

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Revista Ciencias del Mar, UAS

Octubre -Diciembre 2023 Núm. 1 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN (En Trámite)



Artículo Científico

Concentraciones de cadmio, cobre, plomo y zinc en langostinos *Macrobrachium americanum* del río Baluarte, Rosario, Sinaloa, México.

Concentrations of cadmium, copper, lead and zinc in shrimps *Macrobrachium americanum* from Baluarte River, Rosario, Sinaloa, Mexico.

-  1. Carmen Cristina Osuna Martínez
 0000-0003-4934-5790
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
-  2. Rubén Benítez Lizárraga
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
-  3. Dulce Castañeda Rodríguez
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
-  4. María del Carmen Núñez-Díaz
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
-  5. María Dolores Muy Rangel
 0000-0002-6971-535X
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México.
-  6. Werner Rubio Carrasco
 0000-0002-5511-0608
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México.
-  7. Iliana Hetzabeth Zazueta Ojeda
 0009-0008-3224-7004
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
-  8. Mónica Anabel Ortíz Arellano
 0000-0002-7870-3852
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
-  9. Marisela Aguilar Juárez
 0000-0003-0862-5542
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.
Autor de correspondencia:
maguilar@uas.edu.mx



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



Concentraciones de cadmio, cobre, plomo y zinc en langostinos *Macrobrachium americanum* del río Baluarte, Rosario, Sinaloa, México.

Concentrations of cadmium, copper, lead and zinc in shrimps *Macrobrachium americanum* from Baluarte River, Rosario, Sinaloa, Mexico.

► RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el contenido de Cd, Cu, Pb y Zn en el abdomen (tejido comestible) y en hepatopáncreas de especímenes del langostino *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868) procedentes del río Baluarte, Rosario, Sinaloa, México. Durante mayo de 2010 se recolectaron de 15 a 20 organismos adultos (> 15 cm de longitud total). Los tejidos se secaron y la concentración de metales se determinó por espectrofotometría de absorción atómica. En el músculo, el orden de concentración de los metales fue Zn > Cu > Pb > Cd, con intervalos de 45.5-58.9, 24.7-27.3, 3.8-4.3 y 0.6-0.7 µg/g (peso seco), respectivamente; mientras que en el hepatopáncreas fue Cu > Zn > Cd > Pb, cuyos intervalos fueron 153.4-387.9, 51.1-147.9, 50.1-130.1 y 4.5-6.5, respectivamente. En todos los casos las concentraciones resultaron significativamente mayores en los organismos recolectados en la parte alta del río. De acuerdo con los niveles determinados y con base en los límites máximos permisibles propuestos por las normas internacionales, en este trabajo el Pb fue el que limitó el consumo del músculo de esta especie, puesto que con un consumo de 68.9-78.5 g (peso fresco) se alcanza el límite permisible.

Palabras clave: Metales, músculo comestible, hepatopáncreas, sureste golfo de California.



► ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of assess the content of Cd, Cu Pb and Zn in the abdomen (edible tissue) and hepatopancreas of the crayfish *Macrobrachium americanun* (Bate, 1868) from the Baluarte River, Rosario, Sinaloa, Mexico. During May 2010, a total of 15-20 adult organisms (> 15 cm total length) were collected. Tissues were dried and the metal content was determined by atomic absorption spectrophotometry. In the muscle, the decreasing order was Zn $>$ Cu $>$ Pb $>$ Cd with ranges of 45.5-58.9, 24.7-27.3, 3.8-4.3 y 0.6-0.7 $\mu\text{g/g}$ (dry weight), respectively; while in the hepatopancreas the decreasing order was Cu $>$ Zn $>$ Cd $>$ Pb with ranges of 153.4-387.9, 51.1-147.9, 50.1-130.1y 4.5-6.5, respectively. In all cases the concentrations were significantly higher in the organisms collected in the upper part of the river. According to metal content and international maximum permissible limits, proposed by international standards, in this work Pb was the element that limited the consumption of muscle of this species, since a consumption of 68.9-78.5 g (fresh weight) reaches the permissible limit.

Keywords: Metals, edible muscle, hepatopancreas, Southeast Gulf of California.

► INTRODUCCIÓN

En diversos estudios se ha concluido que, a escala global, los niveles de concentración ambiental de metales están aumentando y que esto se debe, en gran parte, a los desechos urbanos y de varias actividades industriales, entre ellas la minería, la agricultura, las industrias de transformación de sus productos y la generación de energía entre otras (Frías-Espéricueta, Osuna-López, Izaguirre-Fierro, Aguilar-Juárez, Voltolina, 2010).

En particular, varios tipos de desechos de la minería tienen un gran potencial de contaminar los suelos y cuerpos de agua aledaños a los sitios de extracción (Ruelas-Inzunza *et al.*, 2011), por lo cual, es necesario verificar si estas actividades representan un riesgo para los humanos y la biota o si generan problemas para otros usos del suelo y del agua como las actividades agrícolas, el turismo y la acuicultura, entre otros (Faria, Huertas, Soto, Grimalt, Catan, Riva, Barata, 2010).

Los langostinos que pertenecen a la familia *Palemonidae* y al género *Macrobrachium*, son organismos epibentónicos y generalmente abundantes en los cuerpos de agua que habitan; los cuales acumulan rápidamente metales en sus tejidos, razón por la cual son considerados como ideales en los programas de monitoreo ambiental (Camacho-Sánchez, 2007; Kuoba, Buřič, Kozák, 2010). Por ello, el presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar los contenidos de cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) en muestras de abdomen (tejido comestible) y hepatopáncreas del langostino *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868), recolectados en el río Baluarte, el cual pertenece al distrito minero Plomosas-Rosario (sur de Sinaloa, México).

► MATERIALES Y MÉTODOS

Durante mayo de 2010 se recolectaron de 15 a 20 especímenes adultos (15 cm de longitud total) del langostino *M. americanum* en las partes alta y baja del río Baluarte en Sinaloa (Fig.1). Los organismos recolectados se colocaron en bolsas de plástico y se transportaron en hieleras (4 °C) al laboratorio, donde se separó el hepatopáncreas y el abdomen (músculo comestible) de cada organismo y estos se combinaron para obtener una muestra compuesta de cada tejido para cada parte del río.



Figura 1. Localización de los sitios de muestreo 1) en la parte alta y 2) en la parte baja del río Baluarte (23°00'11.08" N y 105°57'55.64" O).



Las muestras obtenidas de esta manera se colocaron en vasos de precipitado (600 ml), se secaron (70-80 °C) durante 72 h y se pulverizaron en un mortero de teflón hasta su completa homogenización. Posteriormente, se procedió a la digestión ácida de los tejidos, por triplicado para cada muestra, adicionando 25 ml de ácido nítrico (HNO₃) concentrado (grado metal traza) y calentando en una plancha a 100 °C, hasta sequedad. El residuo sólido se disolvió nuevamente en 20 ml de HNO₃ 2M, las muestras se centrifugaron a 3500 rpm para separar la fase sólida de la líquida, y el sobrenadante se guardó en viales de plástico hasta la cuantificación de los metales, la cual se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando la lámpara de cátodo hueco apropiado para cada metal. Todos los materiales usados en el muestreo y en el análisis de las muestras fueron previamente lavados en ácidos (HCl 2M y HNO₃ 2M), de acuerdo con Moody y Lindstrom (1977). Para asegurar la calidad y confiabilidad de los datos, se analizaron blancos y el material de referencia TORT 3 (hepatopáncreas de langosta; NRC, 2023) con porcentajes de recuperación entre 87.5 y 102.3%; también se utilizó agua Milli-Q para evitar contaminación de las muestras.

Después de obtener los valores promedio de los metales analizados, se calculó el límite máximo de consumo de músculo de langostino que se puede ingerir por día, para los cuatro metales analizados (Cd, Cu, Pb, Zn). Para ello, se utilizó la fórmula (EPA, 2000): $CR_{lim} = (RfD * BW) / CM$, donde CR_{lim} = Tasa máxima de consumo diario (kg/d); RfD = Dosis de referencia (mg/kg/d), BW = Peso corporal del consumidor (kg), Cm = Concentración del contaminante en el langostino (µg/g).

Una vez verificadas la normalidad y homocedasticidad, las concentraciones promedio de los tejidos de cada sitio del río se compararon mediante la prueba t-Student, con un nivel de confianza del 95 % (P<0.05) (Zar, 2010).

▶ RESULTADOS

En el músculo, el orden de concentración de los cuatro metales fue $Zn > Cu > Pb > Cd$ con intervalos de 45.5-58.9, 24.7-27.3, 3.8-4.3 y 0.6-0.7 $\mu\text{g/g}$ (peso seco), respectivamente y no se encontraron diferencias significativas entre las muestras de la parte alta y baja del río Baluarte (Fig. 2A). En el hepatopáncreas, el orden de concentración de los metales fue $Cu > Zn > Cd > Pb$ con intervalos de 153.4-387.9, 51.1-147.9, 50.1-130.1 y 4.5-6.5, respectivamente. Para este órgano, también el Cu y el Zn mantuvieron concentraciones altas, con respecto a las registradas para los metales no esenciales (Pb y Cd). Además, cabe destacar que, para este órgano, todas las concentraciones resultaron significativamente mayores en los organismos recolectados en la parte alta del Río Baluarte (Figura 2B).

Cabe destacar que, en el caso del Cd, su concentración registrada en el músculo resultó más de una orden de magnitud inferior a los niveles registrados por los metales esenciales, y en el caso del hepatopáncreas la concentración de este metal fue similar a la registrada para el Zn y muy cercana a la de Cu, esto en las muestras colectadas en ambas secciones del río.

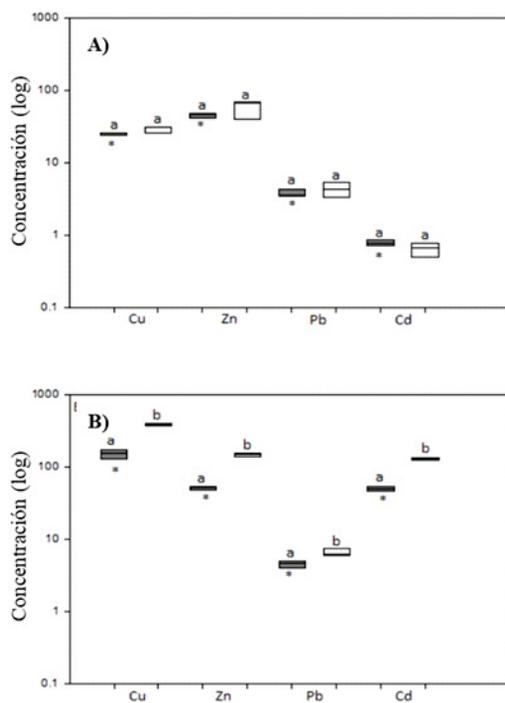


Figura 2. Concentraciones ($\mu\text{g/g}$, peso seco) de Cu, Zn, Pb y Cd en el músculo (A) y hepatopáncreas (B) de *Macrobrachium americanum* de la parte alta y la parte baja (*) del río Baluarte, Sinaloa, México.



► DISCUSIÓN

Normalmente, el contenido de metales esenciales como Cu y Zn es mayor que el de los no esenciales (en este caso Cd y Pb), ya que forman parte de varias proteínas y enzimas y, en particular, en el caso de Cu, su función más conocida en camarones, langostas y langostinos es que forma parte del grupo prostético de su pigmento respiratorio, la hemocianina (Hagner-Holler, Kusche, Hembach, Burmester, 2005).

Los niveles de concentración de Cd, Cu, Pb, y Zn fueron mayores en el hepatopáncreas que en el músculo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en diversos estudios realizados en crustáceos marinos los cuales sugieren que esto podría deberse a las funciones del hepatopáncreas, donde tienen lugar las actividades de síntesis de proteínas y de enzimas, la digestión y asimilación de los alimentos, así como el metabolismo de los xenobióticos (Manisseri y Menon, 1995), lo cual podría facilitar la bioacumulación de estos metales en este órgano.

Por otro lado, el contenido de los cuatro elementos incluidos en el presente estudio fue mayor en aquellos organismos que habitan la parte alta del río Baluarte (con excepción del Cd en el músculo), caracterizada por las actividades de minería. Por tanto, los organismos que habitan estas zonas se encuentran en contacto directo con los residuos/efluentes (que contienen metales) de dicha actividad, lo que sugiere que la bioacumulación de estos metales es mayor.

Con respecto a los especímenes de *M. americanum* recolectados en la parte baja del río Baluarte, estos se dejan arrastrar por la corriente una vez que alcanzan su edad reproductiva, ya que las larvas de estas especies requieren de condiciones salobres para su desarrollo (Abele y Blum, 1977). En estos organismos, esta conducta resulta relevante ya que al retirarse de la zona de influencia de la minería y/u otras fuentes de metales, la tasa de eliminación de metales es mayor que la de su captura, lo que les permite reducir el contenido de Cd y Pb de su organismo. Por tanto, el procedimiento natural que *M. americanum* realiza durante el proceso de reproducción, podría contribuir a disminuir la absorción de metales. Cabe destacar que la disminución de metales registrada en estos langostinos puede estar ligada al bioma que presenta la parte baja

del río, ya que existe una autodepuración de este sistema acuático, es decir, los metales que llegan al cauce del río en las zonas más altas van siendo retenidos por los sedimentos y/o la vegetación en su camino hacia las zonas bajas.

En la tabla I, se presenta una comparación del contenido de metales entre langostinos de diferentes partes del mundo. El contenido de Cd en el hepatopáncreas de los langostinos analizados en el presente estudio es mayor que el de los especímenes analizados en los otros estudios; mientras que los valores de Pb y Cu de este estudio solo son menores que los reportados en *Cherax destructor* (Italia) y *Macrobrachium rosenbergii* (Australia) por Bruno, Volpe, De-Luise, Paolucci (2006) y Peerzada, Nojok, Lee (1992), respectivamente. Con respecto al Zn, los valores encontrados en el presente artículo son mayores a los que reportó Mackevičienė (2002) en especímenes de *Astacus astacus* recolectados en Lituania.

Tabla I. Concentraciones de Cd, Pb, Zn, Cu ($\mu\text{g/g}$, peso seco) de músculo y hepatopáncreas de langostinos / langostas de agua dulce de diferentes especies y países.

Especie	Zona	Tejido	Cd	Pb	Zn	Cu
<i>Macrobrachium rosenbergii</i> ¹	Australia	M	ND	ND ³	60	332
		H	0.8	ND	148	1140
<i>Pacifastacus leniusculus</i> ²	Suecia	M	<0.02	0.1	75	25.5
		H	2.5	0.1	178.6	157.1
<i>Astacus astacus</i> ³	Lituania	M	0.05	0.3	23.3	6.1
		H	0.01	0.3	35.3	4.9
<i>Cherax destructor</i> ⁴	Italia	M	2.3	1.9	18	39.1
		H	35	7.5	179.3	64.1
<i>Procambarus clarkii</i> ⁵	E.E.U.U.	M	0.03	<0.19	76.9	44.6
		H	ND	ND	ND	ND
<i>M. americanum</i> ⁶	México	M	0.01	1.1	ND	ND
		H	ND	ND	ND	ND
<i>M. americanum</i> ⁷	México	M	0.6-0.7	3.8-4.3	45.5-58.9	24.7-27.3
		H	50.1-130.1	4.5-6.5	51.1-147.9	153.4-387.9

¹Peerzada *et al.* (1992), ²Jorhem, Engman, Sundström, Thim (1994), ³Mackevičienė (2002), ⁴Bruno *et al.* (2006), ⁵Hothem, Bergen, Bauer, Crayon, Meckstroth (2007), ⁶Ruelas-Inzunza, Green-Ruiz, Zavala-Nevárez, Soto-Jiménez (2011), ⁷Este estudio; M, músculo; H, hepatopáncreas; ND, no detectado/no determinado; E.E.U.U., Estados Unidos de América.

En la tabla II, se presenta el consumo máximo de langostinos *M. americanum* procedentes del río Baluarte, Sinaloa, México. Dadas las concentraciones encontradas de los elementos de interés y con base en los niveles permisibles propuestos por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de América (USFDA, por sus siglas en inglés) (USFDA, 1993) y por la organización mundial de salud (WHO, 1998), el Pb resultó ser el metal que limita el consumo del músculo de esta especie, puesto que con una ingesta de 68.9-78.5 g (peso fresco) por día, se alcanza su límite máximo de consumo.

Tabla II. Límites máximos (g/día) de consumo de músculo y hepatopáncreas de especímenes de *Macrobrachium americanum* provenientes del río Baluarte, Sinaloa, México.

Metal	Músculo B/A	Hep atop áncreas B/A	Nivel permisible (µg/persona/día)
Cu	485.63/438.27	30.94/78.21	3000
Zn	3961.7/3055.5/	1216.9/5782.2	45000
Pb	78.53/68.96	46.01/65.78	750
Cd	278.48/343.48	1.68/4.38	55

A, parte alta del río; B, parte baja del río.

Sin embargo, no solo el músculo es consumido por los pobladores de esta zona, ya que en numerosas ocasiones también se consume el hepatopáncreas, el cual concentra significativas cantidades de Cd, lo que debería limitar significativamente el consumo de estos organismos. Por lo anterior, se recomienda cuantificar el contenido de Cd en la sangre de las personas que consumen este langostino, ya que está bien documentado el efecto tóxico del Cd en humanos.

Después de analizar esta información, se puede concluir que, en ambos tejidos las concentraciones de los metales esenciales fueron mayores a las de los no esenciales; se encontraron diferencias significativamente mayores de los cuatro metales en las muestras de hepatopáncreas recolectadas en la parte alta del río; y, de acuerdo con los niveles determinados y con base en los límites máximos permisibles, en este trabajo el Pb fue el metal que limitó el consumo del músculo de esta especie, puesto que con una ingesta de 68.9-78.5 g/día (peso fresco) se alcanza el límite permisible.



► AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por los proyectos PROFAPI-UAS 2010/049, PROFAPI-UAS 2011/060, con apoyo parcial de los proyectos PROFAPI-UAS PRO A7_056, PROFAPI-UAS 2015/202 y PROMEP 103.5/12.

► LITERATURA CITADA

Abele, L.G. & Blum, N. (1977). Ecological aspects of the freshwater crustaceans of the Perlas Archipelago, Panamá. *Biotropica*, 9(4), 239–252. doi: <https://doi.org/10.2307/2388141>

Bruno, G., Volpe, M.G., De-Luise, G. & Paolucci, M. (2006). Detection of heavy metals in farmed *Cherax destructor*. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (380-381), 1341–1349. doi: <http://dx.doi.org/10.1051/kmae:2006039>

Camacho-Sánchez, M.I. (2007). Bioconcentración y toxicidad de metales en el langostino *Macrobrachium rosebergii* (de Man). *Revista de Toxicología* 24(1), 14–17. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91924103>

Faria, M., Huertas, D., Soto, D.X., Grimalt, J.O., Catan, J., Riva, M.C. & Barata, C. (2010). Contaminant accumulation and multi-biomarker responses in field collected zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and crayfish (*Procambarus clarkii*), to evaluate toxicological effect of industrial hazardous dumps in the Ebro river (NE Spain). *Chemosphere*, 78(3), 232–240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.11.003>

Frías-Espéricueta, M.G., Osuna-López, J.I., Izaguirre-Fierro, G., Aguilar-Juárez, M. & Voltolina, D. (2010). Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *Oceánides*, 25(2), 27–39. doi: <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/795/1/Frias-M.pdf>

Hagner-Holler, S., Kusche, K., Hembach, A. & Burmester, T. (2005). Biochemical and molecular characterization of hemocyanin from the amphipod *Gammarus roeseli*: complex pattern of hemocyanin subunit evolution in Crustacea. *Journal of Comparative Physiology*, 175(6), 445–452. doi: <https://doi.org/10.1007/s00360-005-0012-4>

Hothem, R., Bergen, D.R., Bauer, M.L., Crayon, J.J. & Meckstroth, A.M. (2007). Mercury and trace elements in crayfish from Northern California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79, 628–632. doi: <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9304-6>



- Jorhem, L., Engman, J., Sundström, B. & Thim, A.M. (1994).** Trace elements in crayfish: regional differences and changes induced by cooking. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 26(2), 137–142. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00224796>
- Kuoba, A., Buřič, M., & Kozák, P. (2010).** Bioaccumulation and effect of heavy metals in crayfish: a review. *Water Air Soil Pollution*, 211, 5–16. doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0273-8>
- Mackevičienė, G. (2002).** Bioaccumulation of heavy metals in noble crayfish (*Astacus astacus* L.) tissues under aquaculture conditions. *Ekologija (Vilnius)*, 22(2), 79–82. doi: <http://mokslozurnalai.lmaleidykla.lt/publ/0235-7224/2002/2/E-79.pdf>
- Manisseri, M.K. & Menon, R.N. (1995).** Copper-induced damage in the hepatopancreas of the panacid shrimp *Metapenaeus dobsoni* – an structural study. *Disease of Aquatic Organisms*, 22(1), 51–57. <https://doi.10.3354/dao022051>
- Moody, J. R. & Lindstrom, R.M. (1977).** Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. *Analytical Chemistry*, 49(14), 2264–2267. <https://doi.10.1021/AC50022A039>
- NRC, National Research Council of Canada.** TORT-3: Lobster hepatopancreas reference material for trace metals. <https://nrc-digital-repository.canada.ca/eng/view/object/?id=ce56680f-1a1d-4a82-b1cb-74f4e9cbb22e>
- Peerzada, N., Nojok, M. & Lee, C. (1992).** Distribution of heavy metals in prawns from Northern Territory, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 24(8), 416–418. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(92\)90504-Y](https://doi.org/10.1016/0025-326X(92)90504-Y)
- Ruelas-Inzunza, J., Green-Ruiz, C., Zavala-Nevárez, M. & Soto-Jiménez, M. (2011).** Biomonitoring of Cd, Cr, Hg, and Pb in the Baluarte River basin associated to a mining area (NW Mexico). *Science of the Total Environment*, 409(18), 3527–3536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.035>
- USFDA (1993).** Guidance Documents for Trace Elements in Seafood. Food and Drug Agency, Washington, DC. <https://www.fda.gov/food/guidance-documents-regulatory-information-topic-food-and-dietary-supplements/seafood-guidance-documents-regulatory-information>
- WHO, (1998).** International Programme on Chemical Safety (IPCS) Environmental Health Criteria 200: copper. World Health Organization, Geneva. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/29476>
- Zar, J.H. 2010.** Biostatistical Analysis. 5th edition, New Jersey, Pearson. Prentice Hall, Pearson, Upper Saddle River.