

## Evaluación del riesgo por consumir moluscos contaminados con cadmio, cromo y plomo

### Risk evaluation for mollusk consumption polluted with cadmium, chromium and lead

Alma Sobrino-Figueroa<sup>1</sup>  
Carlos Cáceres-Martínez<sup>2</sup>  
y Ricardo Rosas-Cedillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecotoxicología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.  
Av. Sn. Rafael Atlixco #186 Col. Vicentina C.P. 09340 México D.F. coco@xanum.uam.mx

<sup>2</sup>UABCS, Unidad Pichilingue Carretera a Pichilingue Km 18. La Paz, B.C.S.

<sup>3</sup>Lab. Instrumentación Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.  
Av. Sn. Rafael Atlixco #186 Col. Vicentina C.P. 09340 México D.F.

---

Sobrino-Figueroa A., C. Cáceres-Martínez y R. Rosas-Cedillo, 2007. Evaluación del riesgo por consumir moluscos contaminados con cadmio, cromo y plomo. *Hidrobiológica* 17 (1 Suplemento): 49-58.

#### RESUMEN

Los pectínidos concentran metales en sus tejidos, en niveles superiores en comparación con otros moluscos. Lo cual constituye un posible riesgo para las personas que los consumen, ya que se han detectado concentraciones de cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb) en estos organismos que rebasan los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM 031-SSA1993) para consumo de mariscos frescos, congelados y refrigerados. En este trabajo se determinó la variación en el contenido de éstos metales en la almeja Catarina y se evaluó el posible riesgo que implica su consumo calculando la ración mínima segura por día. Se recolectaron muestras de organismos en verano e invierno, durante 1998, 1999 y 2000, del Vivero de cultivo de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, (UABCS). La cuantificación de elementos se realizó mediante la técnica de absorción atómica en flama. Las concentraciones promedio  $\pm$  DE (desviación estándar) de Cd, Cr y Pb registradas en las muestras de almejas fueron de  $1.76 \pm 1.23$ ,  $0.28 \pm 0.23$  y  $3.34 \pm 1.09$   $\mu\text{g/g}$  (p.s., peso seco) respectivamente. La estación y el año en que se registraron las concentraciones más altas fue en verano (julio) de 1998. Las raciones seguras de consumo de almejas calculadas (g) por día y peso del consumidor (kg) fueron: Para niños de 18 y 30 kg, porciones de 1.50 y 2.50 g (p.h., peso húmedo) de moluscos. Para mujeres de 50, 60 y 70 kg, valores de 97.09, 116.50 y 135.92 g (p.h.), respectivamente. Para hombres de 70, 80, 90 y 100 kg, raciones de 135.92, 155.33, 174.75 y 194.17 g (p.h.) de almejas respectivamente. El consumo de raciones superiores podría implicar un riesgo a la salud.

**Palabras clave:** Almejas, cadmio, cromo, plomo, bioacumulación.

#### ABSTRACT

Pectinids accumulate metals at higher levels in comparison to other mollusks. This constitutes a possible risk for people that consume them since it has been detected that concentrations of cadmium, chromium and lead in these organisms exceed the maximum limit established by the Mexican NOM (Norma Oficial Mexicana 031-SSA1993). The objective of this work was to determine the concentrations of those metals in tissues of Catarina clams and to evaluate the possible risk that implicates their consumption calculating the minimal secure ration (per day). Samples were collected during the summer and winter seasons of 1998, 1999 and 2000, from the mollusk farm of UABCS (Universidad Autónoma de Baja California Sur, México). The quantification of the elements was carried out by means

of atomic absorption technique in flame. The average concentrations of Cd, Cr and Pb  $\pm$  SD (standard deviation) registered in the scallops ranged from  $1.76 \pm 1.23$ ,  $0.288 \pm 0.228$  to  $3.34 \pm 1.09$   $\mu\text{g/g}$  (d.w., dry weight), respectively. The season and year that showed the highest concentrations was during the summer (July 1998). The safety portions of scallops (g) calculated for children, women and men (per day) and weight of consumers were: For children of 18 and 30 kg, portions of 1.50 and 2.50 g (w.w., wet weight); for women of 50, 60 and 70 kg, portions of 97.09, 116.50 and 135.92 g (w.w.), respectively. For men of 70, 80, 90 and 100 kg, 135.92, 155.33, 174.75 and 194.17 g (w.w.) of clams. The consumption of higher rations might imply a health risk.

**Key words:** Clams, cadmium, chromium, lead, bioaccumulation.

## INTRODUCCIÓN

La almeja Catarina, *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842) es un recurso pesquero importante en el estado de Baja California Sur, ya que en esta entidad se pesca entre el 84 a 95% de la producción nacional (Secretaría de Pesca, 1988; SEMARNAP, 1999; SAGARPA, 2003). Hace 50 años su consumo era local, pero desde la década de los años 70 el producto se comercializó a mayor escala, ya que entre el 60 y 76 % de la captura se exporta (SEMARNAP, 1999). Anualmente en este estado se consumen alrededor de 3 a 5 toneladas (SEMARNAP, 1999), constituyendo un alimento básico para un sector de la población.

Las investigaciones realizadas con esta especie se han dirigido principalmente a aspectos de su anatomía, fisiología, crecimiento, reproducción, desarrollo y desde luego, a su cultivo (Silva-Loera, 1986; Cáceres-Martínez *et al.*, 1987; Hernández y Singh, 1988; Avilés-Quevedo, 1990; Cáceres-Martínez & Rodríguez-Jaramillo, 1990; Chávez & Cáceres-Martínez, 1992; Carmona & Ramírez, 1994; Villalejo, 1992; Signoret-Brailovsky *et al.*, 1996; Monsalvo-Spenser *et al.*, 1997; Maeda *et al.*, 1997; Sicart, 1999; Roldan, 2001; Ramírez, 2002). Sin embargo, no se han realizado evaluaciones en nuestro país sobre los niveles de metales tóxicos presentes en estos organismos, a pesar de que existen estudios que han demostrado, que los pectínidos son acumuladores eficaces de cadmio. Este hecho fue observado por Topping (1973) en *Pecten maximus* y *Chlamys* sp.; por Vattuone *et al.*, (1976) en *Hinnites* sp.; por Carmichael *et al.*, (1979) y Pesch & Stewart, (1980) en *Argopecten irradians* (almeja del Atlántico); Kamimura (1980) lo detectó en *Pecten* sp., y Méndez *et al.*, (2002) en *Chione gnidia* y *Laevicardium elatum*.

Asimismo Bustamante y Miramand (2004), realizaron un estudio para determinar las concentraciones de Cd en pectínidos que habitan en el Mediterráneo; los niveles registrados en los tejidos de *Pecten maximus*, *P. jacobus*, *Adamussium colbecki* y *Chlamys* sp., variaron de 2.4 a 5.6  $\mu\text{g/g}$  (p.s.) siendo los organismos procedentes de la zona norte (Islas Faroe) las que tuvieron el mayor contenido de metal en comparación con las colectadas al sur (Bahía de Biscaya). Además la proporción Cd:Zn detectada

fue de 4:1, hecho que confirma que estos moluscos acumulan Cd más eficientemente que otros metales.

Por otro lado, Saavedra *et al.*, (2004) detectaron que *Venerupis pullastra* concentra Cr en mayor proporción que *Mytillus galloprovincialis*. Finalmente Peerzada *et al.*, (1992) notaron que las concentraciones de Pb (1.2 a 4.27  $\mu\text{g/g}$  p.h.) y Cd (1.09 a 6.2  $\mu\text{g/g}$  p.h.) registradas en los tejidos de almejas que habitan la parte norte de Australia, exceden los límites máximos establecidos por la NHMRC (National Health and Medical Research Council) para consumo humano. Asimismo Méndez *et al.*, (2002) observaron que los niveles de Cd en los tejidos de las almejas *Chione gnidia* y *Laevicardium elatum* procedentes de la Bahía de Guaymas sobrepasan los valores señalados por la FAO (Nauen, 1983) para consumo humano.

Debido a que no existen antecedentes para *A. ventricosus* el objetivo de este estudio fue evaluar los niveles de cadmio, cromo y plomo en los tejidos de adultos de almeja Catarina en diferentes épocas del año (verano e invierno de 1998, 1999 y 2000), para determinar si existe un riesgo a la salud humana por su consumo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 25 almejas adultas de 4.5 cm de longitud promedio, se colectaron manualmente cada 6-7 meses en dos épocas del año (verano e invierno) durante un periodo de tres años (1998, 1999 y 2000) del vivero de cultivo que se localiza en una ensenada aledaña al Puerto de Pichilingue ( $24^{\circ}15.364'$  N,  $110^{\circ}19.137'$  W, a 500 m al sur de las instalaciones pertenecientes a la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

Los bivalvos se cultivaron en jaulas suspendidas por medio de flotadores a una profundidad de 4 m. Durante el muestreo se evaluó *in situ* la salinidad y temperatura del agua. Los moluscos recolectados se transportaron en hieleras de plástico al laboratorio para ser procesados.

La evaluación de metales en los organismos se realizó en muestras de  $20 \pm 4$  especímenes siguiendo el método descrito

por IAEA (1984), APHA (1994) y ASTM (1994). Una alícuota de 500 mg de la muestra de almejas, previamente desecada y pulverizada se digirió en vasos de teflón con 10 ml de HNO<sub>3</sub> (Baker, grado de pureza 98%) en un horno de microondas, marca CEM (modelo MDS-81D) (USEPA, 1990). Las soluciones obtenidas en las digestiones, se analizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian (modelo Spectraa-20) en flama con una mezcla de aire-acetileno en proporción 10:2 para el análisis de cadmio y plomo y de 6:4 para la determinación de cromo. Los límites de detección de los metales fueron: 0.0230 µg/g para Cd, 0.0014 µg/g para Cr y 0.0017 µg/g para Pb.

Simultáneamente se procesó un estándar de tejido de almeja como material de referencia (National Research Council of Canada, Ottawa), para determinar el porcentaje de extracción de los metales en las muestras (IAEA, 1984; APHA *et al.*, 1994; ASTM, 1994). El porcentaje de recuperación para cadmio fue de 94.34% para cromo de 83.17% y para plomo de 96.8% (Tabla 1).

Los resultados obtenidos en la determinación de metales se analizaron mediante la prueba estadística de comparación múltiple no paramétrica de Kruskal Wallis–Newman Keuls, para determinar las diferencias significativas entre épocas del año y entre las concentraciones de los metales. Se escogió esta prueba debido a que el número de muestras fue variable y los datos no cumplieron con los requisitos de normalidad (previamente se aplicó un análisis exploratorio con la prueba de Kolmogorov–Smirnov para probar normalidad) (Zar, 1996). El análisis exploratorio de datos se realizó con el programa STATA versión 7 y la prueba no paramétrica con Statistica versión 5.

Para evaluar el riesgo a la salud humana por el consumo de *A. ventricosus* se calcularon los niveles de exposición a los tóxicos, por medio de la fórmula (USEPA, 1986):

$$E = \frac{[\text{metal}] (\text{ingesta})}{W}$$

donde: E, es la exposición (mg de metal/kg/día); [metal], es la concentración de metal en los tejidos de almeja (mg/kg p.h.); (ingesta), cantidad de moluscos (kg p.h.) que se consumen por día y W es el peso corporal (kg).

Así mismo se evaluó el riesgo potencial (RP) por el consumo de estos bivalvos por medio de la relación (USEPA, 1986; Health Canada, 2003):

$$RP = \frac{\text{Exposición (mg/kg/día)}}{\text{Dosis de referencia (Rfd) (mg/kg/día)}}$$

Donde: La Rfd (oral reference dose) (EPA-IRIS, 1994; 1998a; 1998b; Health Canada 1996), es la dosis de referencia (metal (mg)/kg peso corporal/día), que es una dosis de metal que puede ser consumida diariamente sin que exista riesgo de efectos nocivos en la salud.

Tabla 1. Concentraciones de metales (µg/g p.s.) y porcentajes de recuperación en la muestra de almeja de referencia (Promedio ± DE).

Muestra de referencia	Metales		
	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Pb (µg/g)
Almeja*	24.74 ± 2.3	2.5 ± 1.19	10.7 ± 1.9
Valor obtenido en el laboratorio	23.34 ± 1.8	2.42 ± 1.4	8.9 ± 2.1
% de Recuperación	94.34	83.17	96.8

\*Material obtenido del National Research Council of Canada, Ottawa.

Cuando el RP tiene valores menores a 1 significa que el riesgo es imperceptible. Cuando el RP tiene valores superiores a 1 significa que existe un riesgo alto.

También se evaluó la tasa de consumo (USEPA, 2000), que determina la cantidad de mariscos (kg) que una persona puede consumir en un día sin sufrir efectos dañinos, con base en la dosis de referencia (Rfd):

$$Tc = \frac{Rfd \times W}{Cm}$$

Donde: Tc, es la tasa de consumo (kg/día); La Rfd es la dosis de referencia (mg/kg /día); W, es el peso corporal (kg); Cm, es la concentración de metal en la almeja (mg/kg p.h.). Generalmente se aplica un factor de conversión (se multiplica el resultado por 1000) para obtener la tasa de consumo en gramos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los organismos colectados del vivero de Pichilingue midieron 4.5 ± 0.65 cm de longitud. Se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el tamaño de los especímenes obtenidos en verano de 1998 (3.55 ± 0.07 cm), ya que fueron más pequeños en comparación con los colectados durante invierno de 1998 y verano e invierno de 1999 y 2000. Asimismo hubo diferencias en el porcentaje de humedad de los organismos el cual varió de 65% (verano) a 83% (invierno).

Las concentraciones promedio de Cd, Cr y Pb detectadas en los tejidos de las almejas fueron de 1.760 µg/g, 0.288 µg/g y 3.340 µg/g (p.s.) respectivamente, para los 3 años analizados (Tabla 2). En verano fue cuando se registraron concentraciones elevadas de metales en los organismos y los valores más altos se obtuvieron en julio de 1998 (Tabla 2). Asimismo se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de cadmio, cromo y plomo detectadas en el verano de 1998, con respecto a las registradas en las otras épocas analizadas (invierno de 1998, primavera y verano de 1999 y 2000) ( $P < 0.05$ ).

Probablemente las concentraciones altas de metales en los tejidos de la almeja Catarina registradas durante 1998, se deban

a un incremento de su tasa de incorporación por efecto de un aumento en la temperatura, ocasionada por los cambios hidrológicos generados por el fenómeno del "Niño". Obeso-Nieblas *et al.*, (1999), observaron una elevación de la temperatura de 3 a 5 °C en las aguas de la Ensenada de la Paz en 1997 y 1998. Esta variación en la temperatura puede ocasionar que la tasa metabólica de los moluscos se duplique (Widdows, 1973; Newell *et al.*, 1977).

Un hecho similar fue reportado por Cantillanez *et al.* (2005), estos autores notaron un incremento en la tasa metabólica de *Argopecten purpuratus* ocasionada por el ascenso de la temperatura de las aguas en Antofagasta, Chile en el año Niño de 1998.

La acumulación de metales observada en los organismos procedentes del vivero de Pichilingue de acuerdo a su orden de magnitud fue (de mayor a menor nivel):



El plomo se acumuló en los tejidos de *A. ventricosus* en una proporción promedio de 2:1 en comparación con el cadmio y de 16:1 con el cromo (Tabla 2).

Aunque no se pueden definir con precisión las fuentes de estos metales, debido a que en la Ensenada de La Paz no se realizan actividades industriales de importancia (INEGI, 2001), es probable, que la zona de Pichilingue pueda tener aportes aéreos

de plomo por la operación de la termoeléctrica cercana (se encuentra a 3 km al NE de los bancos de cultivo de almejas), la cual utiliza combustóleo para la generación de energía eléctrica y por los residuos originados de las actividades desarrolladas en los astilleros aledaños (Méndez *et al.*, 1998; Shumilin, *et al.*, 2001).

El aporte de cadmio y cromo se podría atribuir a un enriquecimiento de tipo natural debido a la erosión de las formaciones geológicas de la cuenca, que pertenecen a la formación Monterrey (Álvarez & Páez-Osuna, 1995; Méndez *et al.*, 1998) y al transporte por las corrientes de residuos de la explotación de los yacimientos de fosforita situados en la parte norte de la Bahía de la Paz (Mann & Ritchie, 1995; Méndez *et al.*, op cit).

En la Tabla 3 se observa que las concentraciones de los metales cadmio y cromo presentes en los tejidos de las almejas originarias del vivero de Pichilingue, son inferiores si se comparan con las presentes en otros bivalvos que habitan en las costas de Baja California o en el Mar de Cortés, pero la concentración de plomo es superior a la registrada en *Mytilus californianus* procedentes de Punta Erendira y Santa Rosalía.

Sin embargo, si comparamos los niveles de metales presentes en los tejidos de las almejas de Pichilingue, con la Norma Oficial Mexicana (NOM 031-SSA1993) (Tabla 2) que establece los límites máximos permisibles para consumo de mariscos (Cd 0.5 µg/g y Pb 1.0 µg/g p.h.), podemos notar que las concentraciones

Tabla 2. Concentración promedio de metales ( $\pm$ DE) ( $\mu\text{g/g}$ ) en tejidos de *Argopecten ventricosus* (n = número de organismos) del vivero de cultivo de Pichilingue, B.C.S.

Época del año	Cadmio	Cromo	Plomo	n
Verano 1998 (julio)	4.2 $\pm$ 2.3 (p.s.) <sup>1</sup> 1.47 (p.h.)	0.70 $\pm$ 0.092 (p.s.) <sup>a1</sup> 0.245 (p.h.)	4.9 $\pm$ 2.3 (p.s.) <sup>1</sup> 1.71 (p.h.)	16
Invierno 1998 (Diciembre)	1.2 $\pm$ 0.83 (p.s.) 0.228 (p.h.)	0.06 $\pm$ 0.023 (p.s.) <sup>a1</sup> 0.011 (p.h.)	2.3 $\pm$ 1.17 (p.s.) 0.437 (p.h.)	20
Verano 1999 (agosto)	1.4 $\pm$ 0.16 (p.s.) 0.448 (p.h.)	0.34 $\pm$ 0.105 (p.s.) 0.11 (p.h.)	4.08 $\pm$ 0.45 (p.s.) <sup>a</sup> 1.30 (p.h.)	18
Invierno 1999 (enero)	1.07 $\pm$ 0.04 (p.s.) 0.181 (p.h.)	0.22 $\pm$ 0.075 (p.s.) <sup>a</sup> 0.037 (p.h.)	2.90 $\pm$ 0.70 (p.s.) 0.50 (p.h.)	19
Verano 2000 (julio)	1.8 $\pm$ 0.5 (p.s.) 0.648 (p.h.)	0.30 $\pm$ 0.181 (p.s.) <sup>a</sup> 0.108 (p.h.)	3.80 $\pm$ 2.70 (p.s.) 1.36 (p.h.)	24
Invierno 2000 (diciembre)	0.9 $\pm$ 0.41 (p.s.) 0.117 (p.h.)	0.11 $\pm$ 0.092 (p.s.) <sup>a</sup> 0.014 (p.h.)	2.10 $\pm$ 1.90 (p.s.) 0.273 (p.h.)	20
Promedio	1.76 $\pm$ 1.23 (p.s.) 0.515 $\pm$ 0.51 (p.h.)	0.288 $\pm$ 0.228 (p.s.) 0.0875 $\pm$ 0.08 (p.h.)	3.34 $\pm$ 1.09 (p.s.) 0.93 $\pm$ 0.54 (p.h.)	
NOM-031-SSA1-1993	0.5 (p.h.)	NR	1.0 (p.h.)	
FDA (2003)	4.0 (p.h.)	13.0 (p.h.)	1.7 (p.h.)	

a Diferencias significativas entre los metales en una misma época ( $P > 0.05$ ).

<sup>1</sup> Diferencias significativas en las concentraciones de un mismo metal en las diferentes épocas del año analizadas ( $P < 0.05$ ); (p.s. peso seco; p.h. peso húmedo).

Tabla 3. Concentración promedio de metales ( $\mu\text{g/g}$  p.s.) en tejidos de moluscos bivalvos del Pacífico Mexicano.

ESPECIE	LOCALIDAD	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	REFERENCIA
<i>Modiolus capax</i>	Bahía de los Ángeles	27.3	NR	NR	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1999.
<i>Modiolus modiolus</i>	B. Tortugas	70	NR	NR	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1999.
<i>Mytilus californianus</i>	B. Tortugas	5	NR	NR	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1999.
<i>Chione californiensis</i>	G. de Santa Clara	1.56	0.32	NR	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1990.
<i>Modiolus capax</i>	B. de los Ángeles	12.28	0.38		
	B. Sn Luis Gonzaga	19.22	0.42	NR	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1990.
<i>Mytilus californianus</i>	Punta Eréndira	6.7	1.15	0.6	Reynoso y Jorajuria, 1988
	Santa Rosalía	6.64	0.9	1.03	
<i>Crassostrea gigas</i>	San Quintín	7.05	NR	NR	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1991.
<i>Argopecten ventricosus</i>	Vivero de Pichilingue	1.76	0.28	3.34	Este estudio.

NR. No registrado

de cadmio presentes en estos organismos en julio de 1998 y 2000 rebasan los valores establecidos por esta NOM y los niveles de plomo registrados en verano de 1998, 1999 y 2000 sobrepasan estos límites lo cual indica que no tienen la calidad para ser consumidos. Cabe mencionar que esta NOM no fija un criterio para el metal cromo.

La Food and Drugs Administration (FDA, 2003), estableció los niveles máximos de estos metales para el consumo de mariscos siendo éstos de 4.0  $\mu\text{g/g}$  (p.h.) para Cd, 13  $\mu\text{g/g}$  (p.h.) para Cr y 1.7  $\mu\text{g/g}$  (p.h.) para Pb. Estos valores son superiores a los que están aprobados por la NOM mexicana. Sólo la concentración de plomo registrada en *A. ventricosus* en verano de 1998, sobrepasa el criterio establecido por la FDA.

El consumo de moluscos constituye un aporte de metales potencialmente tóxicos a la dieta humana. Aunque es muy poco probable un envenenamiento agudo por su ingesta, sí pueden constituir un riesgo de intoxicación crónica, especialmente para los habitantes de las zonas costeras (Regoli & Orlando, 1994; Guzman-Amaya, 2004). Este hecho es importante debido a que existen reportes de daños graves a la salud por la ingesta de mariscos contaminados con metales. Un ejemplo de esto, fue el caso de la enfermedad de Minamata en Japón, donde se presentaron alteraciones nerviosas entre los pescadores que fueron atribuidas a las altas concentraciones de mercurio presentes en moluscos y peces. Otro caso fue el síndrome de itai-itai causado por el consumo de cereales y mariscos contaminados con cadmio (Moore, 1991).

La United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2000) estableció la dosis oral de referencia Rfd (oral reference dose) que es una cantidad de xenobiótico que puede ser consumida diariamente sin que existan efectos nocivos a la salud durante el tiempo de vida. Las Rfd son el resultado de largos estudios realizados en laboratorio y de información epidemiológica.

La Rfd de ingesta de cadmio es de 0.001 mg/kg/día (EPA-IRIS, 1994), y para cromo (hexavalente) es de 0.003 mg/kg/día (EPA-IRIS, 1998a). La USEPA no ha fijado un valor de Rfd para el plomo (EPA-IRIS 1998b), pero la Normatividad Ambiental de Canadá sugiere una dosis de 0.00357 mg/kg/día (Health Canada, 1996). Cabe mencionar que estas Rfd se recomiendan para adultos y la USEPA no ha establecido criterios para la población infantil.

La Normatividad Ambiental de Canadá ha establecido una Rfd de 0.0000785 mg Pb/kg/día y una MRL (Minimal Risk Level) de 0.0002 mg Cd/kg/día como límites de ingesta de estos metales para niños, pero no se ha establecido un valor de referencia para el metal cromo (Buechner *et al.*, 2003).

En éste estudio, con los niveles de Cd, Cr y Pb presentes en las almejas de Pichilingue, se realizó un cálculo para determinar sus concentraciones en los cocteles comerciales considerando el tamaño de las raciones que corresponden a los cocteles grandes (350 g) y a los chicos (129 g). Los niveles de estos metales al consumir un coctel grande al día son: 0.1800 mg de Cd, 0.0306 mg de Cr y 0.3260 mg de Pb. Mientras que los niveles ingeridos en las raciones de 129 g son: 0.066 mg; 0.011 mg y 0.120 mg de Cd, Cr y Pb, respectivamente.

Con base en lo anterior se calculó la dosis de exposición para niños de 18 kg (5 años) y 30 kg (10 años) (SSA, 1988), mujeres de 50, 60 y 70 kg de peso, así como para hombres de 70, 80, 90 y 100 kg de peso corporal (Tabla 4). Simultáneamente se determinó el riesgo potencial (RP) que tienen las personas que consumen estos bivalvos (Tabla 4).

La concentración de metales que son ingeridos por los niños de 18 y 30 kg de peso corporal, al consumir 350 g de estos moluscos son respectivamente: 0.01002 mg/kg/día y 0.00601 mg/kg/día de Cd; 0.00170 mg/kg/día y 0.00100 mg/kg/día de Cr; 0.01812 mg/kg/día y 0.01087 mg/kg/día de Pb (Tabla 4).



Tabla 4. Niveles de exposición a los metales Cd, Cr y Pb (mg de metal/kg/día) y valores de Riesgo Potencial por el consumo de cocteles grandes (350 g) y chicos (129 g) de almeja catarina *Argopecten ventricosus*.

COCTELES de 350 g						
Peso corporal	Exposición Cd	Riesgo	Exposición Cr	Riesgo	Exposición Pb	Riesgo
Niños						
18	0.01002	50.12			0.01812	230.8
30	0.00601	30.07			0.01087	138.5
MUJERES						
50	0.00361	3.61	0.00061	0.204	0.00652	2.175
60	0.00301	3.01	0.00051	0.170	0.00544	1.812
70	0.00258	2.58	0.00044	0.146	0.00466	1.553
HOMBRES						
70	0.00258	2.58	0.00044	0.146	0.00466	1.553
80	0.00226	2.26	0.00038	0.128	0.00408	1.359
90	0.00200	2.00	0.00034	0.113	0.00362	1.208
100	0.00180	1.80	0.00031	0.102	0.00326	1.087

  

COCTELES de 129 g						
Peso corporal	Exposición Cd	Riesgo	Exposición Cr	Riesgo	Exposición Pb	Riesgo
Niños						
18	0.00369	18.47			0.00667	85.08
30	0.00222	11.08			0.00401	51.05
MUJERES						
50	0.00133	1.330	0.00023	0.075	0.00240	0.801
60	0.00111	1.108	0.00019	0.063	0.00200	0.668
70	0.00095	0.950	0.00016	0.054	0.00172	0.572
HOMBRES						
70	0.00094	0.950	0.00016	0.054	0.00171	0.572
80	0.00083	0.831	0.00014	0.047	0.00150	0.501
90	0.00073	0.739	0.00012	0.042	0.00133	0.445
100	0.00066	0.665	0.00011	0.038	0.00120	0.401

Dosis de referencia Rfd (oral reference dose) y nivel de riesgo mínimo, MRL (Minimal Risk Level): Adultos; Rfd Cd = 0.001 mg/kg/día, Rfd Cr = 0.003 mg/kg/día, Rfd Pb = 0.00357 mg/kg/día (EPA-IRIS, 1994; 1998a; Health Canada. 1996). Niños; MRL Cd = 0.0002 mg/kg/día, Rfd Pb = 0.0000785 mg/kg/día (Buechner et al., 2003).

Los niveles de metales ingeridos en las raciones de 129 g son: 0.00369 mg/kg/día y 0.00222 mg/kg/día de Cd; 0.00062 mg/kg/día y 0.00037 mg/kg/día de Cr; 0.00667 mg/kg/día y 0.00401 mg/kg/día de Pb.

Es evidente que los cocteles de 350 y 129 g contienen concentraciones de Cd que rebasan la MRL y niveles de Pb superiores a la Rfd establecida por la Legislación Ambiental de Canadá para la protección infantil, por lo tanto el riesgo por su consumo es alto (Tabla 4).

Para las mujeres de 50, 60 y 70 kg de peso corporal, los niveles de Cd, Cr y Pb al ingerir una porción de almejas de 350 g son: 0.00361 mg/kg/día, 0.00301 mg/kg/día y 0.00258 mg/kg/día de Cd, respectivamente; 0.00061 mg/kg/día, 0.00051 mg/kg/día y 0.00044 mg/kg/día de Cr; y 0.00652 mg/kg/día, 0.00544 mg/kg/día

y 0.00466 mg/kg/día de Pb. De lo anterior es claro que la porción de almejas de 350 g rebasa la Rfd para Cd y Pb, lo que implica que la ingestión de un coctel grande representa un riesgo alto (Tabla 4).

El consumo de un coctel chico de 129 g aporta los siguientes niveles de metales a mujeres de 50, 60 y 70 kg de peso corporal respectivamente: 0.00133 mg/kg/día, 0.00111 mg/kg/día y 0.00095 mg/kg/día de Cd; 0.00023 mg/kg/día, 0.00019 mg/kg/día y 0.00016 mg/kg/día de Cr; 0.00240 mg/kg/día 0.00200 mg/kg/día y 0.00172 mg/kg/día de Pb (Tabla 4). En esta porción de moluscos los niveles de Cd son superiores a la Rfd sólo para las mujeres de 50 y 60 kg de peso.

Para hombres de 70, 80, 90 y 100 kg de peso corporal, la concentración de Cd, Cr y Pb que son ingeridos al consumir 350 g

Tabla 5. Ración de almejas (*Argopecten ventricosus*) (g) (p.h.) que se pueden ingerir sin riesgo (no rebasan las dosis de referencia para cadmio y plomo).

Peso corporal (kg)	Niños		Mujeres		Hombres	
	Cadmio	Plomo	Cadmio	Plomo	Cadmio	Plomo
18	6.99	1.50				
30	11.65	2.50				
50			97.09	191.93		
60			116.50	230.32		
70			135.92	268.70	135.92	268.70
80					155.33	307.09
90					174.75	345.48
100					194.17	383.87

de almejas son respectivamente: 0.00258 mg/kg/día, 0.00226 mg/kg/día, 0.00200 mg/kg/día y 0.00180 mg/kg/día de Cd; 0.00044 mg/kg/día, 0.00038 mg/kg/día, 0.00034 mg/kg/día y 0.00031 mg/kg/día de Cr; y 0.0046 mg/kg/día, 0.0040 mg/kg/día, 0.0036 mg/kg/día, 0.0032 mg/kg/día de Pb (Tabla 4). Los niveles de metales ingeridos en las raciones de 129 g son: 0.00094 mg/kg/día, 0.00083 mg/kg/día, 0.00073 mg/kg/día, 0.00066 mg/kg/día Cd; 0.00016 mg/kg/día, 0.00014 mg/kg/día, 0.00012 mg/kg/día, 0.00011 mg/kg/día Cr; y 0.00171 mg/kg/día, 0.00150 mg/kg/día, 0.00133 mg/kg/día, 0.00120 mg/kg/día Pb. Es evidente que los cocteles de 350 g contienen concentraciones de cadmio que rebasan la Rfd, por lo cual su consumo implica un riesgo alto (Tabla 4).

Finalmente se calculó la ración de moluscos que se pueden ingerir sin riesgos para niños, mujeres y hombres (Tabla 5).

Las raciones seguras de almejas por día, para niños de 18 y 30 kg son: 1.50 g y 2.50 g (p.h.) respectivamente. Para mujeres de 50, 60 y 70 kg de peso corporal son de: 97.09, 116.50 y 135.92 g (p.h.) de marisco respectivamente. Para hombres de 70, 80, 90 y 100 kg los valores calculados fueron 135.92, 155.33, 174.75, y 194.17 g (p. h.) de almejas respectivamente.

Es importante señalar que la ingesta de raciones superiores a las calculadas, podrían implicar un riesgo alto a la salud, para niños, mujeres y hombres.

La FDA (1993 a, b), recomienda una porción diaria de moluscos de 28 a 83 g como ración segura, para el aporte los niveles necesarios de metales esenciales. Esta dependencia gubernamental ha calculado la concentración promedio de Cd en mariscos la cual es de 2.0 µg/g, y de Pb de 3.0 µg/g. Estos valores son superiores a los registrados en los tejidos de las almejas de Pichilingue. El nivel de cadmio en los moluscos americanos es cuatro veces mayor al registrado en *A. ventricosus* y el del plomo tres veces más alto.

De lo anterior es evidente que se deben realizar estudios y/o monitoreos continuos para determinar la calidad de los pec-tínidos, en las zonas donde se realiza su explotación, para que

no constituyan un factor de riesgo para la salud de las personas que los consumen.

Es importante reiterar que en este estudio solo se está considerando el aporte de metales proveniente de moluscos, sin embargo, éstos elementos están presentes en otros alimentos como: los vegetales verdes (lechuga, espinaca acelgas), las papas, el hígado, la leche, el azúcar no refinada, la carne y el agua (FDA, 1993 a, b).

González *et al.*, (2001) encontraron valores promedio de Cd en muestras de jitomate (0.25 mg/kg), chile (0.18 mg/kg), cilantro (0.14 mg/kg), frijol (0.001 mg/kg), maíz (0.004 mg/kg), tomate (0.10 mg/kg) y leche (0.004 mg/kg), que constituyen alimentos básicos para los habitantes de nuestro país. Es evidente que se deben realizar estudios considerando todas las fuentes de metales presentes en la dieta diaria para determinar el riesgo real por la ingestión de metales y así poder determinar las dosis seguras para la población mexicana y principalmente para los niños.

## REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, A.A. & F. PÁEZ-OSUNA. 1995. Estudio geoquímico de siete muestras de las formaciones fosfáticas del sur de la Península de Baja California, México. *Geofísica Internacional* 24 (4): 411-416.
- APHA, A.W.W.A. & W.P.F.C. 1994. *Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho*. 64<sup>th</sup> Ed. Interamericana. México, 690 p.
- ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). 1994. *Standard test methods for elements in water by metals atomic absorption spectroscopy*. USA-ASTM Committee on Standards, Philadelphia. PA. Vol. 11.01., 456 p.
- AVILÉS-QUEVEDO, M.A. 1990. Crecimiento de la almeja catarina (*Argopecten circularis*) en función del alimento, con anotaciones sobre su biología y desarrollo. Tesis Maestría, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., 81 p.

- BUECHNER, P., S. NEUFELD & B. MAUSBERG. 2003. *Metallic Lunch. An Analysis of heavy metals in the Canadian Diet*. Environmental Defence Canada. Ontario, 40 p.
- BUSTAMANTE, P. & P. MIRAMAND. 2004. Interspecific and geographical variations of trace element concentrations in Pectinidae from European waters. *Chemosphere* 57(10): 1355-1362.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, C., D. RAMÍREZ-FILIPPINI & J. CHAVEZ-VILLALBA. 1987. Cultivo en parques de la almeja catarina *Argopecten circularis*. *Revista Latinoamericana de Acuicultura* 34: 26-31.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, C. & M. RODRÍGUEZ-JARAMILLO. 1990. Variaciones estacionales del índice gonádico y muscular de *Argopecten circularis* en la Ensenada de La Paz, B.C.S. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 5: 1-6.
- CANTILLANEZ, M., M. AVENDAÑO, G. THOUZEAU & M. LE PENNEC. 2005. Reproductive cycle of *Argopecten purpuratus* (Bivalvia:Pectinidae) in La Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile): Response to environmental effects of El Niño and La Niña. *Aquaculture* 246 (1-4): 181-195.
- CARMICHAEL, N.G., K.S. SQUIBB, & B.A. FOWLER. 1979. Metals in the molluscan kidney: A comparison of two closely related species (*Argopecten*) using X-ray microanalysis and atomic absorption spectroscopy. *Journal Fisheries Research. Board Canada* 36: 1149-1155.
- CARMONA, R.M. & H. RAMÍREZ. 1994. Una aproximación metodológica a la medición de la relación entre actividad económica y la naturaleza. La almeja catarina, un caso de estudio. *Revista de Investigación Científica, Serie Ciencias Marinas UABCS* 5: 7-20.
- CHAVEZ, J. & C. CÁCERES-MARTÍNEZ. 1992. Scallop culture in the northwest of Mexico. *World Aquaculture* 23: 20-25.
- EPA-IRIS. 1994. Cadmium. Reference dose for chronic oral exposure RfD.  
Page. <http://www.epa.gov/iris/subst/0141.htm>
- EPA-IRIS. 1998A. Chromium. Reference dose for chronic oral exposure RfD.  
Page. <http://www.epa.gov/iris/subst/0144.htm>
- EPA-IRIS. 1998B. Lead. Reference dose for chronic oral exposure RfD.  
Page. <http://www.epa.gov/iris/subst/0277.htm>
- FDA. 1993A. *Guidance Document for Cadmium in Shellfish* Center for Food Safety and Applied Nutrition United States Food and Drug Administration 200 St., S.W. Washington, D.C., 20204. 456 p.
- FDA. 1993B. *Guidance Document for Lead in Shellfish* Center for Food Safety and Applied Nutrition United States Food and Drug Administration 200 St., S.W. Washington, D.C., 20204. 502 p.
- FDA. 2003. *National Shellfish Sanitation Program. Guide for the Control of Molluscan Shellfish*. U. S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Interstate Shellfish Sanitation Conference USA., 427 p.
- GONZÁLEZ, D., A. MANFRED, & A. RAMÍREZ. 2001. *Concentración de cadmio en alimentos de la dieta en México*. Memorias IV Congreso de Toxicología. Sociedad Mexicana de Toxicología. México. pp. 39.
- GUTIÉRREZ-GALINDO, E., G.M. FLORES, S.G. OLGUÍN, & C.J. VILLAESCUSA. 1990. Biodisponibilidad de metales traza en almejas y mejillones del valle agrícola de Mexicali y alto Golfo de California. *Ciencias Marinas* 16: 1-28.
- GUTIÉRREZ-GALINDO, E., M.G. FLORES, G.R. PRO, C.J. VILLAESCUSA & A.J. GONZÁLEZ. 1991. Metales pesados en tejido y en biodepositos sedimentarios del ostión *Crassostrea gigas* de la zona de Cultivo de Bahía San Quintín, Baja California, México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 6: 175-186.
- GUTIÉRREZ-GALINDO, E., J. VILLAESCUSA-CELAYA & A. ARREOLA-CHIMAL. 1999. Bioacumulación de metales en mejillones de cuatro sitios selectos de la región costera de Baja California. *Ciencias Marinas* 25: 557-578.
- GUZMAN-AMAYA, P. 2004. *Contaminación por metales en ostión de las lagunas de Alvarado, Mandinga y Tamiahua Ver.* Tesis de Maestría en Ciencias (Biología) Facultad de Ciencias UNAM. México, 122 p.
- HEALTH CANADA. 1996. *Health based Tolerable daily intakes/concentrations and tumorigenic doses/concentrations for priority substances*. Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, 15 p.
- HEALTH CANADA. 2003. *Canadian Handbook on Health Impact Assessment Volume 3: The Multidisciplinary Team. Version 1.1*, October 3, 2003. 22 p.
- HERNÁNDEZ, A. & J. SINGH. 1988. Rendimientos de producción de almeja catarina a diferentes densidades de cultivo. *Revista Latinoamericana de Acuicultura* 36: 49-55.
- IAEA/UNEP/FAO/IOC. 1984. *Determination of total metals in marine organisms by flame atomic spectrophotometry*. Reference methods in marine pollution studies. UNEP, 134 p.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). 2001. Censo poblacional. México, 2000.
- KAMIMURA, S. 1980. Relationship between the body size of principal shellfish and the concentration of few heavy metals. *Bulletin Japan Society Science Fisheries* 46: 79-82.
- MANN, S.S. & G.S.P. RITCHIE. 1995. *Forms of cadmium in sandy soils after amendment with soils of higher fixing capacity*. *Environmental Pollution* 87: 23-29.
- MAEDA, A., T. REYNOSO-GRANADOS, P. MONSALVO, T. SICARD, J. MAZON-ZUASTEGUI, O. HERNÁNDEZ, E. SEGOVIA & R. MORALES. 1997. Suspension culture of catarina scallop *Argopecten ventricosus* (=circularis) (Sowerby II, 1842) in Bahía Magdalena, Mexico at different densities. *Aquaculture* 158: 235-246.



- MÉNDEZ, L., B. ACOSTA, S.T. ALVAREZ-CASTAÑEDA, & C.H. LECHUGA-DEVEZE. 1998. Trace metal distribution along the southern coast of Bahía de la Paz (Gulf of California), Mexico. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology* 61: 616-622.
- MÉNDEZ, L., L.M. SALAS-FLORES, A. ARREOLA-LIZARRAGA, S.T. ÁLVAREZ-CASTAÑEDA & B. ACOSTA. 2002. Heavy Metals in clams from Guaymas Bay, Mexico. *Bulletin Environmental Contamination & Toxicology* 68: 217-223.
- MONSALVO-SPENSER, P., A. MAEDA-MARTÍNEZ & T. REYNOSO-GRANADOS. 1997. Reproductive maturity and spawning induction in the Catarina scallop *Argopecten ventricosus* (=circularis) (Sowerby II, 1842). *Journal of Shellfish Research* 16 (3): 67-70.
- MOORE, J.W. 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag. New York, 334 p.
- NAUEN, C.C. 1983. *Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products*. FDA. Washington D. C., 152 p.
- NEWELL, R.I.E., L.G. JOHNSON & L.H. KOFOED. 1977. Adjustment of energy balance in response to temperature change in *Ostrea edulis*. *Oecologia* 30: 97-110.
- NOM, 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA1-1993, bienes y servicios. *Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias*. Secretaría de Salud. Gobierno de la República. México, 18 p.
- OBESO-NIEBLAS, M., B. SHIRASAGO, L. SÁNCHEZ, & A.R. JIMÉNEZ. 1999. *Masas de agua en la Bahía de la Paz, B.C.S., México*. Memorias del VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortes. A.C. y I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortes. Hermosillo Sonora, México, 115 p.
- PEERZADA, T., S. PAKKIYARETNAM, M. SKLIROS, A. GUINEA, & P. RYAN. 1992. Distribution of heavy metals in Elcho Island, Northern Territory, Australia N. *Science Total Environment* 119 (1): 19-27.
- PESCH, G. & E. STEWART. 1980. Cadmium toxicity of three species of estuarine invertebrates. *Marine Environmental Research* 2: 145-156.
- RAMÍREZ, URIBE M.L. 2002. *Efecto de la concentración de partículas y de la temperatura sobre las tasas de aclaramiento y de ingestión en juveniles de almeja catarina (Argopecten ventricosus)*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario. No. 21 SEP. La Paz, B.C.S. México, 78 p.
- REGOLI, F. & E. ORLANDO. 1994. Bioavailability of biologically detoxified lead: Risks arising from consumption of polluted mussels *Environmental Health Perspectives* 102 (3): 335-340.
- REYNOSO, N.E. & A. JORAJURIA. 1988. Distribución de metales pesados en la costa occidental de la península de Baja California, usando *Mytilus californianus* como organismos centinelas. *Ciencias Marinas* 14: 101-116.
- ROLDAN, C.L.M. 2001. *Efecto del flujo sobre el crecimiento, índices de condición y contenido bioquímico en adultos de almeja catarina (Argopecten ventricosus) (Sowerby II, 1842)*. Tesis de Maestría: Con Especialidad en el Uso, Manejo y Preservación de Los Recursos Naturales (Orientación Acuicultura). CIBNOR, La Paz, B.C.S. México, 87 p.
- SAAVEDRA, Y., A. GONZALEZ, P. FERNANDEZ & J. BLASCO. 2004. Interspecific variations of metals in three bivalve mollusks from Galicia. *Archives Environmental Contamination and Toxicology* 47: 341-351.
- SECRETARIA DE PESCA. 1988. *Anuario Estadístico de Pesca 1987*. México. 231 p.
- SAGARPA (SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2003. *Anuario Estadístico de Pesca*. Conapesca. México, 265 p.
- SEMARNAP (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA). 1999. *Anuario Estadístico de Pesca 1998*. México, 244 p.
- SHUMILIN, E., F. PÁEZ-OSUNA, C. GREEN-RUIZ, D. SAPOZHNIKOV, G. RODRIGUEZ-MEZA, & L. GODÍNEZ-ORTA. 2001. Arsenic, antimony, selenium and other trace elements in sediments of the La Paz lagoon, Peninsula of Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 42: 174-178.
- SICART, T. 1999. *Determinación de temperatura óptima para el crecimiento de Argopecten ventricosus (Sowerby II, 1872)*. Tesis Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México, 78 p.
- SIGNORET-BRAILOVSKY, G., A.N. MAEDA-MARTÍNEZ, T. REYNOSO-GRANADOS, E. SOTO-GALERA, P. MONSALVO-SPENSER, & G. VALLE-MEZA. 1996. Salinity tolerance of the catarina scallop *Argopecten ventricosus-circularis* (Sowerby II, 1842). *Journal of Shellfish Research* 15 (2): 623-626.
- SILVA-LOERA, A.H. 1986. *Efecto del tamaño corporal, tensión de oxígeno, y temperatura sobre la tasa de consumo de oxígeno en la escalopa Argopecten circularis (Sowerby) (Molusca: Lamellibranchia)*. Tesis de Maestría. Escuela de Ciencias Marítimas y Alimentarias, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, 93 p.
- SSA (SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA). 1988. *Curva de peso infantil*. Dirección General de Educación para la Salud. México, 12 p.
- TOPPING, G. 1973. Heavy metals in shellfish from Scottish waters. *Aquaculture* 1: 379-384.
- USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). 1986. *Guidelines for the health risk assessment of chemical mixtures*. Office of Research and Development. Washington, D.C., 321 p.
- USEPA. 1990. *Microwave assisted acid digestion of aqueous samples and extracts*. Method 3015. Washington, D. C., 43 p.
- USEPA. 2000. *Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories. Vol. 2, Risk assessment and fish consumption limits*. Washington, D.C., 363 p.

- VILLALEJO, F.M.T. 1992. *Aspectos reproductivos de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, B.C.S., México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México, 96 p.
- VATTUONE, G., K.S. GRIGGS, D.R. MCINTYRE, J.L. LITTLEPAGE & F.L. HARRISON. 1976. Cadmium concentrations in rock scallops in comparison with some other species. *Lawrence Livermore National Laboratory*, UCRL-5202231, U.K., 31 p.
- WIDDOWS, J. 1973. The effects of temperature on the metabolism and activity of *Mytilus edulis*. *Netherlands Journal of Sea Research* 7:387-398.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. New Jersey, 662 p.

*Recibido:* 16 de octubre de 2005.

*Aceptado:* 15 de noviembre de 2006.