

Efecto de la Contaminación por Mercurio y Plomo en Peces Comestibles

José Manuel Carrión Jiménez¹
José Luís González Bucio¹
Graciano Calva Calva²
Patricia Flores Castillo¹
Eduardo González Bucio¹
José Luis Guevara Franco¹
Juan Carlos Ávila Revéles¹
Víctor Hugo Delgado Blas¹

Resumen

El mercurio es uno de los metales con más alto impacto sobre los ecosistemas acuáticos, y la principal fuente de exposición humana a este metal es el consumo de pescado. En este trabajo se determinó el nivel de mercurio y plomo contenido en las especies de peces comestibles *Petenia splendida* (tenguayaca) y *Urophthalmus iterus* (castarrica), provenientes de un río contaminado con metales pesados y pesticidas. No se encontraron cantidades significativas de plomo en ninguna de las dos especies, pero las concentraciones de mercurio obtenidas en tenguayaca fueron de 0.16 3 0.08 mg Hg kg⁻¹ peso fresco, mientras que en castarrica fue de 0.19 3 0.06 mg Hg kg⁻¹ peso fresco. El contenido de mercurio más alto se observó en la especie Tenguayaca (0.32 mg Hg kg⁻¹ peso fresco). Aunque estos niveles no excedieron el límite establecido para consumo humano señalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 0.5 mg Hg kg⁻¹ de peso fresco), la evaluación del riesgo basada en el índice de peligrosidad sugiere que el consumo de 0.08 kg de pescado de la especie tenguayaca por día y de 0.06 kg de la especie castarrica por día, podrían representar un riesgo de envenenamiento por mercurio.

Acerca de los autores...

¹ Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo. jmcarrion@uqroo.mx

² Biotecnología y Bioingeniería, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, San Pedro Zacatenco, México Distrito Federal.

Introducción

La contaminación debida a los agregados agroquímicos que se desechan en las zonas agropecuarias de toda la ribera del río Hondo, principalmente por el cultivo de la caña de azúcar y los desechos de ingenios azucareros y fábricas, representa un problema de contaminación, donde tales desechos pasan al río por filtración u otros mecanismos. Existen estudios que han evidenciado y cuantificado la presencia de contaminación por metales pesados y plaguicidas en la zona del río Hondo (Álvarez L.M.T. (2002), Díaz y Col., (2006)). En esos



estudios, la presencia de los contaminantes de interés ha sido cuantificada de manera indirecta a través de su medición en muestras de sedimentos y correlacionada con los parámetros fisicoquímicos medidos en la columna de agua. La contaminación por metales pesados afecta igualmente a la vida acuática, dado que se acumula en los tejidos de los peces, tal como fue observado en el trabajo realizado por García-Ríos (2001), donde se reportó la presencia de cobre y zinc en el tejido del bagre (*Ariopsis assimilis*).

El mercurio es uno de los metales con más alto impacto sobre los ecosistemas acuáticos. Este elemento puede aparecer en el ambiente tanto por fenómenos naturales como por actividades antropogénicas, causando daños irreversibles a la biota acuática. El metilmercurio es la forma más tóxica del mercurio, la cual es fácilmente bioacumulada y biomagnificada en las cadenas alimenticias. El metilmercurio en ambientes acuáticos se forma principalmente por biometilación del mercurio depositado en los sedimentos; dado que más de 90% del mercurio está presente como metilmercurio en la biota acuática (organismos bentónicos y peces), la principal fuente de exposición humana a dicho elemento es el consumo de pescado. Por este motivo, la evaluación de los niveles de mercurio representa un factor importante no sólo desde el punto de vista toxicológico, sino también para la evaluación de los impactos potenciales en la salud pública. Debido a ello surge el interés de cuantificar los niveles de Hg en el tejido de peces que son consumidos en la ribera del río Hondo.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La ribera del río Hondo define la frontera entre México y Belice; presenta especies ícticas que son aprovechadas por pescadores de la región para consumo humano, principalmente por pobladores de la misma; entre los peces de mayor consumo se encuentran los conocidos como tenguayaca, la castarrica, la mojarra paleta y la pinta, entre otras. En las zonas cercanas

al río Hondo se practica la agricultura, siendo el cultivo de caña de azúcar el predominante, y donde los fertilizantes y los plaguicidas químicos siguen siendo utilizados por los agricultores a pesar de los efectos que éstos tienen por descargas de infiltración hacia el río Hondo. La Figura 1 presenta los puntos seleccionados para la toma de muestras de sedimento y de la superficie del agua.



Recolección y tratamiento de muestras

Se realizaron tres muestreos en un periodo de seis meses. Las expediciones M1, M2, y M3, correspondieron al 25-julio-09, 26-septiembre-09, y 28-noviembre-09, respectivamente. Se tomaron varias muestras de agua, sedimento y de peces en distintos puntos del río Hondo. Las especies *Petenia splendida* (tenguayaca) y *Urophthalmus iterus* (castarrica) fueron colectadas con ayuda de pescadores de esa región. Después de medir la talla, cada pescado fue eviscerado, empacado individualmente en bolsas plásticas, etiquetado y transportado en refrigeración hasta el laboratorio. Las muestras para el análisis se obtuvieron del músculo dorsal disectado con un bisturí y analizadas en fresco.

Determinación de mercurio y plomo

Para extraer el mercurio de las muestras de tejido de peces, éstas fueron digeridas con una mezcla de H_2SO_4 - HNO_3 2:1 v/v a reflujo a 110 °C. Las muestras de sedimento fueron digeridas con H_2SO_4 a reflujo a 110 °C y mediante adición de peróxido de hidrógeno al 50%. Para la extracción de plomo en tejido de peces, se utilizaron 5.0 g de la muestra, las cuales fueron digeridas con H_2SO_4 a reflujo a 110 °C y adición de peróxido al 50%.

Figura 1

Puntos de muestreos seleccionados.

Las muestras de la superficie del agua fueron preparadas de acuerdo con la metodología descrita en Sthandar Methods (1995). La medición del mercurio se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica Varian Spectra 220 (USA).

Determinación de amonio nitrato y fósforo

El ión amonio (NH_4^+) el ión nitrato (NO_3^-) y el ión fosfato (PO_4^{2-}) se midieron en la superficie del agua mediante los métodos de Nessler, de reducción de cadmio y de ácido ascórbico, respectivamente, en un espectrofotómetro Hach (USA).

El amonio, el nitrato y el fósforo fueron medidos en los puntos de muestreo indicados en la Figura 1. Las muestras fueron tomadas de la superficie del río en los puntos donde se tomaron sedimentos y a una distancia de 30 m aproximadamente, de la toma de muestra del sedimento.

Cálculo del índice de peligrosidad

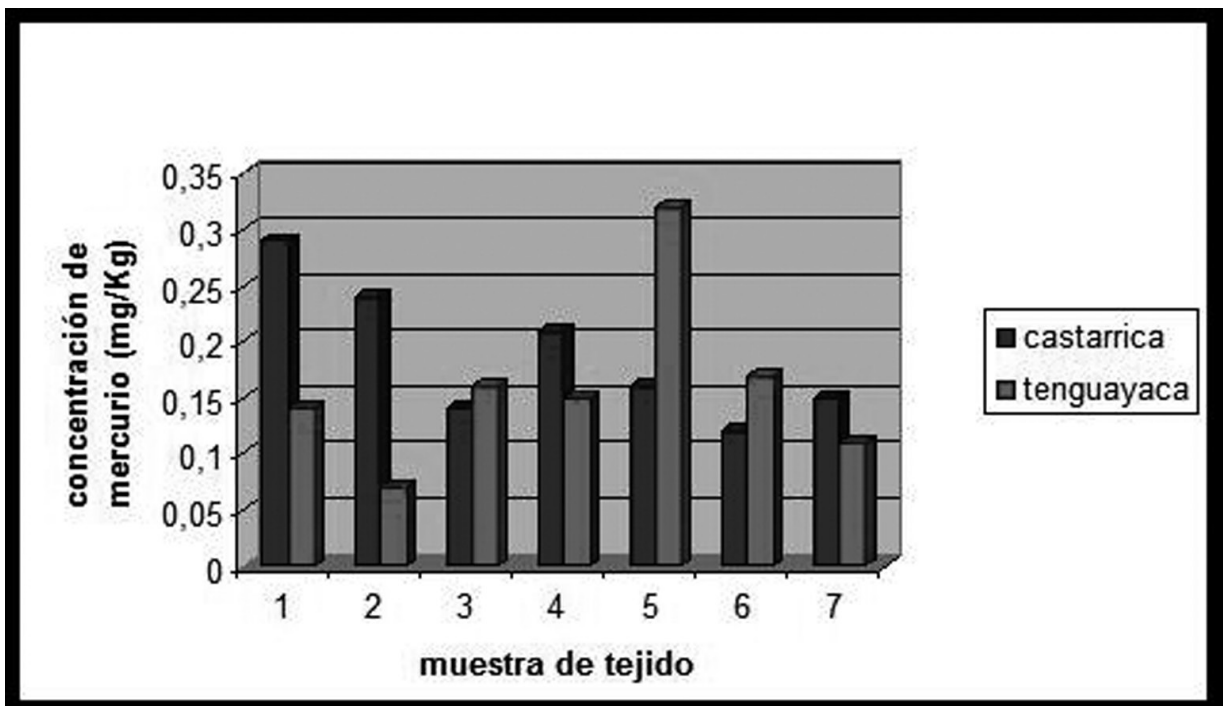
El índice de peligrosidad se definió como la relación del nivel de exposición a una sustancia en particular (E) a una dosis de referencia (Rfd). El E para el consumo de mercurio, se calculó mediante:

$$E = \frac{C I}{W} \quad (1)$$

Figura 2

Concentraciones de mercurio medidas en 14 muestras de tejido de peces de la ribera del río Hondo.

Donde C es la concentración promedio de metil mercurio, la cual se calculó bajo la suposición que 90% del mercurio medido en el tejido correspondía a metil mercurio. En la ecuación (1), I es la ingesta diaria de pescado (kg/día) y W es el peso promedio de una persona adulta (se consideró 75 Kg.). Se utilizó



el valor propuesto por la EPA (Environmental Protection Agency) para el Rfd de 0.1 Qg kg⁻¹ día⁻¹.

Resultados y discusión

Se realizó un estudio para cuantificar los niveles de mercurio en muestras de tejido de peces de la especie *Petenia spledida* y *Urophthalmus iterus* en la ribera del río Hondo, ubicado en Chetumal, Quintana Roo. La Figura 2 presenta los resultados de la medición de mercurio realizada en las especies tenguayaca y castarrica, recolectadas en las tres salidas del muestreo. Las cifras indicadas corresponden a valores promedio de mediciones por duplicado obtenidas en siete muestras de la especie tenguayaca (barras en color rojo) y siete muestras de la especie castarrica (barras en color azul). Las concentraciones de mercurio determinadas en la especie tenguayaca tuvieron un valor promedio de 0.16 ± 0.08 mg Hg kg⁻¹ peso fresco, mientras que para la especie Castarrica, los valores promedio fueron de 0.19 ± 0.06 mg Hg kg⁻¹ peso fresco. Las concentraciones de mercurio más altas se observaron para las muestras de la especie tenguayaca (0.32 mg Hg kg⁻¹ peso fresco). Los niveles promedio de concentración de mercurio en las muestras de peces analizadas, no excedieron el límite establecido para consumo humano por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 0.5 mg Hg kg⁻¹ de peso fresco).

Las Figuras 3 y 4 presentan los valores del nivel de exposición al mercurio (E) calculados para las especies tenguayaca y castarrica, respectivamente, en función de una ingesta diaria del pescado. Con estos datos, las evaluaciones del riesgo basadas en el índice de peligrosidad sugieren que el consumo diario de 0.08 kg de pescado de la especie tenguayaca y de 0.06 kg de la especie castarrica en la población humana local, podría incrementar el riesgo de envenenamiento por mercurio. En cuanto al estudio por contaminación por plomo, no se detectó este elemento en ninguna de las muestras de tejido de peces analizadas.

En adición, se realizaron determinaciones de mercurio en muestras de sedimento y de la superficie del agua, que evidenciaron la presencia de éste en la zona de estudio. La Figura 5 presenta las concentraciones medidas de mercurio en muestras de sedimento en los puntos señalados en la sección de materiales y métodos. Los resultados confirman la presencia de este elemento, lo cual puede ser ocasionado por las actividades antropogénicas en la zona. Existen diversos estudios que han reportado la contaminación por mercurio en la zona. Rojas y Morales (2002) realizaron un análisis para cuantificar las concentraciones en hueso y sangre de 18 manatíes de la bahía de Chetumal, hallando presencia de mercurio (Hg) de entre 0.1 a 3.2 Qg g⁻¹ de peso húmedo en huesos. No obstante, los autores indican también que no se sabe con certeza el origen del mismo en la región y mencionan que existe la posibilidad de que el uso de plaguicidas a base de

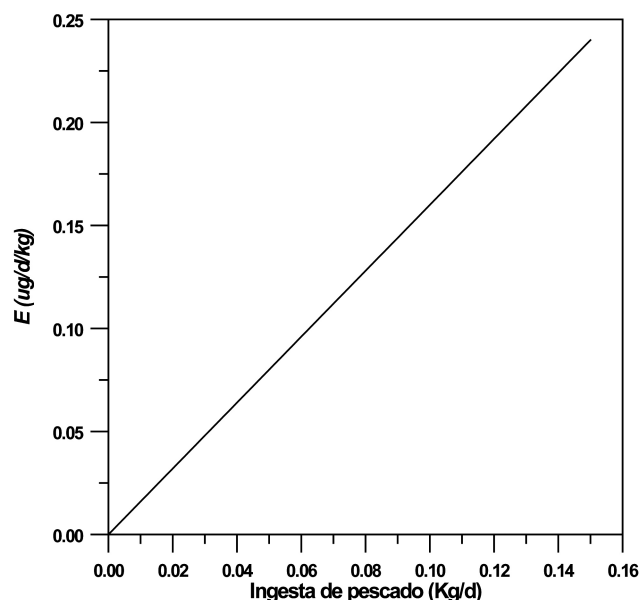
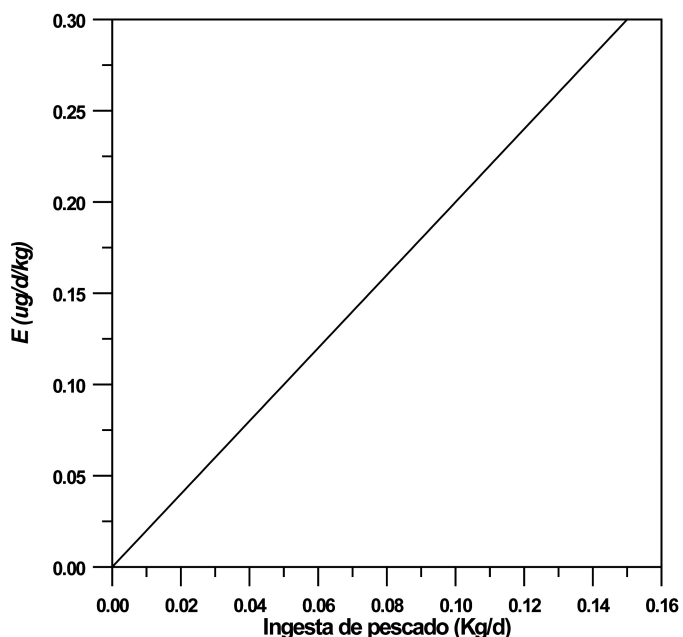


Figura 3

Niveles de exposición de mercurio para la especie tenguayaca.

Figura 4

Niveles de exposición de mercurio para la especie castarrica.



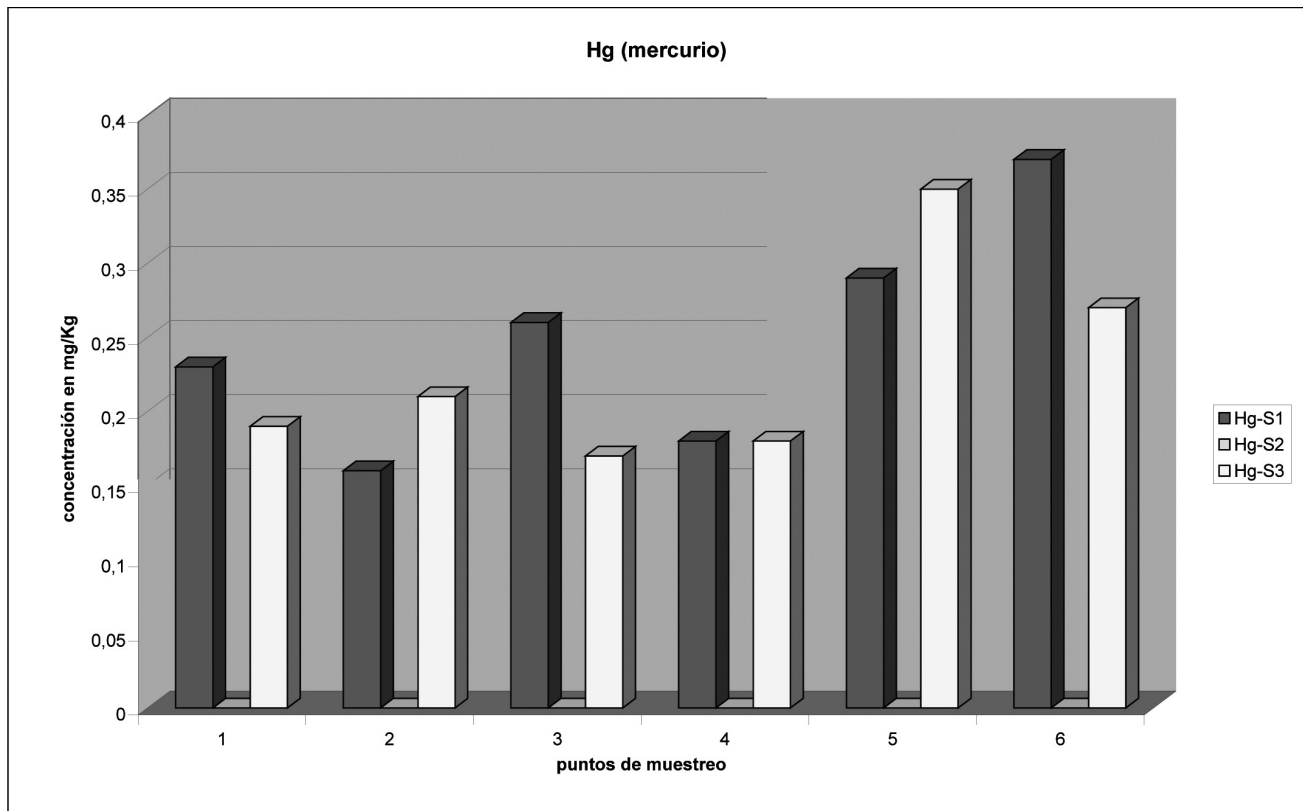


Figura 5

Concentraciones de mercurio medidas en muestras de sedimento en los tres muestreos.

metil mercuriato o del uso de algún preservador de la madera hace algunos años, pudieran ser las causas de la presencia de mercurio en la zona.

Los desechos orgánicos e inorgánicos de los extensos cultivos de caña aledaños a las planicies del río, son vertidos directamente al río Hondo (Ortiz-Hernández y Sáenz-Morales, 1999), y posteriormente son transportados y depositados dentro de la bahía. Aunque se han realizado diversos estudios en la bahía de Chetumal referentes a la sedimentología (De Jesús-Navarrete *et al.*, 2000), la distribución de metales (García-Ríos y Gold-Bouchot, 2003; Díaz-López *et al.*, 2006) y de hidrocarburos aromáticos (Álvarez-Legorretay Sáenz-Morales, 2005), no se ha establecido la dirección del transporte y los sitios de depósito de los compuestos químicos adsorbidos y asociados a las partículas del sedimento.

Otro estudio similar se realizó para determinar la especiación de metales pesados en sedimentos de la bahía de Chetumal y su acumulación en el tejido muscular de bagres *Ariopsis assimilis* (García Ríos, E. Virginia y Gold Bouchot Gerardo, 2002).

Los resultados fueron concentraciones relativamente altas de Ni en el tejido muscular de los bagres. Otros metales pesados analizados, potencialmente tóxicos, como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb), observaron cantidades relativamente bajas en los bagres y aunque el Pb fue abundante en los sedimentos, sólo una pequeña cantidad estaba presente en las fracciones biodisponibles (alrededor del 15 %).

Como se mencionó anteriormente, el crecimiento urbano en las márgenes de la zona, las descargas de aguas residuales, la deforestación, la actividad agrícola, las industrias ubicadas en las márgenes del río Hondo y los

productos químicos utilizados en la actividad agropecuaria, amenazan la biodiversidad de la zona. La Figura 6 muestra las concentraciones de amonio medidas en la superficie del agua en los puntos de muestreo indicados en la sección de materiales y métodos. Estos niveles altos de amonio observados pueden tener su origen en las actividades agropecuarias de las zonas aledañas. De acuerdo con el estudio realizado por Vázquez y Mejía (2008), agricultores de Corozal y Orange Walk en Belice siguen utilizando compuestos como el Paraquat, un herbicida cuaternario de amonio altamente tóxico, el Glifosato, Diuron y Picloran, entre otros compuestos plaguicidas y herbicidas, cuya composición contiene urea y amonio.

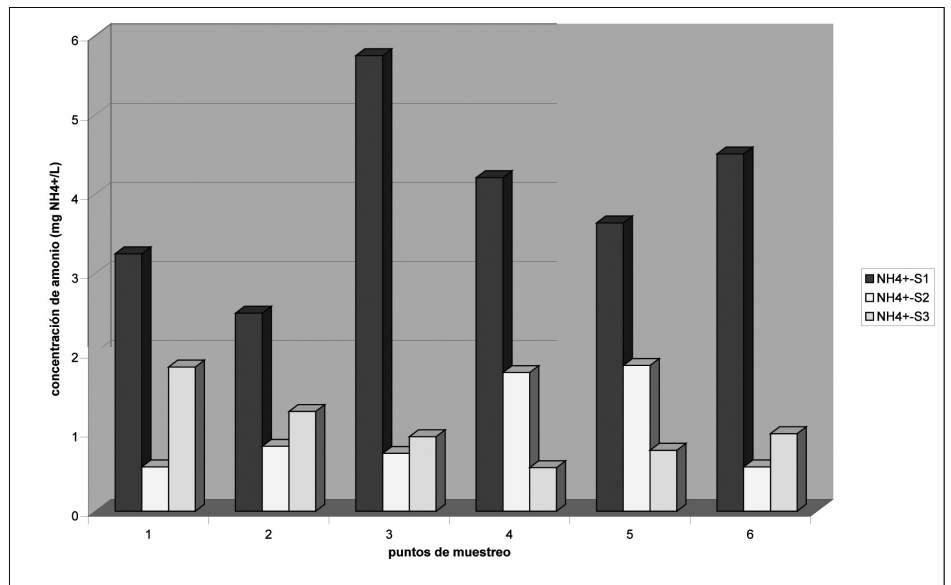


Figura 6

Concentraciones de amonio medidas en la superficie del agua.

La Figura 7 presenta los niveles de concentración de fosfatos medidos en la superficie del agua en los puntos de muestreo descritos en el capítulo de materiales y métodos. La presencia de fósforo puede ser ocasionada por las actividades antropogénicas antes descritas. En la Figura 8 se muestran los resultados del análisis de componentes principales, realizado con las concentraciones de amonio y fosfato medidas en la superficie del agua y las concentraciones de mercurio obtenidas en las muestras de sedimento en los puntos estudiados. La varianza total fue del 71.43 %, el primer ACP-I está conformado por los parámetros que presentan las mayores concentraciones de NH4-S2, NH4-S1, PO4-S1, PO4-S3, Hg-S3 y Hg-S1 y reportadas en los puntos de muestreo 4, 5 y 6, los cuales representan el 47.13% de la varianza total calculada; el ACP-II está formado por los parámetros NH4-S3 y PO4-S2, que representan las menores concentraciones de este análisis y se reflejan en los puntos de muestreo 1, 2, y 3. En este análisis podemos clasificar los parámetros analizados en diferentes temporalidades en dos grupos definidos por el ACP-II, que representan las concentraciones mayoritarias encontradas en los puntos de muestreo 4, 5 y 6; mismos que tienen las mejores correlaciones entre parámetros analizados. El otro ACP-II refleja las concentraciones más bajas de este análisis, observándose dos parámetros con bajas concentraciones y correlaciones en los puntos de muestreo 1, 2 y 3.

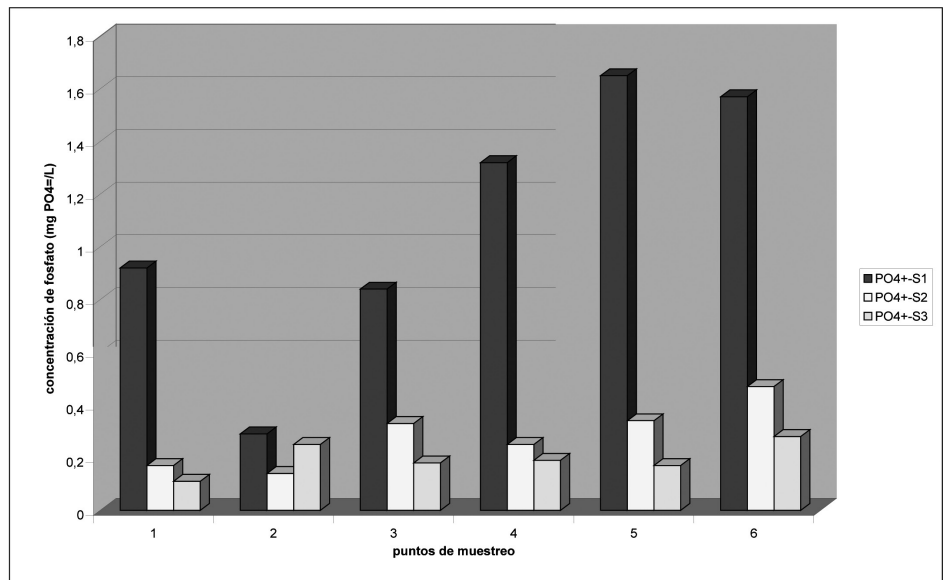


Figura 7

Concentraciones de ión fosfato medidas en la superficie del agua.

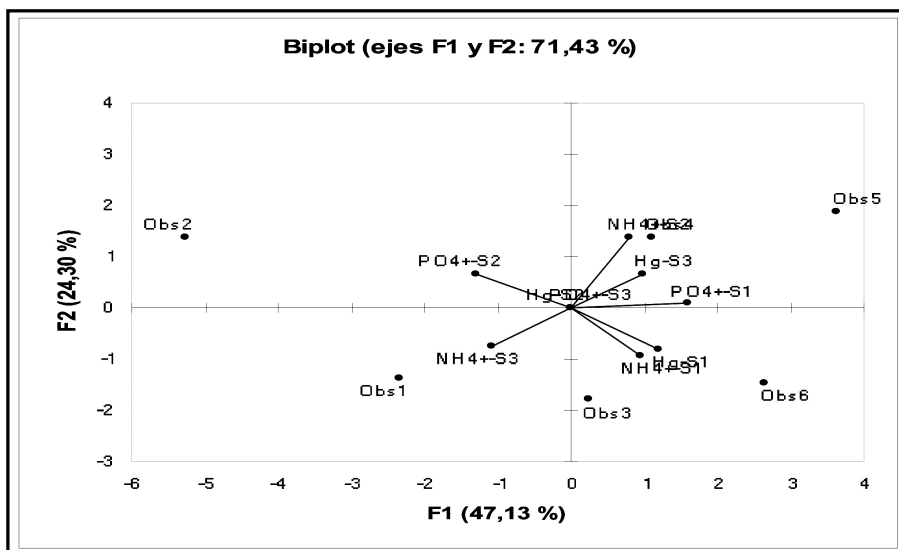


Figura 6

Análisis de componentes principales de parámetros analizados en la superficie del agua del río Hondo y de la concentración de mercurio en sedimento.

Bibliografía

Álvarez-Legorreta, T., Sáenz-Morales, R., 2005. "Hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos de la Bahía de Chetumal". En: Botello, A. V., Rendón-von Osten, X., Gold-Bouchot, G., Agraz-Hernández, C. (eds.), *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, 2ª Edición, 299-310.

Díaz-López, C., Carrión-Jiménez, J. M., González-Bucio, J. L., 2006, "Estudio de la contaminación por Hg, Pb, Cd y Zn en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México", *Revista Sociedad Química del Perú*, 72, 19-31.

García-Ríos, V. and Gold-Bouchot, G., 2003. Trace Metals in Sediments from Bahía de Chetumal, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 70: 1228-1234.

Ortiz Hernández, M.C., Sáenz Morales, R., 1997. Detergents and orthophosphates inputs from urban discharges to Chetumal Bay, Quintana Roo, México. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59, 486-491.

Rojas Mingüer A., Morales Vela B., 2002. Metales en hueso y sangre de manatíes (*Trichechus manatus manatus*) de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. En: Rosado-May F. J., Romero Mayo R., De Jesús Navarrete A. (Eds.), 2002. *Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la bahía de Chetumal y su área de influencia*. Serie Bahía de Chetumal, No. 2, Universidad de Quintana Roo, pp. 133-138.

Vázquez, Rigoberto y Mejía, Mauricio, 2008. *Identificación de las actuales prácticas de manejo del cultivo de caña de azúcar y determinación de su impacto ambiental en Orange Walk y Corozal (Belice)*, pp. 1-57.

Conclusiones

Se determinaron los niveles de mercurio en 14 muestras de peces comestibles de la ribera del río Hondo; los resultados arrojaron la presencia de mercurio en las muestras analizadas, mientras que no se detectó plomo en ninguna ellas. Las mediciones de mercurio en sedimento confirmaron la presencia del contaminante en la zona estudiada. Los niveles de mercurio hallados en los peces no excedieron el límite indicado para consumo humano establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 0.5 mg Hg kg⁻¹ de peso fresco). Las evaluaciones del riesgo basadas en el índice de peligrosidad sugieren que el consumo de 0.08 kg de pescado de la especie tenguayaca por día y de 0.06 kg de la especie castarrica por día en la población humana, podrían incrementar el riesgo de envenenamiento por mercurio en los habitantes locales.

Se hallaron concentraciones relativamente altas de ión amonio, las cuales podrían deberse a la utilización de herbicidas y plaguicidas en actividades agropecuarias aledañas a la zona.

Es necesario un estudio más amplio de la contaminación de mercurio en peces comestibles en la ribera del río Hondo, contemplando un mayor número de muestras y más especies para realizar un análisis estadístico más exacto, por lo cual se propondrá en un futuro un proyecto que contemple más recursos para realizar un estudio a mayor escala.