

# NIVELES DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN TRES ZONAS LITORALES DE VENEZUELA

Vanessa Acosta, César Lodeiros, William Senior y Gregorio Martínez

## RESUMEN

Para evaluar la calidad de los litorales continentales de Venezuela, donde comunidades costeras explotan la almeja *Tivela mactroides*, se determinó la concentración de metales pesados (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Ni, Pb y Cr) en el sedimento superficial, así como parámetros ambientales (temperatura, salinidad,  $O_2$  disuelto, pH, biomasa fitoplanctónica, seston, N y P totales) en el agua de las localidades de Playa Güiría ubicada en la costa nororiental (Estado Sucre), y Río Chico y Boca de Paparo (Edo. Miranda) del litoral central, las cuales se encuentran separadas por unos 5km e influenciadas por el Río Tuy. Río Chico y principalmente Boca de Paparo mostraron perturbación ambiental, estableciéndose contaminación dada por los niveles de los parámetros ambientales ( $>28^\circ C$ ;  $<5,6 ml \cdot l^{-1} O_2$  disuelto;  $>55 \mu mol \cdot l^{-1} N$  total,

$>17 \mu mol \cdot l^{-1} P$  total) y de los metales pesados en sus sedimentos superficiales ( $>18 \mu g \cdot g^{-1} Cu$ ;  $>3 \mu g \cdot g^{-1} Cd$ ;  $>5 \mu g \cdot g^{-1} Cr$ ;  $>0,9 \mu g \cdot g^{-1} Pb$ ;  $>11 \mu g \cdot g^{-1} Ni$ ). La perturbación ambiental encontrada se relacionó con la descarga del río Tuy, el cual desemboca en Boca de Paparo, siendo los valores de metales pesados más altos que los reportados de estudios de hace 14 años. Los valores determinados en la zona de Playa Güiría no mostraron contaminación ambiental ( $0,03 \mu g \cdot g^{-1} Cu$ ;  $0,5 \mu g \cdot g^{-1} Cd$  y no se detectó Cr, Pb ni Ni). Se recomienda tomar acciones de saneamiento de los ecosistemas en Boca de Paparo y Río Chico desde el punto de vista de salud pública y ambiental. Las condiciones ambientales de Playa Güiría muestran la factibilidad para realizar actividades pesqueras de *Tivela mactroides*.

## SUMMARY

To evaluate the water quality along the continental shores of Venezuela, where fishing communities exploit the clam *Tivela mactroides*, the concentration of heavy metals (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Ni, Pb y Cr) was determined in superficial sediments, together with environmental factors (temperature, salinity, dissolved  $O_2$ , pH, phytoplanktonic biomass, seston, and total N and P) of the litoral waters of Playa Güiría on the northeastern coast (Sucre State), and of Río Chico and Boca de Paparo (Miranda State), two localities on the central coast separated by some 5km and influenced by the Tuy River. In Río Chico, and mainly in Boca de Paparo, the concentration of heavy metals in the sediments ( $>18 \mu g \cdot g^{-1} Cu$ ,  $>3 \mu g \cdot g^{-1} Cd$ ,  $>5 \mu g \cdot g^{-1} Cr$ ,  $>0,9 \mu g \cdot g^{-1}$

$Pb$ ,  $>11 \mu g \cdot g^{-1} Ni$ ) and the environmental factors ( $>28^\circ C$ ,  $<5,6 ml \cdot l^{-1}$  dissolved  $O_2$ ,  $>55 \mu mol \cdot l^{-1}$  total N,  $>17 \mu mol \cdot l^{-1}$  total P) indicated the presence of polluted systems. This environmental damage was linked to the influence of the Tuy River, which flows into the sea at Boca de Paparo. The values for heavy metals were higher than the values reported 14 year ago. In Playa Güiría the values determined did not show environmental contamination ( $0,03 \mu g \cdot g^{-1} Cu$ ;  $0,5 \mu g \cdot g^{-1} Cd$  and no Cr, Pb or Ni were detected). Shore cleanup at Boca de Paparo and Río Chico is recommended, as these locations have dangerous sanitary and environmental conditions. Environmental conditions at Playa Güiría allow for *Tivela mactroides* fishing.

## Introducción

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario, los sedimentos, uno de los princi-

pales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino (Rubio *et al.*, 1996). Los metales trazas presentan concentraciones relativamente elevadas en los sedimentos superficiales de las zonas costeras alteradas por el hombre y guardan una relación de su concentración con el tamaño

de las partículas y la cantidad de materia orgánica sedimentarias, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Sadiq, 1992). En tal sentido, la determinación de metales en los sedimentos es un buen indicador del origen de los contaminantes en el medio y de los impactos que éstos pueden producir en la biota marina.

Los ríos constituyen una de las principales vías de transporte de metales a las zonas costeras, debido a la gran afinidad que tienen estos elementos para ser transportados en el material suspendido (Guillen, 1982; Mogollón y Bifano, 1985; Zhang, 1992). Así, las costas con influencia de ríos constituyen uno de los ecosistemas más sensibles a ser

## PALABRAS CLAVE / Contaminación / Metales Pesados / Río Tuy / Salud Ambiental / *Tivela mactroides* /

Recibido: 05/04/2002. Modificado: 02/10/2002. Aceptado: 22/10/2002

Vanessa Acosta. MSc. en Ciencias Marinas, Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV-UDO), Diplomado Internacional en Riesgo Ambiental, Universidad Nacional de México. Profesor, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias,

Universidad de Oriente (UDO), Venezuela. Dirección: Escuela de Ciencias, UDO, Cumaná 6107, Venezuela. e-mail: vacosta@sucre.udo.edu.ve  
César Lodeiros. Ph.D. en Ecología Aplicada, Universidad Laval, Canadá. Profesor Asociado,

Departamento de Biología Pesquera, IOV-UDO. e-mail: clodeiro@sucre.udo.edu.ve  
William Senior. Doctor en Química (UDO) Profesor Asociado, Departamento de Oceanografía, IOV-UDO. e-mail: wsenior@sucre.udo.edu.ve

Gregorio Martínez, MSc. en Ciencias Marinas (IOV-UDO). Profesor Agregado, Departamento de Oceanografía, IOV-UDO. e-mail: gmartine@sucre.udo.edu.ve

Para avaliar a qualidade dos litorais continentais da Venezuela, onde comunidades costeiras exploram a amêijoia *Tivela mactroides*, determinou-se a concentração de metais pesados (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Ni, Pb e Cr) no sedimento superficial, assim como parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, O<sub>2</sub> dissolvido, pH, biomassa fitoplanctônica, seston, N e P totais) na água das localidades de Playa Güiria situada na costa nordeste (Estado Sucre), e Rio Chico e Boca de Paparo (Edo. Miranda) do litoral central, as quais se encontram separadas por uns 5km e influenciadas pelo Rio Tuy. Rio Chico e principalmente Boca de Paparo mostraram perturbação ambiental, estabelecendo-se contaminação dada pelos níveis dos parâmetros ambientais (>28°C; <5,6ml·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> dissolvido; >55µmol·l<sup>-1</sup> N total,

>17µmol·l<sup>-1</sup> P total) e dos metais pesados em seus sedimentos superficiais (>18µg·g<sup>-1</sup> Cu; >3µg·g<sup>-1</sup> Cd; >5µg·g<sup>-1</sup> Cr; >0,9µg·g<sup>-1</sup> Pb; >11µg·g<sup>-1</sup> Ni). A perturbação ambiental encontrada se relacionou com a descarga do rio Tuy, o qual desemboca em Boca de Paparo, sendo os valores de metais pesados mais altos que os reportados de estudos de faz 14 anos. Os valores determinados na zona de Playa Güiria não mostraram contaminação ambiental (0,03µg·g<sup>-1</sup> Cu; 0,5µg·g<sup>-1</sup> Cd e não se detectou Cr, Pb ni Ni). Se recomenda tomar ações de saneamento dos ecossistemas em Boca de Paparo e Rio Chico desde o ponto de vista de saúde pública e ambiental. As condições ambientais de Playa Güiria mostram a factibilidade para realizar actividades pesqueiras de *Tivela mactroides*.

afectados, ya que los metales, al entrar en contacto con la zona marina, sufren procesos que, junto con algunos factores ambientales, permiten su acumulación en los sedimentos. La biodisponibilidad de metales en los sedimentos tiene una acción directa sobre algunas especies acuáticas, muchas de las cuales acumulan altas concentraciones con efectos crónicos en sus poblaciones. Un ejemplo lo constituye el Río Tuy, un sistema altamente contaminado que ha creado fuertes impactos en el litoral barloventeño, debido a las descargas que recibe de los efluentes de tipo doméstico, industrial y agropecuario (Ramírez y Bifano, 1982a; Ramírez, 1984; MARNR, 1985; Mogollón *et al.*, 1989).

En tal sentido, se consideró determinar, en un estudio puntual, los niveles de metales pesados en los sedimentos superficiales en los sistemas ecológicos de Boca de Paparo y Río Chico, ubicados en las costas centrales de Venezuela e influenciados por el Río Tuy, así como en Playa Güiria perteneciente al litoral nororiental de Venezuela, donde hay poca actividad antropogénica, ya que en estas zonas se encuentran localizados bancos naturales de la almeja o guacuco *Tivela mactroides*, la cual posee una importancia socioeconómica relevante en Venezuela.

## Materiales y Métodos

El presente trabajo fue realizado en tres localidades del li-

toral venezolano: Playa Güiria, Estado Sucre (10°45'55"N, 63°20'55"O), Río Chico, Estado Miranda (10°23'N, 65°58'0) y Boca de Paparo, Estado Miranda (10°23'N, 65°56'0).

Playa Güiria se encuentra en una bahía situada a 1km aproximadamente de la ciudad de Carúpano y se caracteriza por presentar fuertes oleajes, lo que produce una elevada oxigenación de sus aguas y afloramientos periódicos (Tatá, 1984). En esta zona, *Tivela mactroides* presenta una importancia socioeconómica significativa debido a su alta densidad poblacional, soportando una intensa pesquería artesanal (Prieto, 1983; Tatá y Prieto, 1991; Ramírez, 1993).

Las localidades de Río Chico y Boca de Paparo están situadas en la costa norte del Litoral barloventeño, separadas por unos 5km. Estas zonas se caracterizan por presentar turbulencia en sus aguas, las cuales contienen altas concentraciones de sólidos suspendidos, producto principalmente de los aportes del Río Tuy, que desemboca a nivel de Boca de Paparo.

Para evaluar el grado de contaminación y la calidad de los cuerpos de agua en cada zona se determinaron una serie de factores ambientales en base a 10 réplicas para cada localidad, en julio 1999. La temperatura se midió con un termómetro de inmersión (0,1°C de precisión) y la salinidad mediante un refractómetro (American Optical, Ipsu de

apreciación). El O<sub>2</sub> disuelto se determinó por el método de Winkler, según Aminot y Chaussepied (1983); el pH se midió con un potenciómetro portátil (Bantex LCG-5; ±0,1 unidades). La biomasa fitoplanctónica se estimó midiendo la Clorofila *a* por el método colorimétrico y la cantidad de seston por el método gravimétrico, según Strickland y Parson (1972). Para el análisis de N y P totales se empleó el método descrito por Valderrama (1981).

La granulometría de los sedimentos se realizó tomando réplicas de muestras de unos 5kg y utilizando una serie de tamices (4,00; 2,0; 1,0; 0,85; 0,50; 0,250; 0,125; 0,074; 0,063mm, y fondo), mientras que la materia orgánica del sedimento se obtuvo en réplicas de 1g, según las recomendaciones de Rodríguez (1967) y Holme y McIntyre (1971).

Las muestras de sedimento para la determinación de metales pesados fueron tomadas en diferentes puntos de cada localidad, con 10 réplicas. Las muestras fueron colocadas en una estufa a 80°C por 72h hasta obtener peso constante, se tomó 1g y se sometió a digestión con 20ml de ácido acético 10%, manteniéndose en agitación por 4h a temperatura ambiente. Posteriormente, las muestras se filtraron con papel Whatman N° 42 reteniendo el filtrado en balones aforados y completados hasta 25ml con agua desionizada. Con este procedimiento se extrajeron los me-

tales adsorbidos en la superficie de las partículas de sedimentos así como los metales asociados con los carbonatos y oxihidróxidos de Mn (Martínez y Senior, 2001). La precisión del método utilizado fue verificada por Martínez *et al.* (2002), mediante el análisis de un patrón de sedimentos certificado por *Environmental Resource Associates* (Cat. # 540, Lot. # 237), siendo los valores de la desviación estándar muy bajos y comparables entre las diferentes determinaciones. La cuantificación de metales pesados (Mn, Fe, Zn, Cu, Cd, Cr, Pb y Ni) se realizó por absorción atómica utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer (Mod. 3110) con llama de aire-acetileno y corrector de fondo de deuterio.

Para establecer diferencias entre los parámetros ambientales, así como entre los niveles de metales pesados en las tres localidades, se aplicó análisis de varianza de una vía. En los casos donde existieron diferencias significativas (P<0,05) se aplicó la prueba "a posteriori" de Scheffé, según Zar (1984).

## Resultados

### Parámetros ambientales del agua

Los factores ambientales del agua mostraron valores notablemente diferentes entre las localidades estudiadas (Figura 1). La temperatura, el O<sub>2</sub> disuelto y el pH fueron signi-

ficativamente diferentes en las tres localidades. Playa Güiria presentó las menores temperaturas y los mayores valores de salinidad, O<sub>2</sub> disuelto y pH, mientras que Boca de Paparo presentó los valores mayores de temperatura y los menores de salinidad, O<sub>2</sub> y pH. Río Chico, siempre presentó valores intermedios.

La biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*) fue significativamente igual en Playa Güiria y Boca de Paparo, y menor en Río Chico. Tanto el seston total como el orgánico fue significativamente mayor en Boca de Paparo que en Playa Güiria y Río Chico (Figura 1). De igual manera el N y P totales fueron significativamente mayores en Boca de Paparo.

La proporción de materia orgánica en el sedimento fue superior en Boca de Paparo (0,09 ± 0,04), seguida de Río Chico (0,07 ± 0,02) y Playa Güiria (0,05 ± 0,02).

#### Metales pesados en el sedimento

En Boca de Paparo y Río Chico se registraron altas concentraciones de metales pesados con respecto a Playa Güiria, donde no se detectó Ni, Pb ni Cr (Figura 2). Todas las concentraciones fueron significativamente superiores en Boca de Paparo, a excepción del Mn y el Zn, los cuales se encontraron en niveles superiores en Río Chico.

La granulometría obtenida en Boca de Paparo y Río Chico mostró sedimentos conformados principalmente de arena muy fina (0,125mm) y limo mediano (0,074mm), con baja proporción de partículas con diámetro más grueso. En contraste, Playa Güiria, a pesar de poseer un porcentaje alto de arena muy fina y limo mediano, se determinó un notable porcentaje (24,5%) de arena fina (0,250mm) (Tabla I).

#### Discusión

##### Factores ambientales

Las diferencias obtenidas con respecto a los factores

ambientales estuvieron relacionadas con la ubicación geográfica y el grado de deterioro ambiental presente en cada zona. De las tres localidades evaluadas, Boca de Paparo reflejó los mayores niveles de perturbación, caracterizada por presentar en sus aguas bajos niveles de O<sub>2</sub> disuelto y pH, así como altos valores de N y P totales, que junto con una elevada temperatura y baja salinidad, pudieron incidir en la oxidación de la alta carga de materia orgánica presente en la zona, influenciada por el Río Tuy. Estos resultados coinciden con otros trabajos (Angulo, 1980; Lugo, 1982; Raíces, 1982), los cuales determinaron que Boca de Paparo, por estar ubicada justo en la desembocadura del Río Tuy, es una de las zonas costeras del litoral venezolano que sufre un impacto ambiental relevante, ya que este río recibe una gran cantidad de desechos, provenientes principalmente de actividades agrícolas y domésticas. Resultados similares a los de Boca de Paparo se obtuvieron en Río Chico, aunque en niveles inferiores, ya que ésta zona también es afectada por las descargas del Río Tuy pero con menor influencia. Jaffé *et al.*, (1995), encontraron que la localidad de Río Chico, a pesar de estar ubicada al este de la desembocadura

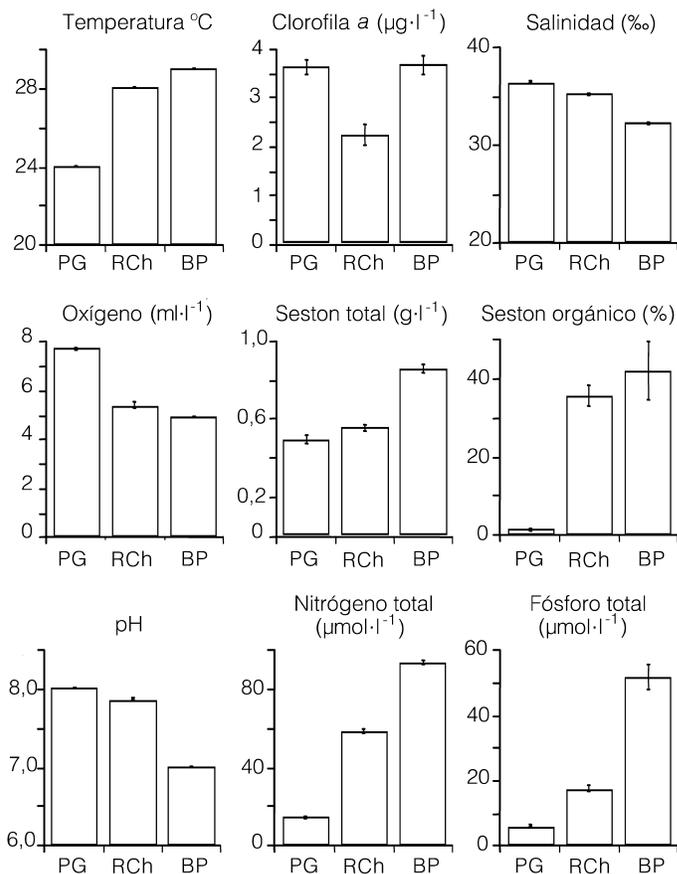


Figura 1. Parámetros ambientales registrados en el agua de las localidades de Playa Güiria (PG) en el Edo. Sucre, Río Chico (RCh) y Boca de Paparo (BP) en el Edo. Miranda.

ra del Río Tuy, también es perturbada por la pluma del río; debido a corrientes marinas establecidas en la zona; sin embargo, el efecto se minimiza ya que la pluma del río

es transportada con predominancia hacia el oeste de la desembocadura (Okuda, 1974). Caso contrario a las dos localidades del litoral central, se presentó en Playa Güiria, don-

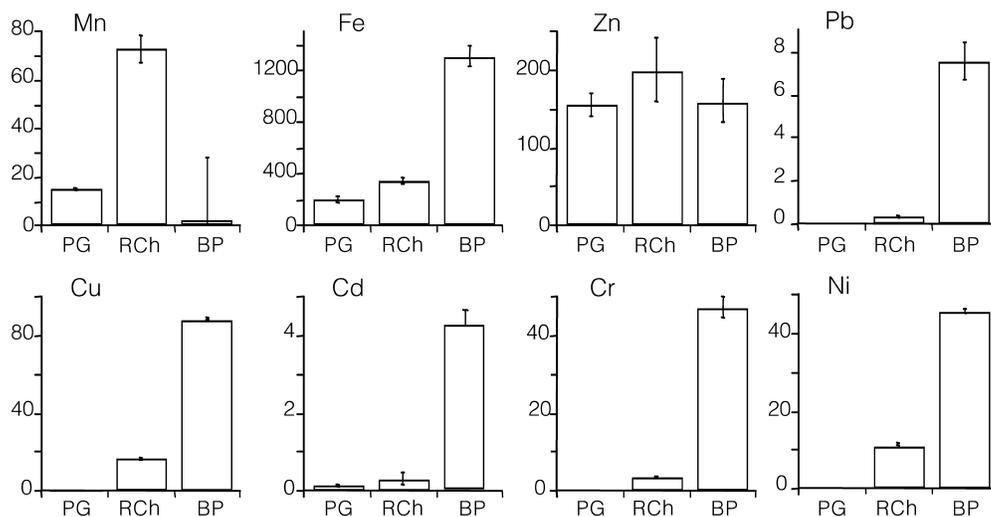


Figura 2. Concentración ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de metales pesados en el sedimento superficial de las localidades de Playa Güiria (PG) en el Edo. Sucre, Río Chico (RCh) y Boca de Paparo (BP) en el Edo. Miranda.

de se determinaron elevados valores de O<sub>2</sub> disuelto y pH, y valores bajos de N y P total, los cuales se encontraron dentro de los límites naturales reportados para regiones costeras no contaminadas (Senior y Aparicio, 1997; Senior y La Barbera, 1997; Senior *et al.*, 1997; Senior *et al.*, 1999).

Playa Güiría, para el momento del muestreo, presentó temperaturas bajas y valores altos de clorofila *a*, niveles que pudieron estar relacionados con algunos escenarios de afloramiento de aguas subsuperficiales que acontecen en esta zona durante el mes de julio (Gade, 1961; Okuda *et al.*, 1978); no obstante, los altos niveles de clorofila *a*, determinados en Boca de Paparo, pudieron estar relacionados con la presencia de altos contenidos de nutrientes como compuestos nitrogenados y fosforados. En este sentido, Brito (1984) encontró que la alta productividad en el litoral barloventño se debe a la gran cantidad de aportes de nutrientes que existen en la zona durante todo el año, provenientes de los ríos Tuy, Higuerote y Curiepe, que descargan los materiales arrastrados en sus cuencas, originando una alta productividad primaria.

#### Metales pesados en el sedimento

En general, el contenido de metales trazas esenciales y potencialmente tóxicos presentes en los sedimentos superficiales de las tres localidades estudiadas probablemente estuvo determinado por diversas fuentes, naturales o antrópicas. Las altas concentraciones de Fe, Zn, Cu, Cd, Cr, Pb y Ni, registradas en Boca de Paparo, estuvieron posiblemente relacionadas con los sólidos suspendidos transportados por el Río Tuy hacia esta zona costera. Estos resultados concuerdan con los reportados por Mogollón y Bifano (1985), quienes encontraron que existe afinidad de los metales para acumularse y ser transportados por los sólidos

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LAS TRES LOCALIDADES ESTUDIADAS

Diámetro	Playa Güiría	Río Chico	Boca De Paparo	Textura
4mm	0,0	0,0	0,0	grava
2mm	0,9 ±0,05	0,0	0,0	grava
1mm	3,5 ±0,4	0,8 ±0,04	0,8 ±0,07	arena muy gruesa
0,85mm	1,6 ±0,02	0,3 ±0,005	0,3 ±0,003	arena gruesa
0,50mm	8,5 ±0,6	1,2 ±0,01	1,2 ±0,03	arena mediana
0,250mm	24,5 ±0,77	3,0 ±0,08	4,2 ±0,51	arena fina
0,125mm	30,5 ±0,85	41,1 ±1,30	50,5 ±2,55	arena muy fina
0,074mm	29,5 ±0,07	50,2 ±2,1	40,4 ±1,50	limo mediano
0,063mm	0,9 ±0,03	1,5 ±0,09	1,8 ±0,1	limo grueso
Fondo	0,1 ±0,002	0,3 ±0,005	0,8 ±0,007	limo-arcilla

dos suspendidos, y una vez que entran en contacto con el medio marino, son liberados debido al proceso de floculación, que se da por la influencia del agua de mar sobre la del río, permitiendo que los metales puedan ser acumulados en la materia orgánica del sedimento (Martínez, 1988). En este sentido, la mayor concentración de materia orgánica encontrada en Boca de Paparo conjuntamente con las partículas finas en sus sedimentos, pudo haber influido en una mayor captación de los metales encontrados.

Los valores de Cu obtenidos en Boca de Paparo fueron tres veces superiores a los determinados en 1985 por Mogollón *et al.*, (1989) en la misma localidad y época del año, lo cual sugiere que se ha generado un aumento relevante en el aporte de ese metal en Boca de Paparo, provocando un aumento de los niveles de contaminación. Arrieché (1980), en su estudio sobre la influencia del Río Tuy sobre el Mar Caribe, encontró un ligero enriquecimiento de Zn, Cu y Pb en la zona de mezcla río-mar, lo que puede ser atribuido a fenómenos de desadsorción originados por los cambios físicoquímicos y de fuerza iónica que se producen durante la mezcla de las aguas. En general, el Cu, Zn y Pb entran al mar vía efluentes domésticos, industriales, las descargas de los ríos y mediante emanaciones a la atmósfera, para posterior-

mente ser depositados y acumulados en el sedimento mediante procesos biogeoquímicos (Mogollón *et al.*, 1989). En Playa Güiría, sin embargo, los sedimentos presentaron niveles bajos de cobre (0,8µg·g<sup>-1</sup>), por lo que la presencia de este elemento podría ser de origen biogénico.

La concentración promedio de Cu encontrado en Río Chico (11,52µg·g<sup>-1</sup>) fue similar al valor máximo estipulado para ambientes no contaminados, considerando como referencia los valores de metales pesados en sedimentos superficiales marinos reportados por Sadiq (1992). En el caso de Boca de Paparo el nivel del Cu fue unas tres veces superior (46,1µg·g<sup>-1</sup>), indicando una zona mas contaminada. Este valor también es superior al de otras zonas costeras de Venezuela con indicios de contaminación, como la Bahía de Barcelona, Estado Anzoátegui (13,07µg·g<sup>-1</sup>) reportado por Gamboa *et al.*, (1986) y la Bahía de Bergantín (45,60µg·g<sup>-1</sup>), Jose (39,42µg·g<sup>-1</sup>) y Laguna de Píritu (32,75µg·g<sup>-1</sup>), reportados por Bonilla y González (1992).

Los altos niveles de Ni encontrados en este trabajo en el litoral central, pudieron estar relacionados con la época de muestreo (período de lluvia), debido a que las escorrentías pueden producir el desplazamiento de una gran cantidad de sólidos que entran en el canal del Río Tuy, donde existe una gran cantidad de materia orgánica que actuaría como un li-

gando del metal, tal como lo establecen Mogollón y Bifano (1985).

Los niveles de Cd obtenidos en los sedimentos superficiales de Playa Güiría estuvieron por debajo del valor límite de 1,0µg·g<sup>-1</sup> para sedimentos no contaminados para ambientes marinos (Sadiq, 1992), siendo los encontrados en Río Chico cercanos al límite (1,28µg·g<sup>-1</sup>). No obstante, en Boca de Paparo se reportaron valores muy superiores (23,7µg·g<sup>-1</sup>), reafirmando los altos niveles en la zona, lo cual indica origen doméstico-industrial.

Los valores de Cr registrados en Río Chico (3,80µg·g<sup>-1</sup>) fueron menores a los límites permitidos de 20,0µg·g<sup>-1</sup> (Sadiq, 1992), mientras que en Playa Güiría no fue detectado este metal. Sin embargo, en la localidad de Boca de Paparo se registraron concentraciones muy superiores al máximo valor permitido (47,50µg·g<sup>-1</sup>). Según Mogollón y Bifano (1985), las altas concentraciones de Cr registradas en la zona de Boca de Paparo se deben, posiblemente, al cambio de las condiciones hidrodinámicas del Río Tuy al entrar en la Llanura de Barlovento, lo que permite depositar parte de su carga de sólidos suspendidos provenientes de aguas arriba a esta zona. Por otra parte, la principal fuente de Cr en dicha localidad puede ser la antropogénica, producida por las descargas de desechos industriales y municipales, sin tratamiento alguno, acarreados por la cuenca del Río Tuy. Efectos similares se

han obtenido en el área de Jose, ocasionado por la escorrentía de los Ríos Unare y Neverí, Estado Anzoátegui (Bonilla *et al.*, 1995). Por otra parte, Boca de Paparo presenta un escenario adecuado para la acumulación del Cr, debido a su afinidad con los sedimentos de partícula fina, que fueron encontrados en Boca de Paparo.

Los ríos son unos de los principales vehículos de transporte, así como receptores de metales pesados, hacia las regiones marino costera; un ejemplo de ello lo representan las altas concentraciones de Cd ( $7,9\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), Zn ( $510,0\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), Cr ( $72,8\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) y Cu ( $51,0\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) que han sido introducidas en el material en suspensión de las aguas, desde el extremo superior de la cuenca baja del Río Manzanares hacia el mar y los cuales poseen una alta proporción de dichos metales en forma biodisponible para los organismos, principalmente para las diferentes especies de moluscos que habitan el litoral costero frente a la ciudad de Cumaná (Martínez y Senior, 2001).

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente (Proyecto N° CI/5-1802-0851/99) y el Programa de Becas de FONACIT, Venezuela. Los autores agradecen la colaboración técnica de M. Núñez.

#### REFERENCIAS

- Aminot A, Chaussepied M (1983) "Manuel des analyses chimiques en milieu marin". Centre National Pour L'exploitation des océans (CNEXO) BNDO/Documentation. 395 pp.
- Angulo N (1980) *Estudio geoquímico de la cuenca del Río Tuy I (Fe, Mn, Cr, Cl, Na, Hg)*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 109 pp.
- Arrieche I (1980) *Influencia del Río Tuy sobre el Mar Caribe*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 61 pp.
- Bonilla J, González C (1992) Algunos aspectos geológicos y características químicas en los sedimentos de la Laguna de Piritu. Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 31: 45-55.
- Bonilla J, Fermín J, Gamboa B, Carrera M (1995) Aspectos geoquímicos de los sedimentos superficiales del ecosistema marino costero de Jose, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 34: 5-25.
- Brito P (1984) *Algunos aspectos de la dinámica poblacional del guacuco *Tivela mactroides* (Born, 1778) en dos localidades de Barlovento*. Tesis de Grado, Universidad Simón Bolívar. 60 pp.
- Gade H (1961) Further hydrographic observations in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulation and water exchange. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 1: 359-395.
- Gamboa B, Bonilla J, Cedeño G (1986) Concentración de algunos metales pesados de sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, Edo. Anzoátegui. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 25: 233-240.
- Guillen R (1982) *Análisis químico de los elementos: Cu, Cr, Pb, Zn, Cd, Ni, Fe, Co, As, Hg, y carbono orgánico en los sedimentos del Río Tuy*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 73 pp.
- Holme N, McIntyre A (1971) *Methods for the study of marine benthos*. IBP Handbook N° 16. Blackwell, Oxford. 334 pp.
- Jaffé R, Leal I, Alvarado J, Gardinali P, Sericanos J (1995) Pollution effects of the Tuy River on the central Venezuelan Coast: Antropogenic Organic Compounds and heavy metals in *Tivela mactroides*. *Mar. Poll. Bull.* 30: 820-825.
- Lugo I (1982) *Estudio geoquímico de los sólidos suspendidos transportados por el Río Tuy*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 109 pp.
- MARNR (1985) *Estudio de la influencia del Río Tuy en el Litoral Barloventeño*. Serie de Informes Técnicos. DGSIIA/IT/159. 78 pp.
- Martínez M (1988) *Influencia del agua de mar sobre los fenómenos de acumulación y remoción de las especies químicas: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Fe<sup>+</sup>, Co, Cl, y SO<sub>4</sub> en sedimentos secos de la cuenca del Río Tuy*. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 116 pp.
- Martínez G, Senior W (2001) Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del Río Manzanares, Venezuela. *Interciencia* 26: 53-61.
- Martínez G, Rodríguez L, Senior W (2002) Especiación de Cd, Zn, Cr, y Pb en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Interciencia* 27: 173-179.
- Mogollón J, Bifano C (1985) Estudio geoquímico de contaminación por metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. *Memorias VI Congreso Geológico Venezolano*. p. 1928.
- Mogollón J, Ramírez A, Bifano A (1989) Determinación de los niveles de contaminación en sedimentos del Estado Anzoátegui. *Memorias VII Congreso Geológico Venezolano*, Barquisimeto. Estado Lara, Venezuela. pp. 1121-1230.
- Okuda T (1974) Bosquejo general de las condiciones hidrográficas en el Mar Caribe. En *Cuadernos Azules N° 15*. Instituto Oceanográfico de Venezuela. pp. 43-57.
- Okuda T, Fernández E, Bonilla J (1978) Variación estacional del fósforo y nitrógeno inorgánico en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 17: 89-104.
- Prieto A (1983) Ecología de *Tivela mactroides* Born, 1778 (Mollusca, Bivalvia) en Playa Güiría (Estado-Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 22: 7-19.
- Raíces M (1982) *Determinación de Al, DQO, N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y P(PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) en muestras de agua de la cuenca del Río Tuy*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 130 pp.
- Ramírez A (1984) *Hidrogeoquímica de la cuenca del Río Tuy*. Trabajo de Ascenso. Instituto de Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 81pp.
- Ramírez A, Bifano C (1982a) *Contaminación geoquímica de la cuenca del Río Tuy. II. Estudio de las aguas*. Memoria. Instituto de Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 80pp.
- Ramírez T (1993) *Dinámica poblacional y explotación del guacuco *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia: Veneridae) en la Bahía de Güiría, Estado Sucre*. Tesis. Universidad de Oriente. 140 pp.
- Rodríguez G (1967) Las comunidades bentónicas. En *Ecología Marina*. Fundación La Salle. Fondo de Cultura Científica. Caracas, Venezuela. pp. 563-600.
- Rubio B, Gago L, Vilas F, Nombe-la M, García-Gil S, Alejo I, Pazos O (1996) Interpretación de tendencias históricas de contaminación por metales pesados en testigos de sedimentos de la Ría de Pontevedra. *Thalassas* 12: 137-152.
- Sadiq M (1992) *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker. New York. 390 pp.
- Senior W (1987) *Manual de métodos de análisis de agua de mar*. Mimeo. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente 119 pp.
- Senior W, Aparicio R (1997) *Estudio Ambiental de las Costas del Estado Anzoátegui* (EACA). Informe Final. Report. Tecn. CORPOVEN. 325 pp.
- Senior W, La Barbera A (1997) *Estudio Ambiental del Sector Oriental del Golfo de Cariaco*. Informe Final. Estado Sucre. 250 pp.
- Senior W, Castañeda J, Martínez G (1997) *Estudio Ambiental de las Bahías de Pozuelos y Bergantín, Estado Anzoátegui*. Informe Final. Proyecto CORPOVEN-PNUMA. 323 pp.
- Senior W, Castañeda J, Martínez G (1999) *Diagnóstico Ambiental de la Zona Costera del Nor-Oriente de Venezuela*. Informe Final. Proyecto DAO-PALMA-VEN. 525 pp.
- Strickland J, Parson T (1972) *A practical handbook of seawater analysis*. Bull. Fish. Res. Board. Canadá N° 167. 310 pp.
- Tatá A (1984) *Producción, biomasa y distribución del molusco bivalvo *Tivela mactroides* (Born, 1778) en la Ensenada de Playa Güiría- Estado Sucre*. Tesis. Universidad de Oriente. 87 pp.
- Tatá A, Prieto A (1991) Producción secundaria en una población del Bivalvo Tropical *Tivela mactroides* (Veneridae) en el Oriente de Venezuela. *J. Caribb. Sci.* 27: 28-34.
- Valderrama J (1981) The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural water. *Mar. Chem.* 10: 109-122.
- Zar J (1984). *Biostatistical analysis*. 2nd Edition. Prentice-Hall. New Jersey. 120 pp.
- Zhang J (1992) Transport of particulate heavy metal towards the China Sea: A preliminary study and comparison. *Mar. Chem.* 40: 61-178.