kg. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las estaciones con mayor concentración (1,4 y 5) con respecto a las demás estaciones. La distribución de las concentraciones de zinc, para las 10 estaciones estudiadas, muestran cierta similitud con las encontradas para níquel, para el cual también se obtuvieron las mayores concentraciones en las estaciones 1, 4 y 5, y la menor concentración en la estación 10; en cuanto al análisis de varianza, las concentraciones de zinc no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) que indicaran cambios durante los meses estudiados, exceptuando la estación 9 con un aumento significativo en su concentración de $10 \pm 0,13$ mg/kg a $34,4 \pm 0,37$ mg/kg para el mes de junio. Acosta *et al.* (2002) reporta valores muy superiores para esta metal (mayores a 150 mg/

Kg) para playas del estado Miranda [1], mientras que se indicó un valor promedio de 2,36 mg/kg, para sedimentos marinos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México, una zona natural protegida [20]. Los valores encontrados en este estudio son inferiores al límite establecido por el Ministerio Canadiense de Ambiente, el cual es de 124 mg/kg de sedimento seco.

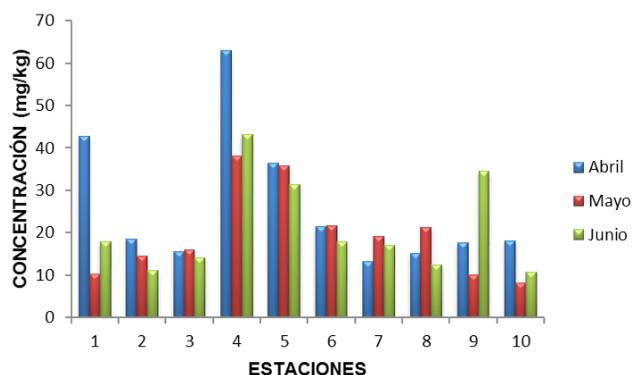


Figura 9. Concentraciones de zinc (mg/kg sedimento húmedo) en sedimentos marinos para cada estación en la Bahía de Amuay

Conclusiones

Los valores de concentración para los parámetros determinados en este estudio indican que los sedimentos de la zona norte de la bahía de Amuay presentan concentraciones moderadas de aceites y grasas e hidrocarburos, así como bajas concentraciones de fenoles, las cuales podrían considerarse como línea base para futuros estudios. Se obtuvieron concentraciones dentro de valores normales para sedimentos no contaminados para cromo, níquel y zinc. Las concentraciones de plomo están próximas a valores que indican contaminación por este metal, mientras que las de cadmio señalan contaminación por este metal en la zona de estudio de la bahía de Amuay.

Agradecimiento.

A FUNDACITE Falcón por haber financiado parcialmente esta investigación. A los pescadores del pueblo de Amuaycito por su invaluable colaboración.

Referencias

- [1] ACOSTA, V; LODEIROS, C; SENIOR, W; MARTÍNEZ, G (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales de tres zonas litorales de Venezuela. **Interciencia**. 27(12): 686-690.
- [2] APHA, AWWA, WPCF (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Madrid: Díaz De Santo, S.A. pp 1740.

- [3] ÁVILA, H; GUTIÉRREZ, E; LEDO, H; ARAUJO, M; SÁNQUIZ, M (2010). Distribución de metales pesados en sedimentos superficiales del Lago de Maracaibo (Venezuela). **Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia**. 33(2):122–129.
- [4] ÁVILA, H; QUINTERO, E; ANGULO, N; CÁRDENAS, C; ARAUJO, M; MORALES, N; PRIETO, M (2014). Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales costeros del Sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. **Multiciencias**. 14(1):16-21.
- [5] BERMÚDEZ Acosta, J; GONZÁLEZ Delgado, A; CASTRO Hernández, Y; ORTIZ Guilarte, E; NUÑEZ Moreira, R; ORAMAS García, J; GARCÍA García, Y (2014). Estudio de la contaminación con hidrocarburos de un ecosistema de manglar en cayo Santa María, Jardines del Rey, Cuba. **Revista de Investigaciones Marinas**. 34(1):36-48.
- [6] BONILLA, J; ARANDA, S; RAMÍREZ, C; MOYA, J; ESPINOSA, L (2003). Calidad de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, Edo. Sucre, Venezuela. **Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela**. 42(1 y 2): 3-27.
- [7] CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF ENVIRONMENT (2003). Canadian Environmental Quality Guidelines. (Documento en línea). Disponible: [http:// http://ce-qg-rcqe.ccme.ca/en/index.html](http://ce-qg-rcqe.ccme.ca/en/index.html) [Consulta: 2016, junio 4].
- [8] FOSTNER, U; WITTMAN, G (1983). **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. Springer- Verlag. New York, pp 197-271.
- [9] JAFFÉ, R; LEAL, I; ALVARADO, J; GARDINALI, P; SERICANO, J (1998). Baseline study on the levels of organic pollutants and heavy metals in bivalves from the Morrocoy National Park, Venezuela. **Mar. Pollut. Bull.** 36: 925-929.
- [10] LEAL, I; RIVAS, B; BULMES, F; BARRERA, W. Hidrocarburos policíclicos aromáticos y metales pesados en moluscos bivalvos de la bahía de Amuay. 17 Convención de Ingeniería y Arquitectura y III Congreso Internacional de Ingeniería Química. Cuba. 24 al 28 de noviembre de 2014. Pag 3-12.
- [11] MARÍN Leal, J; POLO, C; BEHLING, E; COLINA, G; RINCÓN, N; CARRASQUERO, S (2014). Distribución espacial de Cd y Pb en *Polymesoda soliday* sedimentos costeros del Lago de Maracaibo. **Multiciencias**. 14(1):7-15.
- [12] MCHEIK, A; FAKIH, M; TRABULSI, H; TOUFAILY, J; HAMIEH, T; GARNIER, Zarli; BOUSSERRHINE, N (2015). Metal Pollution Assessment of Sediment and Water in Al-Ghadir River: Role of Continuously Released Organic Matter and Carbonate and Their Purification Capacity. **International Journal of Environmental Monitoring and Analysis**. 3(3):162-172
- [13] MOHEBBI Nozar, S. L; ZAKARIA, M. P; ISMAIL, W. R; SEDDIQ, M; SALIMIZADEH, M; MOMENI, M; AKBARZADEH, G (2015). Total petroleum hydrocarbons in sediments from the coastline and mangrove of the northern Persian Gulf. **Mar. Pollut. Bull.** 95 (1) 15:407-411.
- [14] NEFT, J. M (2004). **Bioaccumulation in Marine Organisms. Effects of Contaminants from Oils Well Produced Water**. Second Edition. Elsevier. Amsterdam. Pp 206.
- [15] PARVEZ, S. M; JAGTAP, J. E; PATIL, D.N (2015). Trace metals in water, sediment and bivalves of a tropical estuary, west coast of India. **Mar. Pollut. Bull.** 99(1-2):328-331.
- [16] POMARES, O; LEAL, I; RENGEL, J; MOÁN H (2008). Evaluación de las causas de un evento de mortalidad masiva de moluscos bivalvos en la bahía de Amuay, Venezuela. **Rev. Invest. Mar.** 29(2):131-144.
- [17] RIVAS, B; LEAL P, I; MOLINA, M; HERNÁNDEZ, R; LEAL G, I (2007). Determinación de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimentos de la bahía de Amuay mediante GC-MS. **Croazia**. 8 (1 y 2):51-62.
- [18] SADIQ, M (1992). **Toxic metal chemistry in marine environments**. Marcel Dekker. New York. 390 pp.
- [19] SHARGEL, R; SHARGEL, I (2003). Caracterización de los sedimentos del lecho del caño Caribito, estado Barinas. **Rev. Unell. Cien. Tec.** 21:56-65.
- [20] ZAMUDIO Alemán, R; CASTAÑEDA Chávez, M; LANGO Reynoso, F; GALAVIZ Villa, I; AMARO Espejo, A; ROMERO González, L (2014). Metales pesados en sedimento marino del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. **Revista Iberoamericana de Ciencias**. 1(4):159-168.
- [21] ZHOU, R; QIN, X; PENG, S; DENG, S (2014). Total petroleum hydrocarbons and heavy metals in the surface sediments of Bohay Bay, China: Long-term variations in pollution status and adverse biological risk. **Mar Pollut. Bull.** 83 (1):290-29.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Multiciencias

Vol 16, N° 2

Edición por el Fondo Editorial Serbiluz.

Publicada en junio de 2016.

Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela

www.luz.edu.ve

www.serbi.luz.edu.ve

produccioncientifica.luz.edu.ve