



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Ni, Cu, Pb, Zn y Cr) EN EL
ALCATRÁZ *Pelecanus occidentalis* (AVES: PELECANIFORMES) PROVENIENTE
DEL COMPLEJO LAGUNAR CHACOPATA-BOCARIPO, PENÍNSULA DE
ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.

(Modalidad: Tesis de Grado)

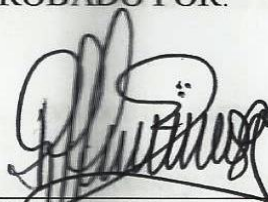
MOISÉS AARÓN VERA SOLANO

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

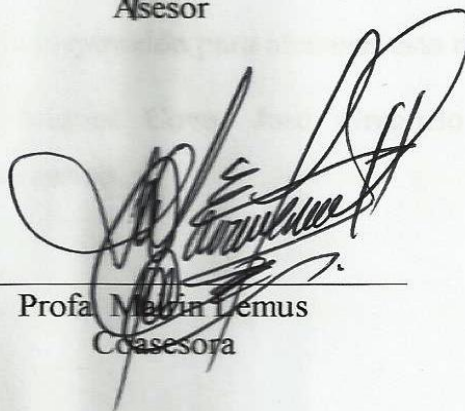
CUMANÁ, 2013

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Ni, Cu, Pb, Zn y Cr) EN EL
ALCATRAZ *Pelecanus occidentalis* (AVES: PELECANIFORMES) PROVENIENTE
DEL COMPLEJO LAGUNAR CHACOPATA-BOCARIPO, PENÍNSULA DE
ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

APROBADO POR:



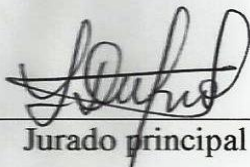
Prof. Jorge R. Muñoz G.
Asesor



Profa. Marín Lemus
Coasesora



Jurado principal



Jurado principal

DEDICATORIA

A:

Mis Madres, Aura y Margaret, que durante toda la vida han velado por mí y ahora ven el fruto de su esfuerzo.

Mis hermanos, para que este logro les sirva como ejemplo de vida y superación.

Mi compañera Aurimer, por ser mi mano derecha y estar conmigo en las buenas y en las malas. Este triunfo es nuestro!

Mi hija, rayo de luz en mi existir e inspiración para alcanzar esta meta.

Mis amigos: Miguel, Huber, Miguel Covo, José Gregorio, Diego y Onnelys, por su incondicional apoyo durante este camino

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios Todopoderoso y María Santísima, por iluminarme el camino y llenarme de bendiciones.

Mi asesor, Prof. Jorge Muñoz, por su dedicación y por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación bajo su tutela.

Mi coasesora, Profa. Mairin Lemus, por su valioso tiempo y paciencia, así como las oportunas orientaciones durante el desarrollo del trabajo.

El Departamento de Biología y a cada uno de los profesores que nos abrieron camino a lo largo de la carrera.

El Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán (CIEG-UDO) y a todo su personal por sus servicios y colaboración.

El señor Abel Vásquez por su valiosa ayuda en la captura de los ejemplares.

El técnico José Prin, por su oportuna colaboración en la lectura de las muestras.

Los profesores Oscar Chinchilla, José Véliz, Gedio Marín y María Balza, porque con su ejemplo y dedicación a la ciencia, marcaron la pauta de lo que algún día llegaré a ser.

El Licenciado Jesús Bello, por su valiosa ayuda y colaboración oportuna.

Mi amigo José Gabriel, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, y siempre estar en las buenas y en las malas. Gracias hermano!

La familia Rumbos Núñez, por haberme acogido como otro hijo más en su hogar.

Las señoras Merys y Rosa García, por haberme abierto las puertas de su hogar.

A todos muchísimas gracias

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXOS	36

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores permisibles de algunos metales pesados en sedimentos, agua, bivalvos y peces.....	9
Tabla 2. Límites máximos permisibles según norma mexicana (NOM-004-ZOO, 1994) de algunos metales pesados (mg/kg) para aves.	10
Tabla 3. Concentración de plomo (mg/kg masa seca) en órganos de <i>Pelecanus occidentalis</i> (KW=0,51 NS; $p>0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.....	19
Tabla 4. Regresión lineal simple de la masa de los tejidos con respecto al índice de metales en <i>Pelecanus occidentalis</i> en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.....	23
Tabla 5. Concentraciones promedio de Cu, Zn, Pb, Cd Ni y Cr (mg/kg) en aves, reportado por algunos autores con respecto a la presente investigación.	24

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa donde se muestra la zona de estudio.	5
Figura 2. Concentración de cromo (mg/kg masa seca) en órganos de <i>Pelecanus occidentalis</i> (KW=3,97*; $p<0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.	11
Figura 3. Concentración de níquel (mg/kg masa seca) en órganos de <i>Pelecanus occidentalis</i> (KW=1,50 NS; $p>0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.	13
Figura 4. Concentración de cobre (mg/kg masa seca) en órganos de <i>Pelecanus occidentalis</i> (KW=11,85*; $p<0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.	15
Figura 5. Concentración de zinc (mg/kg masa seca) en órganos de <i>Pelecanus occidentalis</i> (KW=4,90*; $p<0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.	17
Figura 6. Concentración de cadmio (mg/kg masa seca) en órganos de <i>Pelecanus occidentalis</i> (KW=4,00*; $p<0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.	20

RESUMEN

Se determinaron las concentraciones totales de los metales pesados Cd, Ni, Cu, Pb, Zn y Cr en muestras de tejido muscular, hígado, cerebro, pulmones, riñones y corazón del ave acuática *Pelecanus occidentalis* (alcatraz) del complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, localizado al norte de la península de Araya, estado Sucre. Se capturaron seis ejemplares durante el mes de julio de 2010, utilizando redes tipo atarraya, durante el lapso de alimentación desde las 6:00 am hasta las 10:00 am, utilizando peces como cebo. Posteriormente, los ejemplares fueron trasladados al Laboratorio de Ecología de Aves del Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán, donde se procedió a determinar los parámetros morfométricos y a realizar la disección de órganos y tejidos. Éstos fueron pesados y secados para luego ser digeridos con HNO_3 en una relación 1 g/3 ml. Las muestras fueron analizadas por espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICP), para determinar Pb, Cd, Zn, Ni, Cu y Cr. Los niveles de Ni (KW= 1,50 NS; $p>0,05$) y Pb (KW= 0,51 NS; $p>0,05$) encontrados en los distintos órganos y tejidos no mostraron diferencias significativas entre ellos. Por su parte, el Cr (KW=3,97*; $p<0,05$) y Zn (KW=11,85*; $p<0,05$) mostraron diferencias significativas entre los distintos órganos, encontrándose una mayor acumulación de ambos metales en el músculo pectoral ($22,4\pm 23,49$ mg/kg masa seca y $21,17\pm 21,47$ mg/kg masa seca para Cr y Zn, respectivamente). Esto pudiera deberse a que dicho tejido es responsable junto al músculo supracoracoides del aleteo durante el vuelo, el cual posee una alta actividad metabólica y a su vez es el más irrigado de sangre. Por otra parte, ya que los alcatraces permanecen un tiempo considerable nadando, pudiera haber un intercambio de iones metálicos disueltos en el agua, los cuales son incorporados al tejido a través del proceso de adsorción. Los niveles de Cu (KW=4,90*; $p<0,05$) y Cd (KW=4,00*; $p<0,05$) también presentaron diferencias significativas, donde se observó una mayor acumulación del primero por parte del hígado ($15,17\pm 8,30$ mg/kg masa seca) y del segundo por el riñón ($4,79\pm 5,54$ mg/kg masa seca); esto quizás se asocie con la fisiología propia de cada órgano, enlazándolos a metalotioninas y depurando el organismo de concentraciones perniciosas. En este estudio se evidenció la exposición del alcatraz a elementos metálicos perjudiciales; sin embargo los valores se encuentran por debajo de los reportados por otros autores en otras zonas, lo que indica que el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo a pesar de la gran actividad antropogénica, no se encuentra impactada en gran escala por lo menos por estos metales.

INTRODUCCIÓN

Todos los procesos que involucran la obtención de una determinada materia prima, su transformación, depósito y transporte y luego su utilización y consumo, originan algún tipo de emisión de material o de residuo, los que llegan al ambiente e interaccionan con alguno de sus componentes para alcanzar, finalmente, a través de la cadena alimenticia al hombre (Baran, 1995). Muchos de estos residuos no son biodegradables y por lo tanto su permanencia en el ambiente plantea una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre (Paredes, 1998; Alarcón, 2003).

Si bien los metales tienen un origen natural, que provienen de la erosión y lixiviación de la roca madre, los cuales son transportados por los ríos y/o la atmósfera (Ahumada y Contreras, 1999), durante las últimas décadas han aumentado considerablemente sus concentraciones en las zonas industrializadas, contaminando la atmósfera, la cubierta sedimentaria y las aguas, sistemas que corresponden al soporte de todo el componente biótico (Aracena, 2003).

Entre los muchos contaminantes que se vierten al ambiente, los metales pesados son altamente persistentes (Gallo y Campos, 1997). A la hora de hablar de éstos, surgen varias definiciones; así encontramos a Harrison y Hoare (1980) quienes al referirse a los metales pesados, los definen como elementos de transición y no transición, que pertenecen a los grupos III, IV, V y VI de la tabla periódica. Otros autores como Pinochet y cols. (2002) los definen haciendo referencia a sus características químicas como la densidad, es decir, considera como metales pesados a aquellos elementos químicos con una densidad mayor a valores que oscilan entre los 5 - 6 g/cm³.

Tanto el estado físico como el químico de un metal son importantes para sus mecanismos de transporte y por tanto su biodisponibilidad (Spiro, 2004), así como igualmente el balance entre la captación y excreción del metal, que realiza el organismo. La eliminación de los metales desde los organismos acuáticos se produce básicamente a través de la excreción y muda del exoesqueleto, plumas, etc. (Ramírez, 1981).

Otra característica que hace que los metales pesados sean tan peligrosos es su tendencia a acumularse en los organismos. Por esta causa, cantidades reducidas y en apariencia inofensivas absorbidas durante un largo periodo de tiempo llegan a alcanzar

niveles tóxicos, este fenómeno recibe el nombre de bioacumulación, la cual tiende a agravarse conforme avanza la cadena alimenticia. (Nebel, 1999).

Cada organismo acumula la concentración de sus alimentos, de modo que la cantidad de éstos en su cuerpo es en algunos casos superior al volumen corporal de los mismos. En tal sentido, el siguiente organismo de la cadena alimenticia tiene ahora un alimento más contaminado, el cual almacena el agente contaminante en un grado aún mayor. Este efecto multiplicador de la bioacumulación a lo largo de la cadena alimenticia se llama biomagnificación (Nebel, 1999; Mercado, 2004).

La bioacumulación de metales en los organismos marinos implica procesos complejos, ya que los metales disueltos suelen asociarse con ligandos orgánicos o inorgánicos y, en menor cantidad, se pueden encontrar como iones libres. Los metales ligados o libres pueden ser transportados a través de la membrana celular del epitelio digestivo y otras superficies permeables mediante una gran variedad de mecanismos de transporte activos o pasivos (transportadores de membrana, permeabilización lipídica, canales y bombas iónicas, endocitosis, etc.). La mayoría de los iones metálicos atraviesan las membranas por difusión pasiva a favor de gradiente de concentración, con la intervención en muchos casos de moléculas transportadoras, los cuales forman complejos biológicos y siendo esta forma la más biodisponible (Simkiss y Taylor, 1989).

La proporción de una u otra forma es un factor determinante en la acumulación de metales en los organismos, puesto que su velocidad de transporte a través de la membrana plasmática es diferente. Una vez incorporados, los metales en el organismo tienden a ligarse a una gran variedad de moléculas orgánicas, por ejemplo las metalotioneínas (Engel y Brouwer, 1989) o a precipitar en forma de gránulos (Rainbow, 1993). De esta forma, algunos organismos pueden acumular una gran cantidad de metales en su interior en forma inerte, reduciendo así su toxicidad (Iniesta y Blanco, 2005).

En ecotoxicología es fundamental el desarrollo de programas de biomonitorización del medio, puesto que éstos permiten obtener información sobre las relaciones entre las condiciones ambientales y el mundo vivo, recogiendo información sobre este proceso a lo largo de la existencia de la biocenosis, y permitiendo hacer

comparaciones entre distintos estados del ecosistema. En definitiva, se evalúan posibles cambios futuros que puedan afectar o alterar dicho biosistema. Para monitorear correctamente la presencia de elementos tóxicos en el ambiente, como metales pesados, se hace necesario el empleo de organismos capaces de acumular contaminantes trazas a niveles que permita su puesta en evidencia mucho antes que si dicha monitorización se realizara directamente sobre muestras abióticas (Stewart y cols., 1997).

En la actualidad, el empleo concreto de aves acuáticas como biomonitores cobra un especial interés, ya que estos animales están ampliamente distribuidos a nivel mundial y se sitúan en la cumbre de las cadenas ecológicas marinas (Savinov y cols., 2003). Estos seres han demostrado una marcada tendencia a la acumulación de contaminantes ambientales en diversos órganos y tejidos, como por ejemplo huevos, plumas o hígado, lo que permite evaluar el estado ecotoxicológico en que se encuentra el ecosistema marino (Diamond y Devlin, 2003).

La acumulación de elementos inorgánicos, y sobre todo de metales pesados, por parte de las aves marinas, ha sido objeto de estudio creciente en los últimos tiempos debido a la constatación de la elevación de los niveles de estos contaminantes ambientales (Kim y cols., 1998), como resultado de fenómenos de bioconcentración de estos xenobióticos en las cadenas ecológicas (Savinov y cols., 2003), y por su relación con efectos perjudiciales sobre las poblaciones afectadas (Thompson y cols., 1992).

Los niveles de metales pesados en las aves marinas dependen de varios factores, como por ejemplo la composición de la dieta, la intensidad y extensión de la exposición en las zonas de aprovechamiento, así como de distintos aspectos fisiológicos (Norheim, 1987). Diversos trabajos han mostrado que la concentración de estos contaminantes en estos animales posee un menor coeficiente de variación que el observado en peces o mamíferos marinos, de tal manera que los intervalos de confianza que ofrece el análisis de un número relativamente pequeño de muestras de aves es similar al obtenido analizando un número marcadamente superior de otros grupos zoológicos (Gilbertson y cols., 1987).

A pesar de su enorme utilidad en el biomonitoreo ambiental, la obtención de muestras de tejidos de aves marinas resulta a menudo complicada (especialmente en las

especies sometidas a una fuerte presión poblacional), pues los necesarios muestreos de ejemplares podrían agravar la ya de por sí delicada situación poblacional en la que se hallan (Burger y Gochfeld, 1997). Los trabajos que sobre esta temática puedan realizarse, han de centrarse en el empleo de animales que o bien han sido recogidos muertos a lo largo de las costas, o que ya no pueden ser recuperados para la vida libre y ejemplares de especies con alta tasa reproductiva (Malcom y cols., 2003). A partir de estos especímenes, entre las distintas posibilidades analíticas de que se podría disponer, el análisis de los niveles hepáticos de metales pesados cobra enorme importancia, pues el hígado constituye uno de los tejidos donde los metales pesados tienden a localizarse en mayor concentración (Diamond y Devlin, 2003).

En Venezuela, Pirela y Casler (2005) realizaron evaluaciones de las concentraciones de Hg en diferentes aves residentes: el cormorán *Phalacrocorax brasilianus* (Phalacrocoracidae), el chorlito *Charadrius collaris* (Scolopacidae) y la gaviota reidora *Leucophaeus atricilla* (Laridae), encontrando concentraciones de dicho metal por encima de los niveles permitidos para el ser humano ($>0,3$ mg/kg). Sin embargo, en nuestro país no se ha reportado ningún estudio ecotoxicológico donde el alcatraz *Pelecanus occidentalis* (Pelecanidae), ave muy común en las costas venezolanas, haya sido utilizado como biomonitor.

El alcatraz es un representante de la familia Pelecanidae (Pelecánidos), en otras áreas geográficas se conoce como pelicano. Son aves muy conocidas, de hábitos gregarios que poseen un cuerpo voluminoso, cola y patas cortas con dedos provistos de membranas natatorias, cuello largo, alas amplias y plumaje impermeabilizado. El pico es grande y dotado en su mandíbula inferior de un gran saco elástico donde el ave guarda los peces antes de engullirlos (Flores, 1977; Sibley y Monre, 1990).

El estado Sucre alberga un gran número de ejemplares de *P. occidentalis* en el país, lo que la perfila como una especie centinela potencial para estudios de impacto ambiental en dicha región (Marín y cols., 2008). Tomando en consideración lo expuesto, en el presente trabajo se evaluaron las concentraciones de metales pesados (Cd, Ni, Cu, Pb, Zn y Cr) en el alcatraz *Pelecanus occidentalis* provenientes del complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La zona de estudio corresponde el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo ($10^{\circ} 41' 49''$ N y $63^{\circ} 46' 23''$ O), ubicado al noreste de la península de Araya (Figura 1). Fisiográficamente, la zona se encuentra incluida dentro de la región insular-litoral, subregión litoral. El clima del área se caracteriza por una marcada aridez, con un nivel térmico promedio de 28°C y precipitaciones erráticas, tanto en el tiempo como en el espacio, con una media anual que va desde los 300 a 1000 mm^3 ; además de fuertes vientos alisios de dirección noreste, una temporada seca de diciembre a mayo y otra lluviosa de junio a noviembre, aunado a esto la carencia de fuentes fluviales (Poulin y cols., 1994).

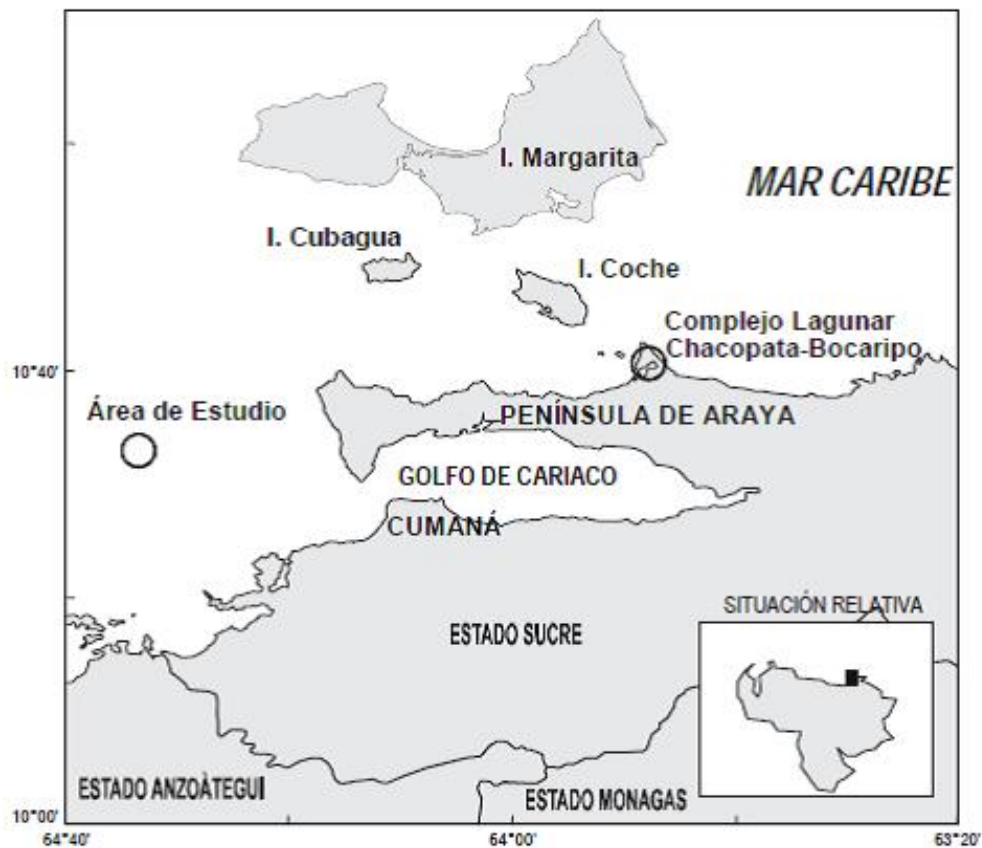


Figura 1. Mapa donde se muestra la zona de estudio.

La vegetación del complejo lagunar Chacopata-Bocaripo está integrada por un bosque mixto de manglar integrado por las cuatro especies características de estos ecosistemas a nivel nacional, a saber, el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Asociado a éstos se encuentra un estrato herbáceo conformado por las especies pioneras de estos ambientes como los son: *Batis marítima* (hierba salada), *Sesuvium portulacastrum* (vidrio) y *Salicornia fruticosa* (saladillo). En la parte más alta del gradiente se establecen especies ajenas a este ecosistema como las cactáceas (Cumana, 1999).

De campo

Se realizó un único muestreo en el mes de julio de 2010 (época reproductiva), en el cual se capturaron un total de seis ejemplares de alcatraz *P. occidentalis*, con la permisología del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y el consentimiento de los pescadores de la zona. Para ello, se utilizaron redes tipo atarraya con el uso de peces como cebo que provocaron la agrupación de las mismas, desde las 6:00 am hasta las 10:00 am, hasta completar la muestra. La identificación de las aves se llevó a cabo utilizando las claves de aves de Venezuela (Phelps y Meyer de Schauensee, 1994; Hilty, 2002) y Norteamérica (American Ornithologist Union, 1983)

De laboratorio

Las aves fueron colocadas en campanas marca Kalstein con algodones impregnados con éter hasta el deceso de las mismas. Posteriormente, se pesaron en una balanza Sartorius de 2 kg de capacidad (0,01 g de apreciación). Los organismos fueron disectados con equipo quirúrgico básico de laboratorio y se extrajeron los tejidos: cerebro, pulmones, corazón, hígado, riñones y músculo pectoral, los cuales se mantuvieron refrigerados a 4 °C hasta su posterior procesamiento.

Determinación de metales pesados en los tejidos de *Pelecanus occidentalis*

Las muestras de tejidos de *P. occidentalis* fueron colocadas en fiolas de 250 ml y pesadas en una balanza Sartorius de 2 kg de capacidad (0,01 g de apreciación). Luego fueron secadas a 60 °C hasta alcanzar peso constante (72 horas aproximadamente) en un horno marca Selecta. Los contenidos totales de metales pesados en el tejido seco se extrajeron a través de una digestión con ácido nítrico (grado analítico 65%) sobre una plancha de calefacción en baño de María modelo REF PA-77 (70 °C/2h) y se filtraron con agua desionizada utilizando papel filtro Watman 42 en balones aforados (25 ml), luego trasvasados a viales plásticos donde se mantuvieron en un refrigerador (General Electric) a 4 °C para su posterior análisis en un espectrómetro de plasma acoplado inductivamente (ICP) marca Perkin Elmer Óptima 5300 con flujo de argón-nitrógeno en el Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas de la Universidad de Oriente (IIBCA-UDO), en donde se realizaron las lecturas de los metales plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) cobre (Cu) y cromo (Cr). Las concentraciones de los metales se expresaron en mg/kg (unidades arrojadas por el equipo y referenciadas en la literatura).

Cálculo del índice de masa total de metales

El índice de masa total de metales se calculó según la ecuación:

$$M_{tm} = \sum m_i \times C_m$$

Donde:

m_i es la masa de cada tejido u órgano

C_m es la concentración de metal en cada órgano o tejido.

Análisis Estadísticos

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y posteriormente un análisis de rangos múltiples para determinar diferencias significativas en el contenido de metales pesados en los órganos y tejidos de las aves, haciendo uso del programa STATGRAPHICS plus 5.0. Los resultados se representaron mediante gráficos de cajas y

bigotes, recomendados por Boyer y cols. (1997), y en tablas.

Se relacionó el índice de masa total de metales con respecto al peso de cada órgano y/o tejido de los individuos y se estimaron a través de una regresión lineal simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aves marinas son animales conspicuos considerados monitores potenciales de los ambientes contaminados debido a su vulnerabilidad, asociada con su larga vida y posición en la cadena trófica, factores que los colocan como blancos finales de los procesos de contaminación química (Burger 1993; Rules y Páez 2003; Metcheva y cols., 2005; Pérez y cols., 2005). Algunos estudios ambientales han demostrado que los niveles de contaminación en aves marinas tienen un índice de variación bajo, comparado con peces y mamíferos marinos, y los intervalos de confianza obtenidos en estos análisis son tan pequeños como los obtenidos de muestras más grandes de dichos animales (Gilbertson y cols., 1987).

Los metales pesados tienden a acumularse en los sedimentos, dando lugar a reacciones químicas de transformación, para posteriormente, redisolverse en el agua, lo cual implica que pueden ser biodisponibles para el consumo de diversos organismos. La tasa de adsorción de los metales por parte de la biota, está controlada por la química del agua; disminución en la salinidad, aumento del potencial redox y variaciones en el pH son los cambios físico-químicos que pueden favorecer dicha adsorción (López y cols., 2000). En la Tabla 1 se muestra valores permisibles (según normas y leyes internacionales) de algunos metales pesados en sedimentos, agua y biota acuática; y en la Tabla 2, los límites permitidos por la norma mexicana para aves.

Tabla 1. Valores permisibles de algunos metales pesados en sedimentos, agua, bivalvos y peces

Metal	Sedimentos (mg/kg) según (CCAD, 2009)	Agua de Mar (mg/l) según (DSN90, 2000)	Bivalvos (µg/g) según (BFL, 1975)	Peces (µg/g) según (NTC, 2009)
Cd	6	0,036	1	0,05
Cr	75	0,176	13	0,73
Cu	50	3	30	2
Pb	35	0,012	1,7	0,12
Zn	200	5	50	15
Ni	50	0,56	20	NE

Tabla 2. Límites máximos permisibles según norma mexicana (NOM-004-ZOO, 1994) de algunos metales pesados (mg/kg) para aves.

Metaal	Órgano	Límite (mg/kg)
CADMIO	HIGADO	10
	RIÑON	5
	MUSCULO	2
COBRE	HIGADO	60
	RIÑON	10
	MUSCULO	2
PLOMO	HIGADO	2
	RIÑON	2
	MUSCULO	0,05

Las concentraciones de metales en los organismos dependen de diversos factores propios de éstos que condicionan su toxicidad, como la concentración, tiempo de acción, características fisicoquímicas, tipo de compuestos en que se presenten (orgánicos, inorgánicos, etc), formas de dispersión y presencia o ausencia de otras sustancias. De igual manera, dependen de factores propios del organismo que se relacionan con el grado de toxicidad de los metales como el tiempo y vía de exposición, mecanismos de absorción y excreción, grado de madurez (edad), estado nutricional y época reproductiva (Córdoba, 1999)

En la última década, diversos estudios se han realizado en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo para determinar la concentración de metales pesados tanto en sedimentos como en la biota marina. En vista de ello, Pérez y cols. (2006), evaluaron la biodisponibilidad de metales trazas en sedimentos superficiales, encontrando valores promedios (mg/kg masa seca) de Zn: 5,13; Cr: 0,15; Cd: 0,05; Pb: 6,30; Ni: 0,04; Cu: 0,32; Fe: 30,81 y Mn: 5,02; los cuales señaló que estaban por debajo de los límites referidos como contaminantes. Un año después, Pérez y cols, (2007), cuantificaron niveles de metales (Zn, Cr, Cd, Pb, Ni, Cu, Fe y Zn) en tejidos blandos de *Callinectes*

ornatus reportando también concentraciones por debajo de los límites establecidos para consumo animal y humano. De la misma manera, Cabrera (2010) evaluó la variación temporal de metales pesados (Ni, Cd, Pb, Cu y Zn) en el molusco *Anadara notabilis*, encontrando fluctuaciones en las concentraciones de los elementos evaluados durante las dos épocas del año (lluvia-sequía).

En este estudio se determinaron las concentraciones de cromo, níquel, cobre, zinc, plomo y cadmio en órganos y tejidos de *P. occidentalis* (figuras 2,3,4,5,6 y tabla 2).

Cromo

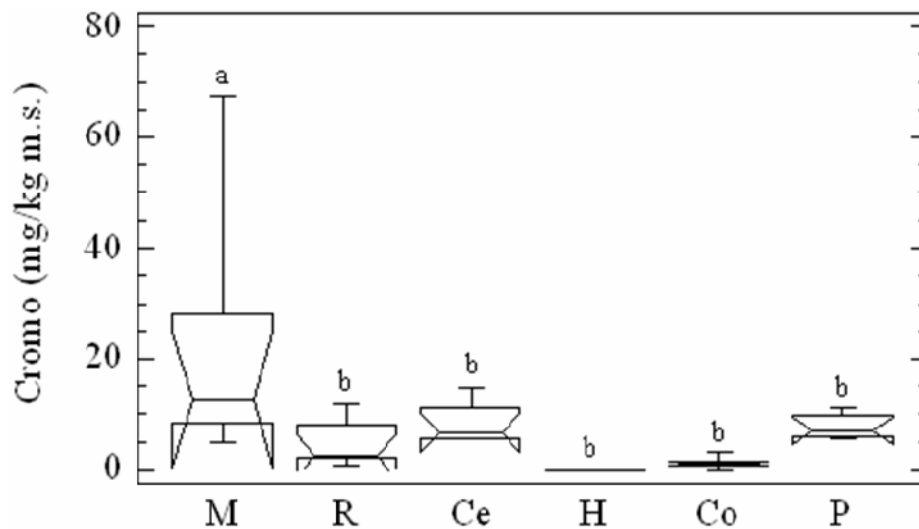


Figura 2. Concentración de cromo (mg/kg masa seca) en órganos de *Pelecanus occidentalis* (KW=3,97*; $p<0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo. M (Músculo), R (Riñón), Ce (Cerebro), H (Hígado), Co (Corazón) y P (Pulmón).

Los niveles de cromo determinados en *P. occidentalis* mostraron diferencias estadísticamente significativas (Kw=3,97*; $p<0,05$) entre los distintos órganos y tejidos. A través de la prueba *a posteriori* de contraste múltiple se pudo observar la formación de dos grupos: el primero representado por el músculo ($22,4\pm 23,49$ mg/kg masa seca) y el segundo grupo formado por los demás órganos: cerebro ($8,46\pm 3,78$ mg/kg masa seca), pulmón ($7,69\pm 2,33$ mg/kg masa seca), riñón ($4,58\pm 4,39$ mg/kg masa seca), corazón ($1,25\pm 1,07$ mg/kg masa seca) e hígado ($0,008\pm 0,02$ mg/kg masa seca).

La concentración promedio de cromo encontrada en los órganos y tejidos de *P. occidentalis* fue de $7,40 \pm 8,08$ mg/kg masa seca, encontrándose los máximos valores en el músculo pectoral ($22,4 \pm 23,49$ mg/kg masa seca) y los menores en hígado ($0,008 \pm 0,02$ mg/kg masa seca). No se conoce evidencia alguna de que el cromo tenga función fisiológica en aves (Dhia y cols. 2010); sin embargo, la alta concentración observada en el músculo pectoral probablemente se deba a procesos de adsorción, ya que el ave permanece un tiempo considerable nadando, pudiendo incorporar de esa manera al tejido, iones metálicos disueltos en el cuerpo de agua. Por otra parte, el órgano con menor acumulación de cromo fue el hígado, esto quizás debido a su actividad metabólica y función desintoxicante donde las metalotioninas (MTs) se enlazan a los metales y de alguna manera inhiben su acción tóxica. Scott (2007) sostiene que las MTs. se encuentran en todos los organismo vivos y se expresan en casi todos los tejidos, particularmente importante su presencia en órganos parenquimatosos como el hígado, riñón, intestino, testículos, pulmón, corazón y cerebro, siendo el primero el órgano con mayor capacidad de respuesta desde el punto de vista de síntesis y metabolismo de las MTs. Estudios recientes han comprobado la presencia de Mts en tejido aviar, por ejemplo, Beklova y cols., (2008) determinaron estas proteínas en aves domésticas, y concluyeron que probablemente juegan un papel importante en el metabolismo de éstas debido a sus hábitos alimentarios.

Navarro (2010) reportó valores promedio de cromo de 4,004 mg/kg de peso seco en algunos órganos del cormorán grande (*Phalacrocorax carbo sinensis*) en una laguna de Murcia, España, donde no reporta signos de intoxicación del ave por este metal. Deng y cols. (2007) encontró valores máximos de 2,91 mg/kg de cromo en 2 especies de paserinos en China, atribuyendo las bajas concentraciones reportadas a la poca actividad antrópica de la zona de muestreo. Savinov y cols. (2003) sostienen que niveles de cromo en la forma Cr^{6+} con valores superiores a 80 mg/kg, pudieran provocar daño teratogénico y/o mutagénico, cantidad que se encuentra por encima de los valores reportados en esta investigación.

El Cr es encontrado en el ambiente en dos formas diferentes: trivalente y hexavalente, siendo ésta última la más soluble y tóxica, causando estrés oxidativo, daño

al ADN y perturbación de la expresión genética de algunas especies acuáticas (Roling y cols., 2006; Lacma y cols., 2007). Este metal se origina en procesos de la industria del papel y cartón, petroquímicos, compuestos orgánicos, soda cáustica, abonos, refinerías, metalúrgica, industrias de autos y aviones, cemento, asbesto, textiles, cueros, plantas a vapor, cerámicas, fungicidas, ladrillos a prueba de fuego, anticorrosivos, pigmentos y pinturas (Alayo y cols., 2004; Becker y cols., 2006; Roling y cols., 2006; Lacma y cols., 2007).

Cabe destacar que la presencia de este metal en la zona de estudio, pudiera estar vinculada con el uso frecuente de anticorrosivos, pigmentos y pinturas con base de cromo para matizar los botes tipo peñero, que forman parte de la flota pesquera del área, así como también efluentes domésticas, sistemas de corrientes y al tráfico marítimo que caracteriza la zona estudiada. Aunque las concentraciones obtenidas no rebasan los límites internacionales establecidos para sedimentos, si sobrepasan los permitidos para agua, bivalvos y peces.

Níquel

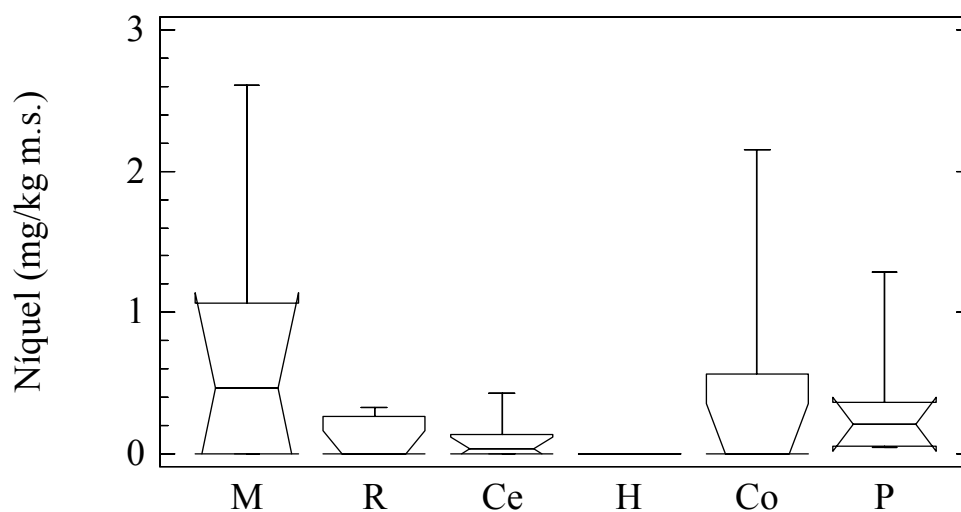


Figura 3. Concentración de níquel (mg/kg masa seca) en órganos de *Pelecanus occidentalis* (KW=1,50 NS; $p>0,05$) en el complejo lagunar Chacopata- Bocaripo. M (Músculo), R (Riñón), Ce (Cerebro), H (Hígado), Co (Corazón) y P (Pulmón).

Dependiendo de la concentración de níquel, algunas aves marinas desarrollan una

alteración en la densidad de los huesos, además de la inhibición del crecimiento, trastorno metabólico y reducción de la sobrevivencia como síntomas de toxicidad por dicho metal (Eisler, 2000).

La concentración promedio de Ni obtenida en esta investigación fue de $0,30 \pm 0,29$ mg/kg masa seca. Los niveles de Ni encontrados en los distintos órganos y tejidos de *P. occidentalis* no mostraron diferencias significativas entre ellos (KW=1,50 NS; $p > 0,05$).

Hogstad (2011) encontró valores de hasta 2,77 mg/kg de Ni en *Poecile montanus*, afirmando de que dicho metal no interviene de manera negativa en el desarrollo morfológico de los individuos. Por su parte, Saldivia (2005), obtuvo concentraciones de este metal entre los 2 y 5 mg/kg de peso seco (6 veces más elevadas que las encontradas en el presente trabajo) en el cisne de cuello negro (*Cignus melancoryphus*) en Chile, y asumió que no existió contaminación en el ave por este metal puesto que las cantidades fueron muy bajas. Los valores de Ni obtenidos en esta investigación, no sobrepasan los límites internacionales establecidos para agua de mar, sedimentos y bivalvos, de manera que la presencia de este metal no supone una amenaza para el organismo en estudio. Mansouri y Hoshyari (2012) reportaron valores entre los 3 y 8 mg/kg en plumas de 2 especies de aves silvestres en Irán, concluyendo que la muda de las plumas representa un excelente mecanismo de depuración dentro de la fisiología de las aves.

El Ni es un oligoelemento esencial para los animales y los humanos, el cual se encuentra formando parte de la biosfera. Los yacimientos metalíferos de níquel están formados por acumulaciones de minerales de sulfuro de níquel y lateritas. La mayor parte de este metal obtenido en la industria minera se destina a la producción de acero inoxidable y otras aleaciones muy resistentes a la corrosión y a la temperatura (INTA, 1988).

Las principales fuentes de emisión de níquel a la atmósfera provienen de la combustión de carbón y petróleo para la obtención de calor o energía, la incineración de desechos y fangos cloacales, la extracción minera y la producción primaria de níquel, la fabricación de acero, la galvanoplastia y otras fuentes como la producción de cemento

(IPCS, 1991).

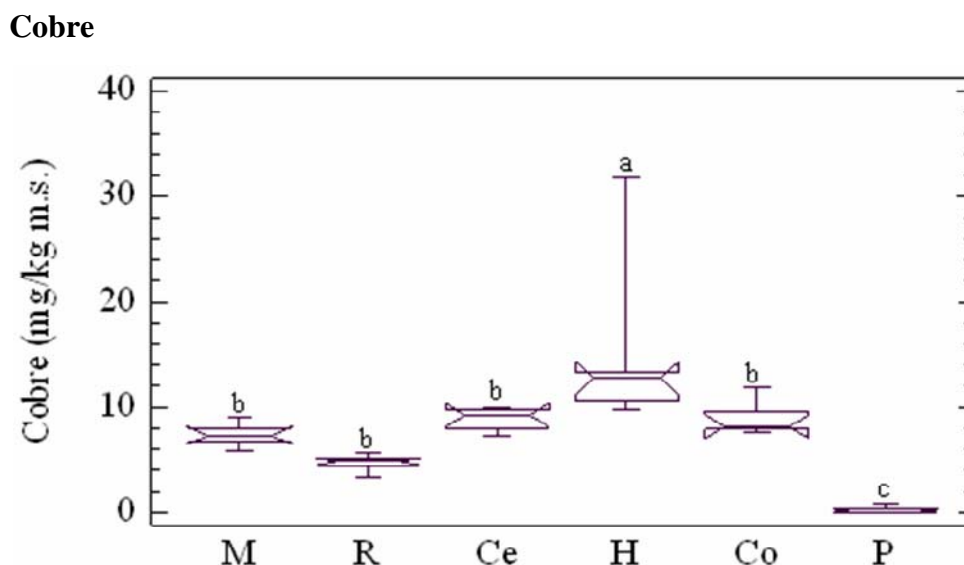


Figura 4. Concentración de cobre (mg/kg masa seca) en órganos de *Pelecanus occidentalis* (KW=11,85*; $p < 0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo. M (Músculo), R (Riñón), Ce (Cerebro), H (Hígado), Co (Corazón) y P (Pulmón).

Los niveles de cobre encontrados muestran diferencias estadísticamente significativas (KW=11,85*; $p < 0,05$) entre los distintos órganos y tejidos de *P. occidentalis*. A través de la prueba *a posteriori* de contraste múltiple se pudo observar la formación de tres grupos: el primero representado por el hígado (15,17±8,30 mg/kg masa seca), el segundo grupo formado por el corazón (8,91±1,64 mg/kg masa seca), cerebro (8,89±1,06 mg/kg masa seca), músculo (7,38±1,14 mg/kg masa seca) y riñón (4,76±0,75 mg/kg masa seca) y el tercer grupo por el pulmón (0,24±0,36 mg/kg masa seca).

Esta investigación corrobora lo expuesto por Stewart y cols. (1997) el cual sostiene que los metales con funciones fisiológicas como el cobre o el zinc, se pueden encontrar a concentraciones elevadas en cualquier órgano de las aves, pudiendo presentarse fluctuaciones mayores a nivel de hígado o riñón por su tendencia a

metabolizar y depurar al organismo de sustancias o concentraciones perniciosas. De la misma manera Hogstad (2011) encontró valores hepáticos de cobre de 20,04 mg/kg de Ni en *Poecile montanus*, atribuyendo estos niveles altos a la ingesta y posteriormente a la absorción de dicho metal por el hígado

La concentración promedio de cobre obtenida en este estudio fue de $7,56 \pm 4,96$ mg/kg entre los distintos órganos y tejidos de *P. occidentalis*. Beyer y Day (2004) sostienen que aves de gran tamaño como el cisne mudo (*Cignus olor*), comparativamente similares al alcatraz, soportan hasta 2000 mg de cobre/kg de tejido hepático. De la misma manera, Saldivia (2005) obtuvo valores de Cu que oscilaron entre los 20 y los 113 mg/kg en peso seco en el cisne de cuello negro, reportando que las aves no mostraron signos de intoxicación asociados a este metal. Szymczyk, y Zalewski (2003) encontraron concentraciones de 9,89 mg/kg en hígado y 7,33 mg/kg en músculo de *Anas platyrhynchos*, sosteniendo que los valores estaban dentro de los rangos fisiológicos normales.

El Cu es abundante en el medio ambiente y esencial para el crecimiento y metabolismo de todos los organismos vivos (Eisler, 2000). Las fuentes naturales de exposición al cobre son el polvo arrastrado por el viento, los volcanes, la vegetación en descomposición, los incendios forestales y la dispersión marina. Entre las emisiones antropogénicas cabe mencionar los hornos de fusión, las fundiciones y refinamiento de hierro, las centrales eléctricas y fuentes de combustión como los incineradores municipales (IPCS, 2000). También se pueden encontrar en fertilizantes, pesticidas y fungicidas (Eisler, 2000). Los niveles de Cu encontrados en *P. occidentalis* no superaron los rangos establecidos para sedimentos y bivalvos, pero si para agua de mar y peces, éstas dos últimas, quizás las fuentes de donde el ave está obteniendo dicho metal, en el cual probablemente aumenta debido a la biomagnificación. De la misma manera, están muy por debajo de los valores permisibles por la norma mexicana para aves en hígado (60 mg/kg) y riñones (10 mg/kg), pero superan los establecidos para músculo (2 mg/kg), de modo que se debería efectuar un estudio más exhaustivo para concluir si el cobre pudiera estar causando daño tisular o teratogénico en el músculo.

Zinc

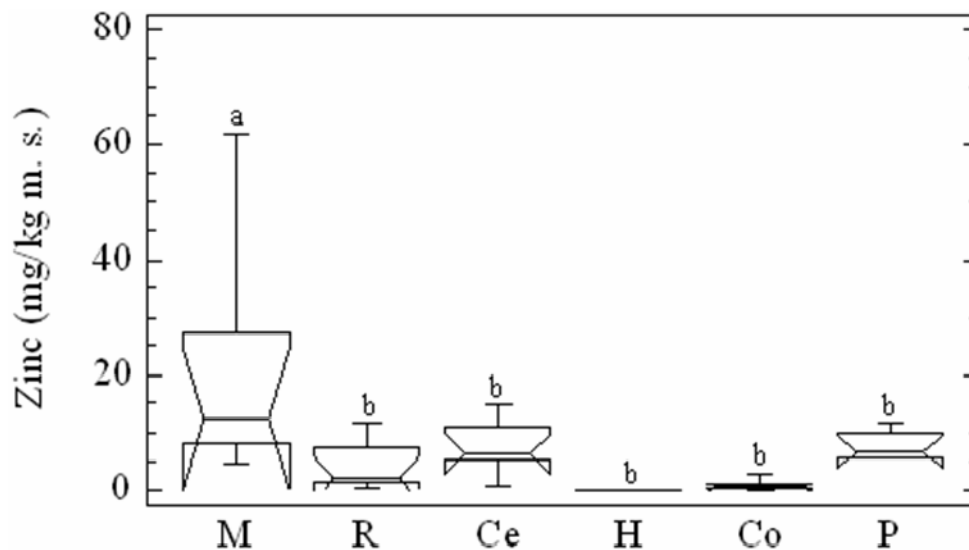


Figura 5. Concentración de zinc (mg/kg masa seca) en órganos de *Pelecanus occidentalis* (KW=4,90*; $p < 0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo. M (Músculo), R (Riñón), Ce (Cerebro), H (Hígado), Co (Corazón) y P (Pulmón).

Los niveles de Zn encontrados mostraron diferencias estadísticamente significativas (KW=4,90*; $p < 0,05$) entre los distintos órganos y tejidos de *P. occidentalis*. Mediante la prueba a *posteriori* de contraste múltiple se pudo observar la formación de dos grupos: el primero representado por el músculo ($21,17 \pm 21,47$ mg/kg masa seca) y el segundo grupo formado por los demás órganos: pulmón ($7,72 \pm 2,56$ mg/kg masa seca), cerebro ($7,41 \pm 4,87$ mg/kg masa seca) riñón ($4,21 \pm 4,49$ mg/kg masa seca), corazón ($0,91 \pm 1,04$ mg/kg masa seca), e hígado ($0,0$ mg/kg masa seca).

Saldivia (2005) obtuvo concentraciones de zinc entre los 40 y 141 mg/kg de peso seco en el cisne de cuello negro, valores muy por encima de los encontrados en esta investigación (6,99 mg/kg), y no reporta signos de toxicidad por este metal en las aves. Por su parte, Calnek (2000) sostiene que las concentraciones tóxicas de zinc sobrepasan los 500 mg/kg en estas aves, causando anorexia, reducción del crecimiento y de la producción de huevo, así como también lesiones en la molleja y páncreas. Szymczyk, y Zalewski (2003) en *Anas platyrhynchos* encontraron concentraciones de Zn de 25,46

mg/kg en hígado y de 20,09 mg/kg en músculo, considerando que dichos rangos estaban dentro de los niveles fisiológicos normales.

Desde el punto de vista biótico el Zn es un elemento esencial para las plantas, los animales y para el funcionamiento de más de 70 enzimas de distintas especies (INTA, 1988), y en lo que respecta al uso industrial destaca primariamente en la producción de latón, aleaciones no corrosivas, pigmentos blancos, en hierro galvanizado y productos de acero; también tiene aplicaciones en la agricultura como fungicida, y como agente protector en suelos deficientes de este oligoelemento; y terapéuticamente en la medicina humana. El mayor origen antrópico de zinc en el ambiente incluye fundiciones y procesadores de mineral, drenajes de mina, aguas residuales domésticas e industriales, combustión de basura sólida y combustibles fósiles, corrosión de superficies galvanizadas y aleaciones de zinc y erosión de suelos agrícolas (Eisler, 2000).

Entre los síntomas de toxicidad de zinc que desarrollan las aves marinas se encuentran: ataxia, paresis, pérdida total del control muscular de sus piernas, lo cual dificulta su disponibilidad para nadar haciéndolos susceptible a la depredación, dependiendo de la concentración y de la especie, también produce una alta mortalidad. Se han observado una alta acumulación de este metal en ciertos órganos como: hígado, riñón, ovario y testículo (Eisler, 2000). Las concentraciones de zinc en *P. occidentalis*, tuvieron un comportamiento similar a las de cobre, las cuales fueron menores que las permitidas para sedimento y bivalvos, pero mayores a las de agua y peces.

Plomo

Por su parte, el plomo presentó niveles que mostraron diferencias estadísticamente no significativas (KW=0,51 NS; $p>0,05$) entre los distintos órganos y tejidos de *P. occidentalis* (Tabla 3). Saldivia (2005) obtuvo concentraciones de plomo estadísticamente similares a las de la presente investigación (0,09 y 2 mg/kg de peso seco) en el cisne de cuello negro en Chile, indicando que aún en Sudamérica no se han encontrado niveles altos de plomo en aves, lo que no representa un riesgo significativo para éstas hasta el presente. Tanto Dzugan y cols. (2012) que determinaron

concentraciones en músculo de 0,007 mg/kg y 0,059 mg/kg en hígado de *Phasianus colchicus* como Szymczyk y Zalewski (2003), los cuales encontraron en *Anas platyrhynchos* valores de 0,15 mg/kg en músculo y 0,476 mg/kg en hígado, reportaron que dichas concentraciones no representan una amenaza o indicativo de contaminación para los individuos muestreados.

Tabla 3. Concentración de plomo (mg/kg masa seca) en órganos de *Pelecanus occidentalis* (KW=0,51 NS; $p>0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.

Músculo	Riñón	Cerebro	Hígado	Corazón	Pulmón
0,13±0,29	0,04±0,11	0,02±0,06	0,006±0,01	0,16±0,39	0,04±0,1
N=6	N=6	N=6	N=6	N=6	N=6

El Pb y sus compuestos han sido conocidos por el hombre por más de 7000 años, siendo uno de los metales más tóxicos y estudiados por la química ambiental (Alarcón, 2003; Eisler, 2000). Las fuentes de exposición al plomo en las áreas urbanas, ocupacional y poblacional se asocian con los desechos y emisiones de industrias tan diversas como la metálica, la cerámica, la producción de latas para envasar alimentos, pinturas, pigmentos, juguetes y baterías, mientras que la exposición doméstica se realiza a través del contacto con las tuberías de plomo y del uso de la cerámica vidriada para cocinar y consumir alimentos (Cortez-Lugo y cols., 2003). Las concentraciones de Pb obtenidas en la presente investigación, se encuentran dentro de los límites establecidos para aves (según norma mexicana), los cuales sugieren un máximo de 0,05 mg/kg en músculo, 2 mg/kg en riñón y 2 mg/kg de Cd en hígado.

El plomo trastorna fundamentalmente los procesos bioquímicos de, virtualmente, todas las células y los sistemas del organismo compitiendo con otros metales por los sitios de enlace, se unen a las proteínas, particularmente a aquellas con grupos sulfhidrilos, de tal manera que puede alterar su estructura y su función. Puesto que el plomo es químicamente similar al calcio, interfiere con diversos procesos dependientes de éste (Matte, 2003).

Cadmio

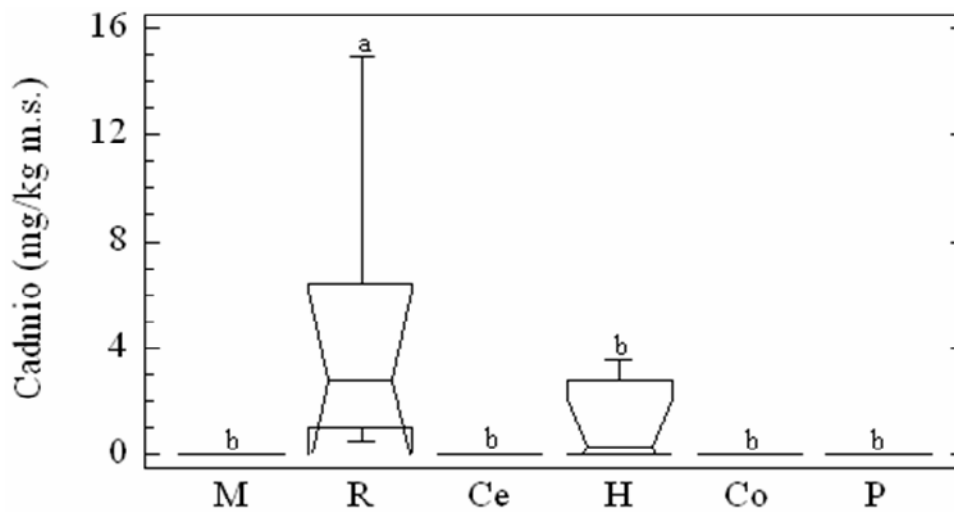


Figura 6. Concentración de cadmio (mg/kg masa seca) en órganos de *Pelecanus occidentalis* (KW=4,00*; $p<0,05$) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo. M (Músculo), R (Riñón), Ce (Cerebro), H (Hígado), Co (Corazón) y P (Pulmón).

Los niveles de cadmio encontrados mostraron diferencias estadísticamente significativas (KW=4,00*; $p<0,05$) entre los distintos órganos y tejidos de *P. occidentalis*. A través de la prueba *a posteriori* de contraste múltiple se pudo observar la formación de dos grupos: el primero representado por el riñón ($4,79\pm 5,54$ mg/kg masa seca) y el segundo grupo formado por los demás órganos: hígado ($1,16\pm 1,58$ mg/kg masa seca), pulmón (0,0 mg/kg masa seca), cerebro (0,0 mg/kg masa seca), corazón (0,0 mg/kg masa seca) y músculo (0,0 mg/kg masa seca).

El Cd es un metal relativamente raro que usualmente está presente en pequeñas cantidades en minerales de zinc y es comercialmente obtenido como un biproducto industrial de la producción de zinc, cobre y plomo. Los mayores usos de cadmio son en acero galvanizado, en producción de pigmentos y en la manufactura de estabilizadores de plástico y bacterias. El origen antrópico de cadmio incluye fundiciones, productos de incineración de materiales que contienen cadmio, combustibles fósiles, fertilizantes, aguas servidas municipales y descarga de lodo (Eisler, 2000).

Según Baran (1995) no existe evidencia de que el cadmio es biológicamente

esencial o benéfico; por el contrario ha sido implicado como la causa de numerosas muertes humanas y varios efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos en peces y vida silvestre. En concentraciones suficientes es tóxico para toda forma de vida, incluyendo microorganismos, plantas aéreas, animales y el hombre, además en su forma catiónica normal, como Cd^{2+} , este elemento presenta fuertes analogías químicas con dos elementos esenciales, el Zn^{2+} y el Ca^{2+} , y de alguna manera, estas analogías dan cuenta de sus principales efectos tóxicos (Baran, 1995). Por otra parte, la captación de mayores cantidades de este metal en los dos órganos de mayor actividad metabólica como riñones e hígado, provoca una disminución en la concentración difundida en la circulación sanguínea, lo que también puede reflejarse en la disminución de metales en los demás tejidos. Es comúnmente aceptado que el riñón y el hígado son los órganos diana para la toxicidad de metales pesados (Szkoda y cols., 2011). El hígado es uno de los órganos más grandes o más desarrollado en las aves, esta característica tal vez permite que este tejido metabolice con mayor rapidez el cadmio, para luego enviarlo a los demás tejidos. (Eisler, 2000). Deng y cols. (2007) encontraron valores de 2,91 mg/kg en hígado de Cd y 0,19 mg/kg en plumas, asegurando que los rangos se encontraban dentro de los límites permisibles, así como a su vez resaltaron los mecanismos fisiológicos de depuración en las aves como lo son la muda periódica de las plumas y la acción metabólica del hígado. De la misma manera Džugan y cols. 2012 encontraron concentraciones promedio de Cd de 1,26 mg/kg en *Phasianus colchicus*, donde los máximos valores se reportaron en el riñón (4,308 mg/kg), aunque no observaron daño alguno en dicho órgano.

Las aves son comparativamente más resistentes a la acción de cadmio que otros animales marinos. En general, el efecto depende del grado de contaminación, la especie y su posición en la cadena alimenticia. Los efectos subletales en aves marinas son similares a la de otras especies acuáticas e incluyen retardo del crecimiento, anemia, daños renales y testiculares. (Eisler, 2000).

Furness (1996) sugiere que cerca de 20 mg/kg de peso seco de cadmio en hígado debiera ser considerado como umbral de toxicidad. Este valor es 19 veces mayor (0,99 mg/kg masa seca) que el obtenido en el presente estudio, por lo tanto no constituiría riesgo de toxicidad aguda. También sostiene que dicho metal tiene alta afinidad por el

hígado y los riñones, quizás por su tendencia a enlazarlos a metalotioninas y depurar al organismo de niveles perniciosos, razón por la cual se encuentra en mayores concentraciones que en otros órganos, corroborando los resultados encontrados en esta investigación. Las concentraciones de Cd obtenidas se encuentran dentro de los límites establecidos para aves (según norma mexicana), los cuales sugieren un máximo de 2 mg/kg en músculo, 5 mg/kg en riñón y 10 mg/kg de Cd en hígado.

Cabe resaltar que se hace difícil comparar o contrastar concentraciones de contaminantes encontrados en aves, con los reportados en peces, moluscos, invertebrados o sedimentos marinos, puesto que las primeras, por ocupar los últimos lugares de la cadena trófica (\geq al nivel 4) la cantidad de xenobióticos aumenta hasta 1000 veces más que un organismo con un nivel trófico menor, a este proceso se le conoce como biomagnificación. (Mercado, 2004).

La distribución de los metales en los diferentes órganos está asociada a los mecanismos metabólicos de cada uno de ellos, por lo que la capacidad de incorporación está definida por los procesos fisiológicos y bioquímicos de asimilación, metabolización y depuración del metal. Entre las estrategias adaptativas de tolerancia que los organismos acuáticos han podido desarrollar para enfrentar el exceso de metales pesados en sus células, se encuentran: (1) unión del metal a la pared celular impidiendo su entrada al interior de la célula; (2) reducción del transporte a través de la membrana celular; (3) incremento en la salida o eflujo de metales hacia el exterior; (4) compartimentalización del metal una vez que entra en la célula, almacenándolo en estructuras lisosomales o vacuolares, eliminándolo así del resto de las actividades celulares; (5) formación de complejos con proteínas (metalotioninas), compuestos orgánicos (citrato, malato, aminoácidos) o inorgánicos (sulfuros), de manera de atrapar el metal disminuyendo su concentración en forma libre en la célula; (6) síntesis de proteínas o metabolitos de estrés, protectoras o reparadoras de los daños celulares producidos por el metal, y (7) formación de precipitados insolubles en forma de gránulos de Ca/Mg o Ca/S (Tomsett y Thurman, 1988; Simkiss y Taylor, 1989; Viarengo y Nott, 1993; Neumann y cols., 1994).

Estos mecanismos varían en eficiencia entre los diferentes organismos y entre las

células de los mismos. Actualmente, las evidencias experimentales indican que, sin excluir los otros, la expresión de las metalotioninas podría explicar en gran parte la resistencia o tolerancia de las células animales y vegetales a las altas concentraciones de metales pesados (Hammer, 1986; Rauser, 1999). En este contexto, la exposición y los efectos tóxicos de los metales pesados y otros contaminantes, pueden ser medidos en términos de respuestas bioquímicas de los organismos; las cuales son conocidas como biomarcadores moleculares (Livingstone, 1993).

Tabla 4. Regresión lineal simple de la masa de los tejidos con respecto al índice de metales en *Pelecanus occidentalis* en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.

Metales	Regresión
Cromo	$Y = -1823,68 + 18,8929, R^2 = 40,2733$ NS
Níquel	$Y = -51,531 + 0,626552, R^2 = 37,7814$ NS
Cobre	$Y = -436,935 + 11,2273, R^2 = 64,773$ NS
Zinc	$Y = -1744,32 + 17,8984, R^2 = 40,358$ NS
Cadmio	$Y = 174,689 + 0,0987287, R^2 = 0,171125$ NS
Plomo	$Y = -4,22735 + 0,0960319, R^2 = 31,5143$ NS

Con respecto a la relación masa de los órganos y tejidos de las aves y el contenido de metales pesados de los ejemplares (Tabla 4), ésta no se evidenció dado que independientemente del tamaño del órgano o del tejido, los individuos acumulan contaminantes si se quiere en cantidades estadísticamente similares entre éstos. Aunque cabe resaltar que sí se observa una mayor acumulación de metales en el músculo pectoral con respecto a los demás órganos, esto pudiera deberse a lo ya planteado, referido a la función que este tejido desempeña en el ave, aunado a su particularidad fisiológica relacionada con los procesos de absorción. Estos resultados corroboran los reportados por Torres (2012), para el ave limícola *Callidris pusilla* en este mismo complejo lagunar; sin embargo difieren con los encontrados por Freeman y Horne (1973) en peces.

En las aves los metales están asociados a varios efectos, tales como reducción en

la ingesta de alimentos, debilidad progresiva, descontrol motora, dificultad para el vuelo, parálisis, convulsión y muerte. Dichos metales también afectan poblaciones de aves acuáticas incrementando la mortalidad y/o el decrecimiento de la fecundidad (Ochoa y cols., 2002).

Mediante el presente estudio se pudo comprobar la presencia de metales pesados en los tejidos muestreados, lo que pone de manifiesto que *P. occidentalis* es una especie expuesta a elementos metálicos en su sitio de origen y los incorpora a su organismo a partir, muy probablemente de los alimentos que consume y del contacto con el agua en la que se encuentra el metal disuelto. Por otra parte, aunque los animales están expuestos a diferentes tipos de metales en la zona que habitan y se reproducen, se puede inferir que los niveles cuantificados de éstos estarían más asociados a procesos naturales, más que a fuentes locales o regionales de contaminación ambiental a excepción del metal cromo el cual se observó por encima de los niveles reportados en esta zona de estudio.

Tabla 5. Concentraciones promedio de Cu, Zn, Pb, Cd Ni y Cr (mg/kg) en aves, reportado por algunos autores con respecto a la presente investigación.

	Szymczyk, & Zalewski (2003)	Džugan et al. 2012	Hogstad, 2011	Mansouri & Hoshyari 2012	Deng y cols 2007	Presente investigación
Cu	8,61		20,04			7,56
Zn	22,78	16,20	14,94			21,17
Pb	0,32	0,042				0,066
Cd	0,30	1,26	0,45		1,55	0,99
Ni			2,77	6,18	1,52	0,30
Cr					2,65	22,4

CONCLUSIONES

Se observó una mayor acumulación de metales del músculo pectoral con respecto a los tejidos de riñón, hígado, corazón, cerebro y pulmón.

La acumulación de metales se dio en el siguiente orden: Cr>Zn>Cu>Cd>Pb>Ni.

El metal con los mayores niveles fue el cromo, el cual se asocia al uso de pinturas y anticorrosivos.

Los niveles de metales encontrados, en general no sobrepasan los límites establecidos para sedimentos y bivalvos, pero sí para agua de mar y peces.

No se evidenció relación entre la masa de los tejidos de las aves y el contenido de metales pesados.

RECOMENDACIONES

Es recomendable un estudio más detallado con aves tanto residentes como migratorias, donde se tomen en cuenta otras variables biológicas y ambientales, considerando también las posibles variaciones temporales y espaciales. Además resultaría de gran interés un análisis que abarque la columna de agua y los sedimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada, R. y Contreras, S. 1999. Contenido de metales traza (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en sedimento de los fiordos y canales adyacentes a campo de hielo sur. *Cienc. Tecnol. Mar.* 22: 47-58.
- Alarcón, S. 2003. Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la bahía de Puerto Montt. Trabajo de Postgrado. Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Instituto de Farmacia. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile.
- Alayo, M.; Iannacone, J. y Arrascue, A. 2004. Sensibilidad al cromo: microbiopruebas con las diatomeas marinas *Isochrysis galbana* Parke y *Chaetoceros gracilis* Schutt. *Ecol. Apl.* 3: 154-161.
- American Ornithologist Union (AOU). 1983. *Field guide of the birds of North America*. Forst Ed. Washington, D. C.
- Aracena, C. 2003. Comparación del contenido de metales traza en sedimentos de los lagos Villarrica y Calafquén, Distrito de los Lagos Araucanos, centro sur de Chile. Trabajo de Pregrado. Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile.
- Baran, J. 1995. *Química Bioinorgánica*. Mc. Graw-Hill interamericana, Madrid. España.
- Becker, D., Long, E.; Proctor, D., y Ginn, T. 2006. Evaluation of potential toxicity and bioavailability of chromium in sediments associated with chromite ore process ing residue. *Environ. Toxicol. Chem.* 25: 2576-2583.
- Beklova, M., Fabrik, I., Sobrova, P., Adam, V., Pikula, J. & Kizek, R. 2008. Electrochemical determination of metallothionein in the domestic fowl. *Nat. Croat.* 17(4): 283-292.
- Beyer, N. y Day, D. 2004. Role of manganese oxides in the exposure of mute swans

- (*Cygnus olor*) to Pb and other elements in the Chesapeake Bay, USA. *Environ. Pollut.* 129: 229-235.
- Boyer, J.; Fourqurean, J. y Jones, R. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and White water Bay by multivariate analyses: zones of similar influence. *Estuaries.* 20(4): 743-758.
- Brazilian Federal Legislation (BFL). 1975. *Decree.law No. 1413 establishing controls to be carried out on industrial pollution.* Brasil
- Burger, J. 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental Pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 5: 203-211.
- Burger, J. y Gochfeld, M. 1997. Heavy metal and selenium concentrations in feathers of egrets from Bali and Sulawesi, Indonesia. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 217-221.
- Cabrera, M. 2010. Variación temporal de metales pesados (Ni, Cd, Pb, Cu y Zn) en *Anadara notabilis* de la localidad de Guayacán, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Calnek, B. 2000. *Enfermedades de las Aves.* 10ma edición. Ed. El Manual Moderno. Distrito Federal. México
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 2009. *Reglamento para los vertidos de aguas residuales a cuerpos receptores.* Costa Rica.
- Córdoba, F. 1999. Guía de Biología Celular. Postgrado de Biología Ambiental. Universidad de Huelva. España
- Cortez-Lugo, M., Tellez-Rojo, M., y Gómez-Dantes, H. 2003. Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana de la Ciudad de México: 1988-1998. *Sal. Publ. Mex.* 45(2), 196-202.

- Cumana, L. 1999. Caracterización de las formaciones vegetales de la península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Saber* 11(1): 7-16.
- Decreto Supremo N°90/00. 2000. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Chile.
- Deng, H.; Zhang, Z.; Chang, C. y Wang, Y. 2007. Trace metal concentration in Great Tit (*Parus major*) and Greenfinch (*Carduelis sinica*) at the Western Mountains of Beijing, China. *Environ. Pollut.* 148: 620-626.
- Dhia, I.; Essa, A. y Luma, A. 2010. Effect of supplementing different levels of chromium yeast to diet on Broiler Chickens on some physiological traits. *Pak. Jour. of Nut.* 9(10): 942-949.
- Diamond, A. y Devlin, C. 2003. Seabirds as indicators of changes in marine ecosystems: ecological monitoring on Machias Seal Island. *Environ. Monit. Asses.* 88(1-3): 153-175.
- Dżugan, M.; Zielińska, S.; Hęćlik, J.; Pieniążek, M. y Szostek, M. 2012 Evaluation of heavy metals environmental contamination based on their concentrations in tissues of wild pheasant (*Phasianus colchicus*). *Jour. Microb. Biotech. food Science.* 2(1): 238-245.
- Eisler, R. 2000. *Handbook of Chemical Risk Assessment. Health, Hazard to Humans, Plants and Animals.* Lewis Publishers. Boca Raton. Florida.
- Engel, D. y Brouwer, M. 1989. *Metallothionein and metallothionein-like proteins: Physiological importance.* In *Advances in Comparative and Environmental Physiology.* Springer-Verlag. Berlín.
- Flores, C. 1977. *Recursos acuáticos.* Primera Edición. Ed. UDO. Cumaná Venezuela.
- Freeman, H. y Horne, D. 1973. Sampling the edible muscle of the swordfish (*Xipias*

- gladius*) for total mercury analysis fish. *Res. Board. Can.* 30: 1251-1252.
- Furness, R. 1996. Cadmium in birds, in Beyer, W.N., Heinz, G.H., Redmon-Norwood, A.W. (Eds). *Environmental Contaminants in Wildlife*. Lewis Publishers. Boca Raton. Florida.
- Gallo, M. y Campos, N. 1997. Contenidos de Cd, Cu y Zn en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* de la ciénaga grande de Santa Marta y bahía de Chengue, costa caribe colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cs. Exact. Físic. Natur.* 21(79), 73-90.
- Gilbertson, M.; Elliott, J. y Peakall D. 1987. Seabirds as indicators of marine pollution. En: Diamond A, Filion F (edit) *The value of birds*. ICBP. Tech. Publ. Cambridge.
- Hammer, D. 1986. Metallothioneins. *Ann. Rev. Biochem.* 55: 913:951
- Harrison, P. y Hoare, R. 1980. *Metals in Biochemistry*. Chapman and Hall. London.
- Hilty, S. 2002. *Birds of Venezuela*. Segunda edición. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey.
- Hogstad, O. 2011. No effect of heavy metal content on the external morphology of first year wintering Willow Tits *Poecile montanus*. *Norw. Ornithol. Soc.* 34:19-23
- Iniesta, R. y Blanco, J. 2005. Bioacumulación de hidrocarburos y metales asociados a vertidos accidentales en especies de interés comercial de Galicia. *Galician J. Mar. Res.* 2: 1-200.
- INTA (Instituto de Tratamiento y Alimentación). 1988. *Conocimientos actuales de Nutrición*. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile.
- IPCS (Internacional Programme on Chemical Safety). 1991. Environmental Health Criteria 134, Cadmium. World Health Organization, 1992. Geneva.
- IPCS (Internacional Programme on Chemical Safety). 2000. Environmental Health

Criteria 221, Zinc. World Health Organization. Geneva.

- Kim, Y.; Goto, R.; Tanabe, S.; Tanaka, H. y Tatsukawa, R. 1998. Distribution of 14 elements in tissues and organs of oceanic seabirds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35: 638-345.
- Lacma, J.; Iannacone, J. y Vera, G. 2007. Toxicidad del cromo en sedimento usando *Donax obesulus* Reeve 1854 (Pelecypoda: Donacidae). *Ecol. Apl.* 6: 1-2.
- Livingstone, D. 1993. Biotechnology and pollution monitoring: Use of molecular biomarkers in the aquatic environment. *J. Chem. Tech. Biotec.* 57: 195-211.
- López, A.; Lazaro, N.; Priego, J. y Márquez, A. 2000. Effect of pH on the biosorption of nickel and other heavy metals by *Pseudomonas fluorescens* 4K39. *Indus. Microbiol. Biotechnol.* 24: 146-151.
- Malcolm, M.; Osborn, D.; Wright, J.; Wienburg, L. y Sparks, H. 2003. Polychlorinated biphenyl (PCB) congener concentrations in seabirds found dead in mortality incidents around the British coast. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 45: 136-147.
- Mansouri, B. y Hoshyari, E. 2012. Nickel concentration in two bird species from Hara Biosphere Reserve of southern Iran. *Chines. Birds.* 3(1): 54-59.
- Marín, G.; Muñoz, J. y Navarro, R. 2008. Composición de la avifauna marino-costera de las fachadas Caribe y Atlántica de la península de Paria, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Vzla.* 47 (2): 103-111.
- Matte, T. 2003. Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Sal. Pub. Mex.* 45(2): 220-224.
- Mercado, S. 2004. Acumulación de metales pesados en microcrustaceos planctónicos provenientes de un embalse contaminado por relaves mineros, embalse Rapel (34°10'S 71°29'W) Chile. Trabajo de Pregrado. Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile.

- Metcheva, R.; Yurukova, L. y Teodorava, S. 2005. The penguin in feather as bioindicator of Antarctic environmental state. *Sci. Tot. Environ.* 362: 259-265
- Navarro, G. 2010. Biomonitorización de la contaminación por metales pesados mediante cormoranes grandes (*Phalacrocorax carbo sinensis*) de la laguna costera del Mar Menor. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. España.
- Nebel, B. 1999. *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Sexta Edición. Prentice-Hall. México.
- Neumann, D.; Lichtenberg, O.; Gunther, D.; Tschiersch, K. y Nover, L. 1994. Heatshock proteins induce heavy metals tolerance in higher plants. *Plant* 194: 360-367
- Norheim, G. 1987. Levels and interactions of heavy metals in seabirds from Svalbard and the Antarctic. *Environ. Poll.* 47: 83-94.
- Norma Oficial Mexicana NOM-004-ZOO. 1994. Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos, por lo que ahora se denominará grasa, hígado, músculo y riñón en aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos y porcinos. Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo. México
- Norma técnica Colombiana NTC. 2009. Productos de la pesca y acuicultura. Norma No. 1443. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados. Minambiente. Colombia.
- Ochoa, H.; Sepulveda, M. y Gross, T. 2002. Mercury in feathers from Chilean birds: influence of location, feeding strategy, and taxonomic affiliation. *Mar. Pollut. Bull.* 44: 340-349
- Paredes, M. 1998. Determinación de metales pesados en dos especies de bivalvos del estuario de Valdivia y la bahía de Corral (X Región) mediante análisis electroquímico. Trabajo de Pregrado. Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile.

- Pérez, M.; Cid, F.; Oropesa, A.; Fidalgo, L.; Berceiro, A. y Soler, F. 2005. Heavy metal and arsenic content in seabirds affected by the Prestige oil spill on the Galician coast (NW Spain). *Sci. Tot. Environ.* 359: 209-220.
- Pérez, M.; Martínez, G. y Fermín, I. 2006. Biodisponibilidad de metales traza en sedimentos superficiales del ecosistema lagunar costero Bocaripo-Chacopata (península de Araya, estado Sucre). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 45(2): 175-187.
- Pérez, M.; Martínez, G.; Fermín, I. y Brito, F. 2007. Metales trazas en tejidos blandos de *Callinectes ornatus* procedentes de las lagunas costeras Bocaripo y Chacopata (península de Araya, estado Sucre). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 46(2): 81-91
- Phelps, J. y Meyer de Schauensee, R. 1994. *Una guía de las aves de Venezuela*. Editorial Ex Libris. Caracas.
- Pinochet, D.; Aguirre, J. y Quiroz, E. 2002. Estudios de la lixiviación de Cd, Hg y Pb en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agro Sur*. 30(1): 51-58.
- Pirela, D. y Casler, C. 2005. Concentraciones de mercurio en tejidos de aves acuáticas, en el norte del sistema del lago de Maracaibo, occidente de Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 39: 108-127.
- Poulin, B.; Lefebvre, G. y McNeil, R. 1994. Diet of land birds from Northeastern Venezuela. *Condor* 96: 354-367.
- Rainbow, P. 1993. *The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Lewis Publishers. England.
- Ramírez, C.; Godoy, R. y Hauenstein E. 1981. Las especies de luchecillo (Hydrocharitaceae) que prosperan en Chile. *An. Mus. Hist. Nat.* 14: 47-55.
- Rauser, W. 1999. Structure and function of metal chelators produced by plants. *Cell*.

Biochem. Biophys. 31: 19-48

- Roling, J.; Bain, L.; Gardea-Torresdey, J.; Bader, J. y Baldwin, W. 2006. Hexavalent chromium reduces larvae growth and alters gene expression in mummichog (*Fundulus heteroclitus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 25: 2725-2733.
- Rules, J. y Páez F. 2003. Trace Metal in Tissues of Resident and Migratory Birds from a Lagoon Associated with an Agricultural Drainage Basin (SE Gulf of California). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 47: 117-125.
- Saldivia, M. 2005. Determinación de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb y Zn) en hígado y riñón de cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), lucheillo (*Egeria densa*), sedimento y agua, recolectados en el santuario de la naturaleza Carlos Anwandter y humedales adyacentes a la provincia de Valdivia. Tesis de Pregrado. Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile.
- Savinov, V.; Gabrielsen, G. y Savinova, T. 2003. Cadmium, zinc, cooper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: level, inter-specific and geographical differences. *Sci. Total Environ.* 306: 133-158.
- Scott, E. 2007. Las metaliotinas y el estrés quirúrgico. *Rev* 26(2): 67-72.
- Sibley, C. y Monroe, B. 1990. *Distribution and taxonomy of the birds of the world*. New Haven.
- Simkiss, K. y Taylor M. 1989. Metal fluxes across the membrane of aquatic organisms. *Rev. Aquat. Sci.* 1: 173-188.
- Sokal, R. y Rohlf, F. 1981. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones. Madrid.
- Spiro, T. (2004). *Química medioambiental*. Segunda Edición. Editorial Pearson Educación. Madrid.

- Stewart, F.; Monteiro, L. y Furness R. 1997. Heavy metal concentrations in Cory's shearwater, *Calonectris diomedea*, fledgling from the Azores, Portugal. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 58: 112-122.
- Szkoda, J.; Nawrocka, A.; Kmieciak, M. y Żmudzki, J. 2011. Monitoring study of toxic elements in food of animal origin (in Polish). *Naturalnych.* 48: 475-482.
- Szymczyk, K., y Zalewski, K. 2003. Copper, Zinc, Lead and Cadmium Content in Liver and Muscles of Mallards (*Anas platyrhynchos*) and Other Hunting Fowl Species in Warmia and Mazury in 1999-2000. *Polish. Jour. Environ. Stud.* 12:381-386.
- Thompson, R.; Furness, W. y Walsh, M. 1992. Historical changes in mercury concentrations in the marine ecosystem of the north and north-east Atlantic Ocean as indicated by seabird feathers. *Appl. Ecol.* 29: 79-84.
- Tomsett, A. y Thuman, D. 1988. Molecular biology of metal tolerances of plants. *Plant. Cell. Env.* 11: 383-394
- Torres, K. 2012. Determinación de Hg en el ave migratoria *Calidris pusilla* (Charadriiformes: Scolopocidae) en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Viarengo, A. y Nott, J. 1993. Mechanisms of heavy metal cation homeostasis in marine invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.* 104: 355-372.

ANEXOS



Ejemplares adultos de Alcatraz *Pelecanus occidentalis* en el complejo lagunar Chacopata- Bocaripo.



Ejemplar juvenil de Alcatraz *Pelecanus occidentalis* en el complejo lagunar Chacopata- Bocaripo.

Tabla de cálculo de Índice de masa total de órganos en *Pelecanus occidentalis*

Órgano	$\sum m_i$	X Conc. metal en órganos	Masa total
MUSCULO	0,4121	22,4	9,23104
	0,4121	0,768	0,31649
	0,4121	7,383	3,04253
	0,4121	21,17	8,72416
	0,4121	0,125	0,05151
	0,4121	0	0
RIÑÓN	0,1508	4,581	0,69081
	0,1508	0,099	0,01493
	0,1508	4,756	0,71720
	0,1508	4,213	0,63532
	0,1508	0,045	0,00679
	0,1508	4,797	0,79339
CEREBRO	0,0834	8,461	0,70565
	0,0834	0,107	0,00892
	0,0834	8,891	0,74151
	0,0834	7,411	0,61808
	0,0834	0,024	0,002
	0,0834	0	0
HÍGADO	0,3206	0,008	0,00256
	0,3206	0	0
	0,3206	15,168	4,86286
	0,3206	0	0
	0,3206	0,006	0,00192
	0,3206	1,157	0,37093
CORAZÓN	0,1409	1,252	0,17641
	0,1409	0,452	0,06369
	0,1409	8,91	1,25542
	0,1409	0,91	0,12822
	0,1409	0,161	0,02268
	0,1409	0	0
PULMÓN	0,0731	7,689	0,56207
	0,0731	0,365	0,02668
	0,0731	0,235	0,01718
	0,0731	7,722	0,56448

	0,0731	0,043	0,00314
	0,0731	0	0

La masa total de metales se calculó según la ecuación

$$\sum_i^n m_i X C_{Hg}$$

Donde.

m_i = masa de cada órgano

C_{Hg} = concentración de metales.

HOJA DE METADATOS

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

Título	Determinación de metales pesados (cd, ni, cu, pb, zn y cr) en el alcatraz <i>Pelecanus occidentalis</i> (Aves: Pelecaniformes) Proveniente Del Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo, Península De Araya, Estado Sucre, Venezuela.
---------------	--

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Vera S. Moisés A.	CVLAC	18454314
	e-mail	moisesv@cantv.net
	e-mail	

Palabras o frases claves:

<i>Pelecanus occidentalis</i>
Metales pesados
Chacopata-Bocaripo

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

Resumen (abstract):

Se determinaron las concentraciones totales de los metales pesados Cd, Ni, Cu, Pb, Zn y Cr en muestras de tejido muscular, hígado, cerebro, pulmones, riñones y corazón del ave acuática *Pelecanus occidentalis* (alcatraz) del complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, localizado al norte de la península de Araya, estado Sucre. Se capturaron seis ejemplares durante el mes de julio de 2010, utilizando redes tipo atarraya, durante el lapso de alimentación desde las 6:00 am hasta las 10:00 am, utilizando peces como cebo. Posteriormente, los ejemplares fueron trasladados al Laboratorio de Ecología de Aves del Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán, donde se procedió a determinar los parámetros morfométricos y a realizar la disección de órganos y tejidos. Éstos fueron pesados y secados para luego ser digeridos con HNO₃ en una relación 1 g/3 ml. Las muestras fueron analizadas por espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICP), para determinar Pb, Cd, Zn, Ni, Cu y Cr. Los niveles de Ni (KW= 1,50 NS; $p>0,05$) y Pb (KW= 0,51 NS; $p>0,05$) encontrados en los distintos órganos y tejidos no mostraron diferencias significativas entre ellos. Por su parte, el Cr (KW=3,97*; $p<0,05$) y Zn (KW=11,85*; $p<0,05$) mostraron diferencias significativas entre los distintos órganos, encontrándose una mayor acumulación de ambos metales en el músculo pectoral (22,4±23,49 mg/kg masa seca y 21,17±21,47 mg/kg masa seca para Cr y Zn, respectivamente). Esto pudiera deberse a que dicho tejido es responsable junto al músculo supracoracoides del aleteo durante el vuelo, el cual posee una alta actividad metabólica y a su vez es el más irrigado de sangre. Por otra parte, ya que los alcatrazes permanecen un tiempo considerable nadando, pudiera haber un intercambio de iones metálicos disueltos en el agua, los cuales son incorporados al tejido a través del proceso de adsorción. Los niveles de Cu (KW=4,90*; $p<0,05$) y Cd (KW=4,00*; $p<0,05$) también presentaron diferencias significativas, donde se observó una mayor acumulación del primero por parte del hígado (15,17±8,30 mg/kg masa seca) y del segundo por el riñón (4,79±5,54 mg/kg masa seca); esto quizás se asocie con la fisiología propia de cada órgano, enlazándolos a metalotioninas y depurando el organismo de concentraciones perniciosas. En este estudio se evidenció la exposición del alcatraz a elementos metálicos perjudiciales; sin embargo, los valores se encuentran por debajo de los reportados por otros autores en otras zonas, lo que indica que el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo a pesar de la gran actividad antropogénica, no se encuentra impactada en gran escala por lo menos por estos metales.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Muñoz, Jorge	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	10.884.029
	e-mail	jomunozg@gmail.com
	e-mail	
Lemus, Mairin	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	6.429.405
	e-mail	mlemus88@gmail.com
	e-mail	
Marcano, Leida	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.219.437
	e-mail	leimar0501@yahoo.com
	e-mail	
Marín, Gedio	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.348.834
	e-mail	gediom@yahoo.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2013	02	07

Lenguaje: SPA

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-VeraM.doc	Application/word

Alcance:

Espacial: Nacional (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciatura en Biología

Nivel Asociado con el Trabajo:

Licenciado

Área de Estudio:

Biología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNVELO
Secretario



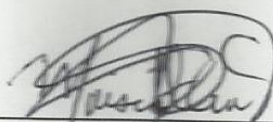
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación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

JABC/YGC/manuja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

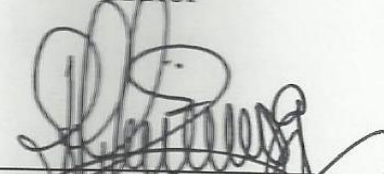
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

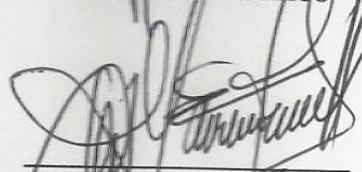


Moisés Vera

Autor



Prof. Jorge Muñoz
Asesor Académico



Prof. Marija Lemus
Co-Asesora Académica