

## Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia

### ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Orfelina Barros-Barrios <sup>1</sup>, Carlos Doria-Argumedo <sup>1</sup>, José Marrugo-Negrete <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería. Universidad de La Guajira, <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Córdoba

[cdoria@uniguajira.edu.co](mailto:cdoria@uniguajira.edu.co)

(Recibido: 01 de octubre de 2016, Aprobado: 18 de noviembre de 2016 Actualizado: 09 de diciembre de 2016)

DOI: 10.17151/vetzo.2016.10.2.3

**RESUMEN:** Con el propósito de determinar la influencia contaminante de metales pesados provenientes de fuentes antrópicas, sobre la biota marina de las costas de La Guajira, se analizó por espectrofotometría de absorción atómica el contenido de plomo, cadmio, níquel, zinc, y mercurio en sedimento e hígado y riñón de peces de la especie *Lutjanus* (*L. synagris* y *vivanus*); para detectar posibles impactos en el ecosistema. En el sedimento, las concentraciones medias de metales oscilaron así: Pb (54,61-123,94 µg/Kg), Cd (0,98- 2,84µg/Kg), Ni (80,0-1220 µg/Kg), Zn (250-630 µg/Kg) y Hg (0,15-0,27 µg/Kg). En los tejidos de los organismos se detectó la presencia de metales pesados en concentraciones de: Pb (65 µg/Kg), Cd (5,1 µg/Kg), Ni (2500µg/Kg), Zn (2450µg/Kg) y Hg (49µg/Kg). Teniendo en cuenta la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos de América, las especies *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* presentan concentraciones de Ni, Pb y Zn, dentro del límite de tolerancia a la biodisponibilidad metálica, lo que indica que estos metales no presentan riesgo para los organismos estudiados presentes en el ecosistema marino. La concentraciones de los elementos Pb, Cd y Hg determinadas en hígado y riñón de los organismos se encontraron por debajo de los niveles máximos establecidos por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, para pescado entero, medallones y trozos, y al contenido máximo en productos alimenticios correspondiente al Reglamento CE No 466 de la Comisión Europea. El factor de bioacumulación calculado en este estudio (>1 en todos los casos, excepto el Pb), sugiere que ocurre un traspaso significativo de los metales presentes en los sedimentos hacia los niveles tróficos superiores, especialmente para el caso del Hg.

**Palabras clave:** bioacumulación, espectroscopia de absorción atómica, metales pesados, peces, sedimento superficial

## Heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) in tissues of *Lutjanus synagris* and *Lutjanus vivanus* from the Coast of La Guajira, North Colombia.

**ABSTRACT:** In order to determine the contaminating influence of heavy metals from anthropogenic sources on the marine biota of the coast of La Guajira, the content of lead, cadmium, nickel, zinc, and mercury in sediment was analyzed by atomic absorption spectrophotometry and liver and kidney of fish of the species *Lutjanus synagris* and *Lutjanus vivanus* in order to detect possible impacts on the ecosystem. Mean metal concentrations ranged in the sediment as follows: Pb (54.61 to 123.94 µg/kg), Cd (0.98 - 2.84 µg/kg), Ni (80 to 1220 µg/kg), Zn (250-630 µg/kg) and Hg (0.15 to 0.27 µg/kg). The presence of heavy metals was detected in the tissues of organisms in concentrations of Pb (65 µg/kg), Cd (5.1 µg/kg), Ni (2500 µg/kg), Zn (2450 µg/kg) and Hg (49 µg/kg). Taking into account the National Oceanic and Atmosphere Administration of the United States, the species *Lutjanus synagris* and *Lutjanus vivanus* present concentrations of Ni, Pb and Zn, within the limits of tolerance to metallic bioavailability, indicating that these metals present no risk for the organisms studied in the marine ecosystem. Concentrations of Pb, Cd and Hg elements determined in liver and kidney of organisms were found below the maximum limits established by the Colombian Institute of Technical Standards for whole fish, medallions and pieces of fish and the maximum content in foodstuffs corresponding to EC Regulation No 466 of the European Commission. The BAF calculated in this study (> 1 in all cases, except Pb) suggests that a significant transfer of metals in sediments to higher trophic levels occurs, especially in the case of Hg.

**Key words:** bioaccumulation, atomic absorption spectroscopy, heavy metals, fish, surface sediment

### Introducción

Los metales pesados están presentes en todos los ecosistemas en el mundo; sin embargo, el aumento de estos elementos en los sistemas marinos se ha convertido en un riesgo para la salud humana debido a sus efectos tóxicos (Tokar et al., 2015). Los metales pesados pueden ser tóxicos en pequeñas concentraciones y acumularse en la cadena trófica, empezando por el fitoplancton que los incorpora a la cadena alimenticia (Ke & Wang, 2002). Las principales fuentes de contaminación por Hg, Cd, Pb y As en sistemas fluviales y marinos son las industriales y se incluyen además la descarga de aguas residuales municipales, la minería, la combustión de combustibles fósiles, la deforestación y fertilizantes utilizados en la agricultura (Zuluaga et al., 2015). También se consideran fuentes naturales contaminantes la erosión del suelo y la actividad volcánica. Los metales pueden ser solubles en agua y reaccionar con la materia orgánica formando complejos y quelatos, que aumentan su solubilidad, la disponibilidad y la dispersión (Castro & Valdés, 2012)

En Colombia, una de las problemáticas ambientales más importantes se refiere al uso de metales pesados en sectores productivos minero, energético, agrícola e industrial (Rudas et al., 2013). Lo anterior ha llevado a que la contaminación química por metales

pesados, constituya una de las más peligrosas amenazas para los ecosistemas acuáticos y las especies presentes. Sin embargo, es escaso el conocimiento que se tiene en el país acerca del problema generado por la disposición de metales pesados en los cuerpos de agua, su impacto sobre el recurso hídrico, el deterioro de ecosistemas y la salud humana (Beltrán & Gómez, 2015).

Bajo este escenario, los sedimentos, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino. 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 sedimentaria, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Delgado, 2012). Así mismo, los organismos acuáticos, entre ellos los peces, tienen la capacidad de almacenar una concentración mayor de estos elementos en comparación con la presente en el medio, por lo que son un indicador importante de la contaminación; esto implica que su consumo se puede convertir en un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso (Palacio, 2007).

El presente estudio pretende evaluar los niveles de concentración de algunos metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn y Hg) en sedimento y en las especies *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus*. Estas especies de mersales tienen una amplia distribución en la región Caribe, con hábitos en fondos someros, tales como, fondos blandos, sustratos rocosos y coralinos; sin embargo, se les puede encontrar inclusive en profundidades superiores a los 200 m (Rodríguez y Páramo, 2012).

Los resultados del estudio permitirán medir el impacto contaminante en estos ecosistemas marinos debido a la introducción de metales pesados, como resultado de las actividades humanas.

## **Materiales y Métodos**

### **Datos demográficos del área de estudio**

El departamento de La Guajira se localiza en la parte más septentrional de la República de Colombia, sobre una península a los 10°23' y 12°28' N y 71°06' y 73°39' O, y está integrado a la región Caribe (Figura 1). La Guajira ocupa una extensión aproximada de 20.669,6 km<sup>2</sup> y presenta 1.458 km<sup>2</sup> de área costera, con una extensión de 650 km (Corpoguajira e Invemar, 2012).



Figura 1. Mapa de ubicación de La Guajira. Colombia (<http://images.google.com.co>)

### Campaña de muestreo

Se colectaron muestras de sedimentos superficiales y peces en seis zonas costeras de La Guajira, Dibulla, Camarones, Riohacha, Mayapo, Manaure y Cabo de La Vela (Figura 2); en el período comprendido entre julio de 2014 y mayo de 2015 con una periodicidad de tres meses, teniendo en cuenta las épocas climáticas de lluvia (de julio a noviembre) y de sequía (de diciembre a mayo).

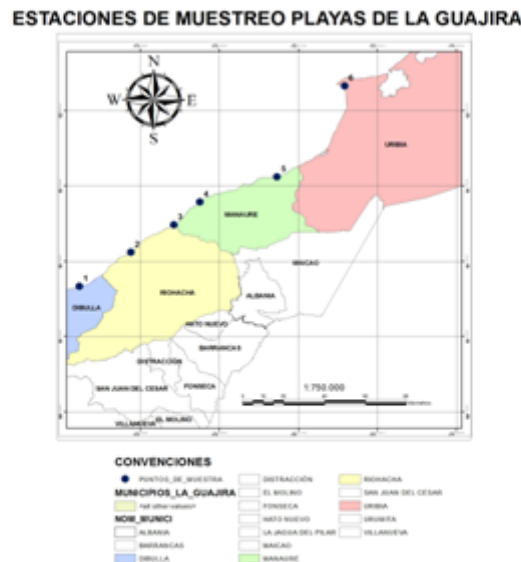


Figura 2. Estaciones de muestreo en la zona de estudio: 1=Dibulla, 2=Camarones, 3=Riohacha, 4=Mayapo, 5=Manaure, 6=Cabo de La Vela. Costas de La Guajira. Colombia.

**Muestras de sedimento:** El sedimento fue tomado de la capa superficial (5 a 10 cm) con una draga tipo Van Veen. Se recolectaron tres submuestras distribuidas cada una en un punto cardinal, a partir del punto de referencia tomado con un GPS y a un radio de 2 m; con el objeto de obtener una única muestra compuesta en cada estación y representativa del ecosistema.

**Muestras de peces:** En cada período de muestreo fue colectado un individuo por sitio, tratando de cubrir la zona frecuentada por las especies seleccionadas correspondientes a *L. synagris* y *L. vivanus*; conocidas con el nombre común de pargo rojo (rayado, ojo amarillo), dada su mayor importancia comercial por la facilidad de la consecución de los individuos en las diferentes épocas del año y por su alto consumo en la zona. Los peces de la familia Lutjanidae son reconocidos como un importante recurso pesquero y son explotados intensamente por las pesquerías artesanal e industrial en las regiones tropicales y subtropicales, debido principalmente a su alto valor económico (Gobert et al., 2005). Se tomaron cuatro individuos por sitio según la especie (total de 48), para minimizar los errores que introduce las diferencias de tallas y peso, principalmente. Los ejemplares colectados correspondieron a adultos de tamaño (largo estándar) entre 20-35 cm ( $\bar{x}$  = 28,6 cm, mínimo = 21,7 cm, máximo = 34,2 cm) y de peso entre 0,350 - 0,450 kg ( $\bar{x}$  = 0,390 kg, mínimo = 0,358 kg, máximo = 0,437 kg). Una vez obtenidas las muestras, se almacenaron en bolsas plásticas, etiquetadas y selladas.

### Tratamiento de muestras en el laboratorio

**Muestras de sedimento:** Se pesó entre 0,2 y 0,8 g de la fracción menor a 63  $\mu\text{m}$  y se adicionó 15 ml de agua regia (mezcla de HCl con  $\text{HNO}_3$  en proporción 3:1), se tapó el vaso con un sistema de reflujo y se calentó en una plancha calefactora a 110°C por 2 h, para realizar la digestión total de las muestras. Finalmente, se dejaron enfriar, se filtraron en un sistema al vacío y se aforaron a 25 ml con agua desionizada para luego almacenarlas en frascos plásticos rotulados (Marrugo y Paternina, 2011). Una segunda fracción menor a 63  $\mu\text{m}$  de sedimento fue utilizada para la determinación de pH, potencial redox (Eh), materia orgánica (MO); siguiendo las metodologías descritas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2006).

**Muestras de tejido de peces:** Se tomaron muestras de aproximadamente 5 g de hígado y riñón en un vaso de precipitado. La muestra fue deshidratada hasta peso seco constante en una estufa a 40°C durante 24h para poderla macerar. Se tomó una submuestra pulverizada de 0,5 g y colocada dentro de un vaso de precipitado de 50 ml. Se adicionaron 3 ml de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$  al 65%) concentrado, y 1 ml de ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$  al 72%) concentrado (Ramírez, 2011). El vaso de precipitado se tapó con un embudo y vidrio reloj (sistema de reflujo), la muestra se calentó a 150°C por 2 h en una plancha calefactora bajo campana, se dejó enfriar y luego se filtró en un sistema al vacío. Finalmente, se aforó a 25 ml con agua desionizada y se almacenó en un frasco plástico rotulado

Las muestras de sedimento y tejido biológico se analizaron en un espectrofotómetro de Absorción Atómica ICE 3500 Thermo Scientific, siguiendo el procedimiento para metales por llama, horno de grafito y vapor frío. Las condiciones de operación se muestran en la [tabla 1](#).

**Tabla 1.** Condiciones de operación para el análisis de metales por espectrofotometría de absorción atómica.

Metal	Curva de Calibración	Nº de réplicas	Modo de medida	Longitud de onda (nm)	Rendimiento (nm)	Corrección de fondo	R	LDM	LQM
Pb µg/L	0,5 – 4,0	2	AP-T	217	0,2	Zeeman	0,997 3	0,4	1,1
Cd µg/L	0,1 - 3,0	2	AP-T	228,8	0,2	Zeeman	0,998 4	0,1	0,28
Ni mg/L	0,05 – 4,0	3	C	232	0,1	LD	0,999 3	0,05	0,12
Zn mg/L	0,02 – 4,0	3	C	213,9	0,2	LD	0,998 4	0,01	0,02 7
Hg µg/L	0,14 -2,0	2	C	253,7	0,5	LD	0,996 7	0,14	0,40

AT-P = Altura de Pico-Tránsito, C = Continuo, LD = Lámpara de Deuterio D2

### Factor de Bioacumulación (BFC)

El factor de bioacumulación (BCF) fue calculado mediante la fórmula propuesta por Mountouris et al. (2002), teniendo en cuenta que la toxicidad de estos metales para los organismos acuáticos depende de la disponibilidad de ellos en el medio y de la capacidad de los organismos para asimilar metales directamente de la ingesta de partículas de sedimento (Amiard et al., 2007):

$$BFC = C_{biota}/C_{sedimento} \quad [1]$$

La concentración (C) en la biota corresponde al promedio de cada metal en todos los organismos analizados en cada sector del estudio.

Para el análisis estadístico se aplicaron criterios como las pruebas de medias normales (ANOVA de un factor) con varianza y medias desconocidas, coeficiente de correlación lineal, series de tiempo para el caso de las concentraciones en los diferentes períodos de monitoreo, diferencias de concentración de metales entre los peces según las tallas y análisis de correlación entre concentración de metales; mediante la utilización del software SPSS versión 21 IBM.

## Resultados y Discusión

La secuencia de concentración de metales pesados hallada en el sedimento de la zona costera de La Guajira, en las dos épocas climáticas, fue: Zn > Ni > Pb > Cd > Hg. La [tabla 2](#) indica la estadística descriptiva de las variables medidas en los sedimentos de las zonas de estudio. El análisis de varianza muestra que las concentraciones de metales pesados en el sedimento no fueron estadísticamente diferentes ( $p > 0,05$ ) en los periodos lluvia y sequía para la todas las estaciones. El análisis de correlación de Pearson muestra una relación positiva significativa entre Zn, Pb, Cd y MO en sedimentos mientras que, para el pH se encontró una correlación negativa significativa para los metales Cd y Zn ([Tabla 3](#)); que concuerda con la disminución de la biodisponibilidad de los metales pesados en los sedimentos a medida que aumenta el pH. Las correlaciones significativas desde el punto de vista estadístico entre los metales Pb y Zn ( $r = 0,73$ ); sugiere fuentes de orígenes similares.

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de las variables medidas en los sedimentos de las costas de La Guajira. DS: desviación estándar.

Variable	Media	DS	Mínimo	Máximo
pH	8,19	0,26	7,23	8,62
Eh (mV)	-41,55	1,50	-95,41	-10,25
MO (%)	1,45	3,15	0,38	4,03
Pb ( $\mu\text{g/Kg}$ )	90,06	33,02	54,61	123,94
Cd ( $\mu\text{g/Kg}$ )	1,80	0,68	0,98	2,84
Ni ( $\mu\text{g/Kg}$ )	90,3	0,09	80,0	1220
Zn ( $\mu\text{g/Kg}$ )	430,2	0,22	250,0	630,0
Hg ( $\mu\text{g/Kg}$ )	0,20	0,01	0,15	0,27

**Tabla 3.** Matriz de correlaciones entre metales y parámetros fisicoquímicos de los sedimentos

	Pb	Cd	Ni	Zn	Hg	pH	MO	Eh
Pb	1							
Cd	-0,153	1						
Ni	0,265	0,243	1					
Zn	0,731**	-0,158	-0,110	1				
Hg	-0,112	-0,105	0,091	-0,332	1			
pH	-0,140	0,480*	0,240	-0,461*	0,200	1		
MO	-0,002	-0,218	-0,114	0,370	0,056	-0,618**	1	
Eh	0,422*	0,191	0,127	0,311	-0,185	0,127	-0,062	1

\*La correlación es significativa a nivel 0,05 (bilateral)

\*\*La correlación es significativa a nivel 0,01 (bilateral)

En las zonas costeras los metales pesados como Hg, Ni, Cd y Pb son de origen antrópico y deben ser introducidos al sistema marino por actividades tales como minería, agricultura, descarga de aguas residuales, entre otras (Márquez et al., 2008). La MO también juega un papel importante en la captura de metales, ya que estos incorporan los metales a su estructura mediante fenómenos de atracción y generación de compuestos organometálicos, limitando la biodisponibilidad de los mismos,



arrastrándolos y depositándolos en los sedimentos. En el litoral costero el Zn y Pb pueden entrar al mar por vía de efluentes domésticos, industriales, descargas de los ríos y mediante emanaciones a la atmósfera, y posteriormente ser depositados y acumulados en el sedimento mediante procesos biogeoquímicos (Acosta & Ladeiras, 2002).

Las concentraciones de los metales Hg, Ni y Zn en el sedimento se encuentran por debajo del rango del límite de tolerancia para los organismos acuáticos, correspondientes a 150 - 710 µg/Kg, 20900 - 51600 µg/Kg y 150000 - 410000 µg/Kg, respectivamente (NOAA, 1999); lo que indica que estos metales acumulados en el sedimento, no ocasionan efecto de incidencia biológica a las especies estudiadas.

La [tabla 4](#) indica la estadística descriptiva de los metales pesados determinados en los tejidos de los peces. En la [tabla 5](#) se presenta una comparación de este estudio con los realizados sobre otras especies de peces de aguas dulceacuáticas y marinas.

**Tabla 4.** Estadística descriptiva de los metales pesados determinados en los peces analizados en las costas de La Guajira.

Especie	Metales	Media	DS	CV	Mínimo	Máximo
<i>Lutjanus synagris</i>	Pb (µg/Kg)	63,4	27	0,43	8	114
	Cd (µg/Kg)	5,4	3	0,56	5,1	6,3
	Ni (µg/Kg)	2520	1	0,0004	2500	2530
	Zn (µg/Kg)	2380	710	0,32	1220	2650
	Hg (µg/Kg)	47	34	0,69	18	160
<i>Lutjanus vivanus</i>	Pb (µg/Kg)	66,8	22	0,36	12	98,3
	Cd (µg/Kg)	4,9	6	1,22	4,1	5,9
	Ni (µg/Kg)	2490	1	0,0003	2380	2730
	Zn (µg/Kg)	2510	647	0,26	1454	2640
	Hg (µg/Kg)	52	39	0,83	22	145

DS = Desviación estándar, CV = Coeficiente de variación



**Tabla 5.** Valores de concentración de metales pesados (Cd, Ni, Pb, Zn, Hg), registrados en peces dulceacuícolas y marinos de Colombia y otras regiones del mundo.

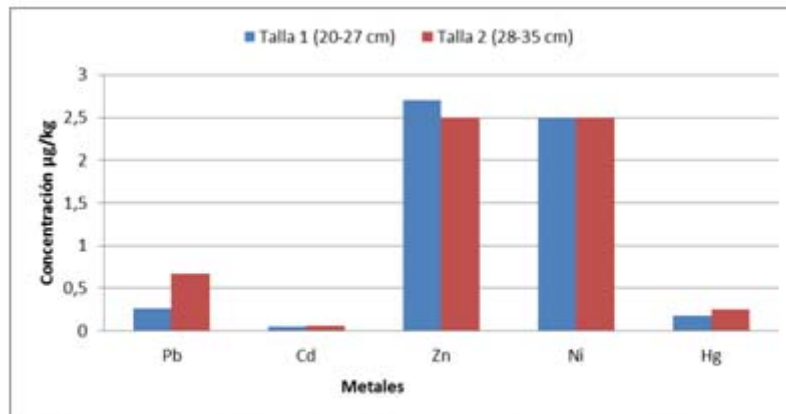
Peces	Metales ( $\mu\text{g/Kg}$ )	Fuente
<i>Lutjanus synagris</i> (Pargo rojo rayado)	Pb: 63,4	Los autores
	Cd: 5,4	
	Ni: 2520	
	Zn: 2380	
	Hg: 47	
<i>Lutjanus vivanus</i> (Pargo rojo ojo amarillo)	Pb: 66,8	Los autores
	Cd: 4,9	
	Ni: 2490	
	Zn: 2510	
<i>Lutjanus russelli</i> (Serra)	Hg: 52	(Thiyagarajan et al., 2012)
	Pb: 210	
	Cd: 40	
<i>Lutjanus griseus</i> (Mangle)	Hg: 90	(Leung et al., 2014)
	Pb: 30	
<i>Lutjanus stellatus</i> (Estrella)	Cd: 30	(Leung et al., 2014)
	Pb: 40	
	Cd: 70	
<i>Prochilodus magdalenae</i> (Bocachico)	Hg: 20	(Ruiz et al., 1996)
	Pb: 4760	
	Cd: 256	
<i>Pimelodus clarias</i> (Barbul)	Zn: 25490	(Ruiz et al., 1996)
	Cd: 104	
	Zn: 17380	
Peces	Metales ( $\mu\text{g/Kg}$ )	Fuente
<i>Mugil curema</i> (Lisa blanca)	Cd: 40	(Márquez et al., 2008)
	Zn: 20390	
	Pb: 280	
<i>Centropomus undecimalis</i> (Róbalo)	Cd: 72	(Márquez et al., 2008)
	Zn: 8710	
	Ni: 1940	
<i>Cathorops spixi</i> (Chivo mapalé)	Cd: 9	(Márquez et al., 2008)
	Ni: 140	
	Zn: 22510	
	Pb: 220	
<i>Mugil gaimardianus</i> (Lisa común)	Cd: 72	(Márquez et al., 2008)
	Ni: 270	
	Zn: 17290	
	Pb: 120	

La concentración promedio de Pb en este estudio es inferior a la encontrada en la especie *L. russelli* (Serra) en la costa Sureste de India (Thiyagarajan et al., 2012), pero mayor ( $\approx 50\%$ ) que en las especies *L. griseus* (Mangle) y *L. stellatus* (Estrella) registradas por Leung et al. (2014) en China. A pesar de las bajas concentraciones de Pb determinadas en sedimento y tejido de hígado y riñón de los peces, se encontró una correlación significativa (0,441) lo que constituye una evidencia de bioacumulación de este metal en los peces analizados. El contenido de Cd en los tejidos presenta una correlación significativa con el presente en el sedimento (-0,419). Al comparar la concentración de cadmio presente en las especies *L. synagris* y *L. vivanus* con otras especies de este género, se encuentra que es inferior (entre 8 y 10 veces) que en *L. russelli*, *L. griseus* y *L. stellatus* (Thiyagarajan et al., 2012; Leung et al., 2014). También es inferior (solo el 96%) de lo registrado en las especies *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) y *Pimelodus clarias* (Barbul) en el río Magdalena de Colombia (Ruiz et al., 1996); al igual que la registrada en la Laguna de Unare de Venezuela, en la especie *Mugil curema* (Lisa blanca) y *Centropomus undecimalis* (Róbalo) (Márquez et al., 2008). El níquel se encuentra en concentraciones casi que invariables ( $cv = 0,0004$ ). Este metal se encuentra en mayor cantidad que la reportada en el estudio de la Laguna Unare (Venezuela) sobre la especie *Mugil gaimardianus* (Lisa común) y *Cathorops spixi* (Chivo mapalé) (Márquez et al., 2008).

El zinc es un metal que es requerido por el organismo (Ruiz et al., 1996), sin embargo, un aumento en las concentraciones lo hace tóxico para los organismos acuáticos. El zinc es un elemento nutritivo para los organismos, sin embargo, altas concentraciones en los peces influyen negativamente en el sistema de reproducción, causando problemas en las branquias, generando estrés, abrasión de la piel, hemorragia en las aletas y degeneración de la actividad hepática (Palacio, 2007). En especies de *Mugil cephalus*, se ha registrado bioacumulación de zinc (Arúz et al., 2013). En la Laguna de Unare (Venezuela), fue registrada una concentración promedio de Zn de 8710  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , que representa casi cuatro veces mayor que la de este estudio, en varias especies de peces, lo que manifiesta un potencial peligro para las especies que habitan este ecosistema (Márquez et al., 2008). En el ambiente acuático, el zinc se asocia principalmente con materia en suspensión antes de acumularse finalmente (Duan et al., 2000).

El mercurio se presenta en concentración baja con poca variabilidad ( $cv = 0,75$ ) y una concentración promedio de 49  $\mu\text{g}/\text{kg}$  muy inferior a las reportadas para las especies como *L. russelli*, *L. griseus* y *L. stellatus* (Thiyagarajan et al., 2012; Leung et al., 2014). En aguas del río Magdalena a la altura de los municipios de Honda, Girardot y Neiva (Colombia), se encontraron concentraciones de mercurio en muestras de cinco especies de peces obtenidas; las concentraciones detectadas no sobrepasaron las 170  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ , a excepción de *Astyanax fasciatus* que presentó un valor de 360  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  en la zona de Neiva. Se pudo determinar que la contaminación por metales pesados (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn), es peligrosa en el caso del mercurio y del cadmio que exhiben niveles que pueden presentar un peligro para la salud de los pescadores y sus familias en la localidad de Honda, sobre el río Magdalena, que consumen nicuro y bocachico, especies en las que las concentraciones de mercurio encontradas llegaron a valores máximos de 2600 y 3530  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de Hg, y las de cadmio a valores de 104 y 256  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de Cd, respectivamente (Gómez et al., 1993). Se observa que se presenta mayor concentración de Cd, Hg y Pb en los individuos de mayor tamaño (entre 28 y 35 cm) que en los de menor tamaño (entre 20 y 27 cm) (Figura 3), para el caso del Pb esta concentración es

casi que el doble de diferencia entre las dos tallas ( $p < 0,01$ ), lo que sugiere una acumulación de metales con respecto a la edad.



**Figura 3.** Variación del contenido de metales ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) en los peces según la talla. Significancia: Pb ( $p < 0,01$ ), Cd, Zn, Ni, Hg ( $> 0,01$ ).

Plomo, cromo, cadmio y mercurio son metales no esenciales o no se les conoce función metabólica. No obstante, su toxicidad y biodisponibilidad están bajo el control de procesos o rutas metabólicas específicas de depuración y transformación dentro del organismo (Vélez, 2009). Los niveles de los metales Pb, Cr, Cd y Hg obtenidos en los peces de los distintos sitios estudiados fueron similares. Sin embargo, el origen y la biodisponibilidad de los metales pueden diferir debido a las condiciones que existan en cada sitio. Estos metales pesados pueden estar principalmente relacionados con la descomposición de la materia orgánica y liberación metálica en el medio, producto de los picos de surgencia costera que se presentan en la zona. El cadmio muestra un comportamiento biogeoquímico muy similar al de los nutrientes, principalmente al de los fosfatos, y por lo tanto parece ser controlado por el ciclo de la materia orgánica presente en la columna de agua. Esta característica hace que las aguas de surgencia enriquecidas, constituyan la principal fuente de este elemento para los organismos (Acosta & Ladeiras, 2004). La Guajira presenta una surgencia moderada, con transferencias totales de producción primaria de 3275 ( $\text{t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ); la intensidad promedio del viento favorable a los movimientos verticales ascendentes de las masas de agua característicos de La Guajira ( $9,5 \text{ m s}^{-1}$ ), es significativamente mayor que en los otros fenómenos oceanográficos del mundo. Esto junto con su ubicación tropical, sugiere que La Guajira es el sistema de borde occidental que podría producir el mayor volumen de surgencia por unidad de área en el mundo (Páramo et al., 2011).

De manera general no se observa una correlación lineal, positiva o negativa, significativa entre los metales; lo que puede indicar que estos no estarían influyendo en rutas metabólicas, o interactuando con otros metales para favorecer su incorporación (correlación positiva) o liberación (correlación negativa) (Tabla 6). La concentración de los elementos Pb, Cd y Hg determinada en hígado y riñón se encontró por debajo de los niveles máximos establecidos por la norma nacional (ICONTEC, 2009), para pescado entero, medallones y trozos, y al contenido máximo en productos alimenticios correspondiente al RCE 466 de la legislación vigente de la Comisión Europea (RCE, 2001).

**Tabla 6.** Matriz de correlaciones entre metales en los peces.

	Pb	Cd	Ni	Zn	Hg
Pb	1				
Cd	0,380	1			
Ni	0,250	0,250	1		
Zn	-0,94	-0,218	0,250	1	
Hg	0,334	0,157	0,250	0,336	1

\*La correlación es significativa a nivel 0,05 (bilateral)

\*\*La correlación es significativa a nivel 0,01 (bilateral)

El factor de bioacumulación calculado en este estudio (>1 en todos los casos, excepto el Pb) (Tabla 7), sugiere que ocurre un traspaso significativo de los metales presentes en los sedimentos hacia los niveles tróficos superiores, especialmente para el caso del Hg. Este factor permite inferir que para el caso del Cd, Ni, Zn y Hg hay un proceso de bioacumulación activa en los tejidos de los organismos estudiados. Una situación contraria a este estudio se indica sobre las especies Molusca y Echinodermata en la Bahía de San Jorge (Chile), cuyos factores de bioacumulación para el Cu, Zn y Pb tuvieron valores menores a 1, permitiendo inferir que no hay evidencias de bioacumulación en los organismos (Ke & Wang, 2002). En la Bahía Cienfuegos (Cuba), se logra determinar que la especie *Perna viridis* (Molusca-Bivalvia) es un organismo categorizado como bajo bioconcentrador de mercurio, sin embargo puede ser utilizado como centinela de la calidad de las aguas, pues bioconcentra aproximadamente cien veces los niveles de mercurio presentes en el agua de mar (García-Chamero et al., 2016).

**Tabla 7.** Factores de bioacumulación (BFC).

Metal	BFC
Pb	0,72
Cd	2,82
Ni	8,67
Zn	5,61
Hg	238,1

## Conclusiones

La fauna acuática correspondiente a las especies *L. synagris* y *L. vivanus*, y el sedimento superficial de las costas de La Guajira presentan concentraciones no elevadas de metales pesados. Los niveles de los metales Pb, Cd, Ni, Zn y Hg en los sedimentos superficiales, en ninguno de los casos sobrepasan la normativa nacional e internacional, de tal forma que estos metales pesados no presentan riesgo para los organismos presentes en el ecosistema marino, presentándose en niveles tolerables. Estos metales, al compararlos entre sí, no presentan diferencias estadísticamente significativas, se encuentran en cantidades inmovilizados en el sedimento, especialmente el Ni, Cu y Hg. Las especies *L. synagris* y *L. vivanus* pueden ser utilizadas como organismos centinelas en el programa de monitoreo de la calidad de las aguas de la costa de La Guajira, pues

bioconcentran más de doscientas veces los niveles de mercurio presentes en el sedimento del mar.

---

### Referencias bibliográficas

Acosta, V.; Ladeiras, C.; Senior, W & Martínez, G. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. **Interciencia**, v27, n. 12, p.686-690, 2002.

Acosta, V.; Ladeiras, C. Metales pesados en la almeja *Tivela macroides* **Born**, 1778 (Bivalvia Venedidae) en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela. **Ciencias Marinas**, v. 30, n. 2, p. 323-333, 2004.

Amiard, J.; Geffard, A.; Amiard-Triquet, C.; Crouzet, C. Relationship between the lability of sediment-bound metals (Cd, Cu, Zn) and their bioaccumulation in benthic invertebrates. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v72, p. 511-52, 2007.

Arúz, D.; García, A.; Rodríguez, F.; Zarate, M. Nivel de contaminación y distribución espacial de metales pesados en sedimentos superficiales de Bahía Damas, Isla Coiba. **I + D Tecnológico-RIDTEC**, v. 9, n. 2, p. 14-23, 2013.

Beltrán, M., Gómez, A. Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación. **Revista I 3+**, v. 2, n. 2, p. 82 – 112, 2015.

Castro, C.; Valdés, J. Contenido de metales en sedimentos y organismos bentónicos de la Bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 47, n. 1, p.121-133, 2012.

Corpoguajira e Invemar. **Atlas Marino Costero de La Guajira**. Serie de publicaciones especiales de Invemar No 27. Santa Marta, Colombia. 2012

Delgado, J. **Estudio de la contaminación por metales pesados en la Cuenca baja del río Guadiana**. Huelva, España: Universidad de Huelva. 2012. Tesis (Maestría en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Minerales)

Duan, Y.; Guttman, S; Oris, J.; Bailer, A. Genotype and toxicity relationships among *Hyalella azteca*: I. Acute exposed to metals or low pH. **Environ. Tox. Chem.**, v. 19, p. 1414-1421, 2000.

García-Chamero, A.; Gómez-Batista, M.; Alonso-Hernández, C.; Helguera-Pedraza, Y.; Chamero-Lago, D.; Torres-Marín, A. Distribución de mercurio en la Bahía de Cienfuegos. Evaluación de *Perna viridis* (Mollusca: Bivalvia) como bioconcentrador. **Revista Cubana de Química**, v. 28, n. 1, p. 507-519, 2016.

Gobert, B.; Berthou, P.; Lopez, E.; Lespagnol, P.; Oqueli, M.; Macabiau, C.; Portillo, P. Early stages of snapper grouper exploitation in the Caribbean (Bay Islands, Honduras). **Fisheries Research**, v. 73, 159-169, 2005.

Gómez, Q.; Martínez, R.; Podlesky, E. Contenido de mercurio en varias especies de peces del río Magdalena y en harinas comerciales de pescado, 1993, en: informe técnico mercurio: un contaminante ambiental ubicuo y peligroso para la salud humana. **Biomédica**, v. 15, n. 3, p. 183, 1995.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. **Métodos analíticos del laboratorio de suelos**. Bogotá, 2006.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC. **NTC 1443. Productos de la pesca y acuicultura. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados**. Bogotá, 2009.

Ke, C.; Wang, W. Trace ingestion and assimilation by the green mussel *Perna viridis* in a phytoplankton and sediment mixture. **Mar Biol**, v. 140, p. 327-335, 2002.

Leung, H.; Leung, A.; Wang, H.; Ma, K.; Liang, Y.; Ho, K. et al. Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD), China. **Mar Pollut Bull**, v. 78, 235–245, 2014.

Márquez, A.; Senior, W.; Fermín, I., Martínez, G.; Castañeda, J., González, A. Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la Laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela. **Revista Científica**, v. 18, p. 73-86, 2008.

Marrugo, J.; Paternina, R. **Evaluación de la contaminación por metales pesados en la Ciénaga La Soledad y Bahía de Cispatá, cuenca del bajo Sinú, departamento de Córdoba**. Montería: Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Córdoba. 2011.

Mountouris, A.; Voutsas, E.; Tassios, D. Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: the importance of bioavailability. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 1136-1141, 2002.

National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA. **Sediment quality guidelines developed for the National Status and Trends Program**, 1999.[ccma.nos.noaa.gov/publications/sqg.pdf]. Revisado: Junio 2016.

Palacio, J. **Ecotoxicología Acuática**. 1<sup>a</sup> ed. Medellín, Colombia: Imprenta Universidad de Antioquia. 2007.

Páramo, J.; Correa, M.; Núñez, S. Evidencias de desacople físico-biológico en el sistema de surgencia en La Guajira, Caribe colombiano. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 46, n. 3, p. 421-430, 2011.

Ramírez, O. **Evaluación de la contaminación por metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en especímenes de lenguado senegalés (*Solea senegalensis*)**.



**Aplicación de biomarcadores.** Cádiz., España: Universidad de Cádiz. 2011. Tesis (Doctorado en Ciencias y Tecnologías Marinas).

RCE 466. **Reglamento (CE) n° 466/2001 de la Comisión. Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.** DO L 77 de 16.3, 2001.

Rodríguez, A.; Páramo, J. Distribución espacial del pargo rayado *Lutjanus synagris* (pisces: lutjanidae) y su relación con las variables ambientales en el Caribe colombiano. **Actual Biol**, v. 34, n. 96, 55-66, 2012.

Ruiz, F.; Fandiño, C.; Romero, G.; Guevara, M. Contaminación de peces por metales pesados en el río Magdalena. **Licania arbórea**, v. 1, n.1, p.18-22, 1996.

Thiyagarajan, D.; Dhaneesh, K.; Kumar, T.; Kumaresan, S.; Balasubramanian, T. Metals in fish along the southeast coast of India. **Bull Environ Contam Toxicol**, v. 88, n. 4, 582–588, 2012.

Tokar, E.; Boyd, W., Freedman, J.; Waalkes, M. **Toxic effects of metals.** Casarett and Doull's Toxicology. 8th ed. McGraw-Hill. 2015. 93p.

Vélez, M. **Indicadores de estrés oxidativo relacionados con la presencia de elementos traza (plomo, cadmio, mercurio y arsénico), en diferentes tejidos de tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*).** La Paz, Baja California Sur: CIBNOR. La Paz, Baja California. 2009. Tesis (Maestría en Ciencias).

Zuluaga, J.; Gallego, S.; Ramírez, C. Contenido de Hg, Cd, Pb y As en especies de peces: revisión. **VITAE**, v. b22, n. 2, p.148-159, 2015.

---

**Como citar:** Barros-Barrios, O; Doria-Argumedo, C. & Marrugo-Negrete, J. Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia. **Revista Veterinaria y Zootecnia**, v. 10, n. 2, p. 27-41, 2016. DOI: 10.17151/vetzo.2016.10.2.3

---

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

