

HORTALIZAS Y PESCADOS. ¿ALIMENTOS SEGUROS?

Anamin de los Angeles Conde Galiano*, Eilyn Herrera Pérez, Roberto Fernández Acosta

Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de la Habana.

*e-mail: ana@ifal.uh.cu

Resumen

El incremento de la industrialización y urbanización provoca la contaminación del aire, suelo y agua, amenazando la producción de alimentos y su calidad. Por tanto, constituye un peligro para la salud humana. Los metales pesados han recobrado gran interés debido a su efecto carcinógeno y mutagénico y porque son contaminantes que no cambian las características organolépticas de los alimentos, por su poca degradabilidad y que muchas veces en su degradación se transforman a compuestos mucho más dañinos que los que le dieron origen. Siendo esto un factor más a tener en cuenta para su constante verificación en alimentos que tienen más riesgo de contaminarse como es el caso de hortalizas cultivadas en zonas urbanas, así como el pescado que se desarrolla cerca de fuentes de contaminación como áreas de extracción de petróleo o cerca de fábricas de sosa y cloro. Los metales más frecuentes en hortalizas son el plomo y cadmio y en pescados el mercurio.

Palabras clave: hortalizas, pescados, contaminación, metales

VEGETABLES AND FISHES. SAFETY FOODS?

Abstract

The increasing industrialization and urbanization causes pollution of air, soil and water, threatening food production and their quality. Therefore, it constitutes a danger to human health. Heavy metals have regained great interest due to their carcinogenic and mutagenic effects and because they are contaminants that do not change the organoleptic characteristics of food, for their lack of degradability and often in their degradation are transformed into more harmful compounds than those that gave them origin. Being this a factor to consider for their constant check on foods that have a higher risk of contamination such as vegetables grown in urban areas as well as fish that develops near to contamination sources such as areas dedicated to petroleum extraction or near to factories of soda and chlorine. The most common contaminant metals are lead and cadmium in vegetables and mercury in fishes.

Keywords: vegetables, fish, pollution, metals

Introducción

El desarrollo de la sociedad marcha unido al aumento de la actividad industrial y, en consecuencia, a la generación de una enorme cantidad de sustancias tóxicas que llegan al suelo, agua y aire por diferentes vías^{1, 2, 3}. Conocer la extensión de los efectos negativos producidos por la contaminación en todas las esferas de la vida humanas es objeto de interés en la actualidad.

Por otra parte, los estudios epidemiológicos muestran la necesidad de consumir vegetales y pescados por sus beneficios para la salud. Sin embargo, la garantía de su consumo con la cantidad requerida de nutrientes y sin la presencia de sustancias dañinas, es motivo de preocupación.

Entre los contaminantes detectados en alimentos se encuentran los metales, los cuales han ganado gran atención dadas sus características genotóxicas, mutagénicas y escasa biodegradabilidad⁴. Los metales presentes en el medio acuático se fijan en los sedimentos, los cuales actúan como integradores y concentradores de metales. Luego pueden movilizarse y ser transportados a través de las membranas biológicas de las diferentes especies marinas⁵, donde también se biomagnifican por las cadenas tróficas. Estas sustancias también pueden llegar a los vegetales cultivados en zonas urbanas, al ser absorbidos de suelos, aire o aguas contaminadas. Entre estos metales se destaca el cadmio, mercurio, plomo, cromo y zinc; al ser considerados altamente tóxico para la salud humana⁶.

Debido a la gran importancia de la inocuidad de los alimentos respecto al contenido de metales, la determinación de estos ha adquirido mayor relevancia en las últimas décadas. Se han realizado diversas investigaciones donde se reportan altos contenidos de estos compuestos en varios grupos de alimentos como peces y vegetales. Por tanto el objetivo de esta revisión es evaluar los casos de estudio reportados en la literatura de contaminación de vegetales y pescados por metales pesados.

Metales pesados. Generalidades

Dentro de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS) se encuentran las intoxicaciones por metales pesados⁷. El cual se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas⁸. Los metales pesados se encuentran dentro de esta clasificación, siendo componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos⁹.

Pequeñas cantidades de ciertos metales como hierro, cromo, cobalto, cobre, manganeso, níquel y zinc son micronutrientes esenciales para el desarrollo de hombre, los animales y las plantas^{10,11}. Sin embargo cuando exceden estas cantidades se consideran tóxicos con el concerniente riesgo y perjuicio para la vida. El cadmio, plomo, mercurio y arsénico son los cuatro tóxicos más importantes en

alimentos, de los cuales los tres primeros son metales pesados¹², aunque no por esto debe subestimarse la toxicidad de otros metales pesados.

En el mundo el primer impacto de contaminación de alimentos con productos químicos se produjo en 1953 en la Bahía de Minamata en Japón^{13, 14, 15}. Una misteriosa enfermedad neurológica, que alcanzó proporciones de epidemia (44 muertos y 111 casos de enfermedad grave, con trastornos del oído, vista y daños cerebrales), resultó ser envenenamiento con metilmercurio. El mercurio contaminó la bahía a través de desagües de desechos industriales y sistemas cloacales que iban a parar al mar, con lo que el pescado de esa zona se contaminó siendo el responsable de esa enfermedad. Un incidente similar se repitió en 1962 en Niigata, Japón lo cual provocó que desde estas fechas este metal fuera vigilado muy estrictamente en el mundo entero¹⁶.

El mercurio (Hg) es un elemento que está distribuido de forma natural en la tierra; sin embargo esta distribución es alterada significativamente por el hombre dado que este elemento es usado en varios procesos industriales, agrícolas y es también liberado por combustibles fósiles. Esta situación hace que el riesgo de polución ambiental en las zonas urbanas o en áreas vecinas sea muy alto¹⁷.

Las principales fuentes de Hg en el medio ambiente provienen de industrias de cloro-sosa, manufactura de equipos eléctricos, pinturas, fungicidas y odontología. El uso del Hg en la industria del oro también es una fuente que causa contaminación en algunas áreas del mundo¹⁸.

A diferencia de otros metales pesados, el cadmio (Cd) se conoce desde hace poco tiempo, se aisló por primera vez hace 200 años, pero es en la década de los 60, cuando en Japón más de 100 personas murieron por una enfermedad que se nombró Itai- Itai, la cual estaba ocasionada por altas concentraciones de Cd en el cuerpo humano. Estos hechos motivaron el interés por parte de los científicos por conocer todos los efectos que el metal producía tanto en el medio ambiente como en los seres humanos.

El plomo (Pb) se encuentra en la naturaleza como Pb metálico, en sales inorgánicas y en compuestos organometálicos. Está presente en muchas aleaciones, en las municiones de caza, en pigmentos de pinturas y en sustancias plásticas. Sin embargo se ha planteado que los alimentos constituyen la fuente principal de exposición al Pb y en ellos se observan diferentes cantidades del metal. Los alimentos más importantes respecto al contenido de plomo en la dieta son las frutas, verduras, cereales, vísceras, mariscos (ostras en particular) y en bebidas. Los mejillones y en general los organismos marinos pueden contaminarse con plomo debido a vertimientos de aguas residuales de industrias locales o por fuentes geológicas. Otras fuentes de contaminación con plomo en los alimentos pueden ser los materiales de envases y utensilios de elaboración.

Contaminación de cultivos vegetales por metales pesados

En América Latina y el Caribe, el 75 % de la población vive en ciudades y se considera que esta cifra aumentará hasta el 83 % en el año 2030. Conforme crecen las ciudades, aumenta la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria de la población urbana con alimentos de calidad apropiada. Este es el objetivo estratégico fundamental de los proyectos de agricultura urbana^{19, 20, 21}.

La agricultura urbana (AU) tiene numerosas ventajas cuando se practica de modo apropiado y en condiciones seguras. Sin embargo, esta solución lleva en sí riesgos para la salud humana y el ambiente que no se observan comúnmente cuando se utilizan suelos agrícolas tradicionales. Uno de los riesgos para la salud atribuido a la AU es el paso de sustancias tóxicas, entre ellas los metales pesados, a los alimentos cultivados en zonas urbanas⁶.

La presencia de elementos metálicos en los alimentos varía ampliamente en dependencia de la contaminación ambiental, así como por las prácticas tecnológicas de producción y elaboración.

Los cultivos pueden absorber los metales pesados del suelo a través de la raíz, del agua de riego, así como del aire a través de la deposición en su superficie²².

Los metales pesados pueden acumularse en las partes comestibles de los cultivos dedicados al consumo humano o para alimentos de animales. La capacidad de absorción y desplazamiento de metales pesados dentro de las plantas es variable, lo que abre la posibilidad de adaptar la elección de cultivos según el grado y el tipo de contaminación. Por lo general, las mayores cantidades de metales pesados se acumulan en las hojas por ser las principales atraparoras y bioacumuladoras de metales pesados mientras que los contenidos más bajos se encuentran en las semillas. Los guisantes, judías, melones, tomates y pimientos, muestran cifras de absorción muy bajas. La absorción de metales pesados en las plantas (principalmente cadmio y plomo) también varía según el pH del suelo²³.

Con respecto a la contaminación de vegetales de hojas por metales pesados presentes en la atmósfera, se conoce que las características de estos, como tipo de tejido de las hojas, su orientación, así como su forma y tamaño determinan una mayor o menor área, tamaño de las partículas, dirección de los vientos, humedad ambiental, son factores que influyen en la deposición, retención y absorción de estos microelementos²⁴.

Se han recomendado varias medidas para prevenir y controlar la contaminación de cultivos con metales pesados, como son:

- Establecimiento de normas para las restricciones de cultivo según el tipo y nivel de contaminación del suelo utilizado para la agricultura.
- Análisis del suelo y aguas de riego.

- Guardar una distancia mínima entre los campos y las rutas principales.
- Sembrar cultivos marginales en los márgenes de las carreteras que atrapen plomo y cadmio del aire, para reducir la contaminación de las cosechas.
- Tratamiento del suelo para inmovilizar los metales pesados.
- Aplicación de cal aumenta el pH y por consiguiente reduce la presencia de metales.
- Aplicación de óxidos de hierro (como fango rojo) y zeolitas, que son conocidos por sus propiedades de adsorber metales pesados.

Puschenreiter y col.²⁵ concluyeron, después de considerar las diversas vías disponibles para reducir las transferencias de metales pesados en la cadena alimentaria, que los suelos urbanos con bajo nivel de contaminación de metales pesados pueden ser usados sin riesgos para la agricultura si se toman las debidas precauciones. Sin embargo, Birley y Lock²⁶ argumentan que se sabe muy poco sobre el efecto crónico a la salud del consumo de pequeñas cantidades de metales pesados durante largos períodos y, por lo tanto, se necesita mayor investigación.

La tabla 1 presenta varios estudios de determinación de metales pesados realizados en alimentos de origen vegetal. Se puede observar que en algunos estudios el contenido de metales no sobrepasaban los niveles tóxicos. Sin embargo la mayoría coinciden en que los vegetales cultivados en zonas contaminadas, pueden alcanzar concentraciones que representan un peligro para la salud humana.

Tabla 1. Determinación de metales pesados en alimentos de origen vegetal

Alimentos	Metales	País	Comentarios	Referencia
Cebada	Cu, Pb, Cd, Ni	Dinamarca	Las concentraciones de Cu y Pb se correspondieron con el contenido en el aire. Las concentraciones de Ni y Cd, con el suelo.	27
Acelga, perejil, espinaca, lechuga, tomate, pimiento, calabaza, alcachofa, habichuela y frijoles	Cd, Pb	España	Concentraciones por debajo de niveles tóxicos	28
Naranja, lima, pepino, calabaza, cebolla, quimbombó, pimiento rojo, col, tomate y espinaca	Cu, Fe, Mn, Zn	Nigeria	Se encontraron niveles tóxicos de metales en calabaza (Mn), espinaca (Fe y Zn) y quimbombó (Cu)	29
Col y espinaca y otras verduras	Zn, Cd	-	La col y la espinaca tienen la capacidad de acumular más Cd que otros vegetales	30
Zanahoria, perejil, remolacha, col y papa	Cd, Pb	-	Se encontraron niveles tóxicos de Pb en el perejil y la zanahoria.	31
Vegetales de zonas contaminadas y zonas control	Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn	-	Existen diferencias significativas en los niveles de metales de las zonas contaminadas con respecto a las zonas control	32
Lechuga, col, tomate, zanahoria y perejil	Cd, Pb, Cu, Zn	Polonia	Existen diferencias significativas en los contenidos de metales entre los vegetales estudiados.	33
Apio y col china	Cd	-	La acumulación de este metal fue mayor en el apio que en la col china. Sin embargo ambos poseen una elevada capacidad de acumulación de Cd lo que puede implicar un riesgo para la salud.	34
Verduras cultivadas en áreas industriales	Cu, Cd, Ni	-	Se detectó un mayor contenido de metales en los vegetales de las áreas industriales. Sin embargo los niveles no eran tóxicos	35
Plantas comestibles cultivadas en suelo contaminado con plomo	Pb	-	Se reportó la mayor parte del metal se encontraba en las raíces. Sin embargo todas las partes comestibles de las plantas poseían una concentración de Pb altamente tóxicos	36

(-) No se reporta

Contaminación de especies acuáticas por metales pesados

Los mares, océanos, ríos y lagos son una fuente importante de alimentos saludables y ricos en nutrientes, imprescindibles para la alimentación del hombre. El desarrollo de la tecnología ha generado una gran cantidad de residuos que se vierten en ríos y mares, afectando de forma negativa el ecosistema acuático desde las plantas hasta el último eslabón de la cadena trófica, de ahí que nos preguntemos; ¿qué tan seguros son los alimentos que proviene de estas fuentes?

Entre las sustancias tóxicas que se vierten en las aguas se encuentran mayormente metales, compuestos orgánicos clorados, hidrocarburos aromáticos; así como otros compuestos con contenido de nitrógeno, oxígeno, azufre, entre otros³⁷, los cuales son degradados hasta cierto punto por los procesos biológicos normales, pero otros como los metales pesados, resisten a la descomposición natural y persisten largos períodos de tiempo en el medioambiente, conociéndose que la deposición de éstos en el medio acuático va en aumento.

Uno de los aspectos más peligrosos del mercurio, es su deposición en los lodos de lagos, sobre todo cuando se tienen industrias de papel o de cloro y sosa en sus cercanías. En este caso el mercurio puede llegar a 1800 mg/kg e incluso ser biotransformado a metilmercurio por varias bacterias entre las cuales está la *Methanobacterium amelanskis*. Aclarando que los derivados orgánicos, etil, fenil y metilmercurio, son más tóxicos que el metal. En la cadena alimentaria, el alquilmmercurio se bioacumula, ya que primero es absorbido por el plancton, que posteriormente será ingerido por peces para ser acumulado en su grasa, especialmente por animales que tienen un metabolismo acelerado como el atún. El Hg tiene una vida media de 200 días en peces, pero en la cadena alimentaria puede bioacumularse hasta que las aves marinas, ballenas y focas lo acumulen a concentraciones superiores. El tipo de síntomas asociados a una intoxicación con mercurio, dependen si es como elemento o algún derivado, como se muestra en la tabla 2.

Estudios realizados en la Comunidad Autónoma del País Vasco muestran que la población general está expuesta al mercurio a través de la dieta, siendo el pescado la principal fuente de metilmercurio, y a través de las amalgamas dentales. En este país, la ingesta de mercurio es elevada, 1,36 µg/d³⁸, y aunque sólo supone un 27 % de la Ingesta Semanal Tolerable Provisional establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), es la mayor de las estimadas en estudios similares a la de países consumidores de pescado, como Japón y Noruega³⁹.

Por estudios realizados se conoce que en el agua de mar el Cd tiene una pequeña afinidad por las partículas orgánicas, lo cual hace que el rango encontrado en los océanos sea de 0,01 a 0,1 µg/l, mientras que en los estuarios y en aguas costeras los rangos son más elevados, es decir, de 0,03 a 0,3 µg/l.

Tabla 2. Metales pesados y sus derivados más comunes en el agua

Metales	Exposición	Efecto	Síntomas	Vías de absorción
Mercurio inorgánico	Las amalgamas dentales y sobre todo la exposición dietética a metilmercurio a través del pescado contaminado ⁴⁰	Se acumula dañando al hígado, riñón, especialmente a los túbulos y nefrones e intestino delgado	-	Se absorbe por inhalación o por contacto
Metilmercurio		Atrofia las células del cerebro, cerebelo y corteza, también puede inducir una ruptura anormal de los cromosomas resultando en un cromosoma extra.	Entumecimiento de los dedos, labios y lengua; también se presenta dificultad para hablar, falta de coordinación, sordera, visión borrosa y disminución del campo visual.	Vía oral
Fenilmercurio		Provoca úlceras, así como daño hepático y renal. Afecta también al cerebro, penetrando fácilmente a través de membranas, circula en sangre unido a eritrocitos, depositándose finalmente en el cerebro.	Ardor en la boca, náuseas, vómitos, debilidad muscular, confusión mental, dificultad al hablar, incapacidad para caminar o estar parado.	
Etilmercurio				
Alquilmercurio		Atraviesa la placenta afectando al feto por la dieta o al ambiente de la madre	asintomática	
Plomo	-	Daña el sistema nervioso central, la formación de la sangre, los riñones, la reproducción y la tensión arterial. El efecto más importante es en los niños porque disminuye el desarrollo cognoscitivo y el rendimiento intelectual	-	-
Cadmio	Por exposición al hígado de peces, al hepatopáncreas de los crustáceos y a las vísceras y los riñones de los moluscos, que es donde este compuesto se almacena.	Carcinogénico, mutágeno interacciona directamente con el ADN (ácido desoxiribonucleico) dando lugar a errores en la síntesis del mismo ⁴¹	-	Vía oral, por el consumo peces, crustáceos y moluscos principalmente.

(-) No se reporta en la literatura

El Cd es un elemento no esencial que presenta una alta afinidad por los grupos sulfidrilos de las proteínas y se enlaza a tales grupos en enzimas, pudiendo afectar varias funciones fisiológicas y bioquímicas. Estos disturbios pueden ocurrir a muy bajas concentraciones de Cd en el agua⁴².

En el medio ambiente acuático el Cd se presenta en diferentes formas, conociéndose que su absorción aumenta al aumentar el pH.

- Absorbido dentro de las partículas de material orgánica.
- Disuelto en el agua.
- Unido a los sedimentos.
- Contenido en los organismos acuáticos.

El Cd es asimilado y concentrado por los organismos vivos. En el pescado, las agallas, los riñones, el canal alimentario y el hígado es donde primeramente se acumula y esto hace que en dependencia de la concentración del metal puedan aparecer alteraciones histológicas y algunas patologías bioquímicas. Otros reportes bibliográficos plantean que la exposición de los organismos acuáticos al Cd, induce la biosíntesis de tioneína, una proteína de bajo peso molecular la cual se une firmemente al metal formando metaloteoneína, y es en esta forma en que se concentra en los riñones¹.

Se plantea que la toxicidad del plomo en el organismo es debida a la competencia que mantiene con metales esenciales de forma tal que puede reemplazar al calcio en la estructura ósea⁴³.

Se conoce que en los peces concentraciones en agua de 8 ng de Pb/ml, producen efectos crónicos hematológicos y desviación de la columna vertebral. También se ha planteado que un medio ácido favorece la disponibilidad del Pb para acumularse en el músculo del pescado⁴⁰.

Es por ello que en zonas con riesgo como en Campeche, México se analizaron los niveles de metales pesados cadmio (Cd), fierro (Fe), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc, (Zn) entre especies marinas (ostión: *Crassostrea virginica*; jaiba: *Callinectes sapidus*; camarón: *Litopenaeus setiferus*), que representan tres de los productos más importantes de la pesquería tradicional en la laguna de Término, debido a que en el norte de la plataforma continental de la laguna es altamente productiva en la extracción de petróleo, y se ha demostrado que puede ser una fuente de contaminación con (hidrocarburos, metales pesados) para el ecosistema⁴⁴; además los ríos (Palizada, Chumpan y Candelaria), que desembocan en la laguna en la parte sur son una fuente de productos agroquímicos y otros contaminantes.

Los resultados mostraron que tanto el ostión como la jaiba presentaron altos niveles de Cd, Fe, Cu y Pb en comparación con el camarón ($p \leq 0,05$). Todos los niveles detectados se encuentran dentro de los límites que establecen las Normas Oficiales Mexicanas para productos de la pesca, por lo que no representan un riesgo para el consumo humano. Ciertos metales presentaron correlaciones significativas en los tejidos analizados, para el caso de la jaiba el Cd, Pb y Zn se relacionan entre sí de forma significativa ($p \leq 0,05$), así mismo para el ostión se presentó una correlación significativa entre

Fe y Cu ($p \leq 0,05$). Estos resultados sugieren; que la jaiba y ostión por sus hábitos alimenticios y el hábitat donde se desarrollan son más susceptibles a la contaminación.

Situación de Cuba de metales pesados en hortalizas

Los huertos orgánicos (organopónicos) pertenecientes a la agricultura urbana de nuestro país, han representado una alternativa para satisfacer las necesidades de las ciudades más importantes en hortalizas saludables libre de sustancias químicas. Sin embargo no puede subestimarse el impacto que la contaminación por metales pesados puede tener en los cultivos de las ciudades.

En Cuba se han determinado metales pesados en varios alimentos de origen vegetal. En Moa, Holguín, debido a la incidencia de los yacimientos y plantas níquelíferas de esa zona se analizó el contenido de metales pesados en cultivos de cebollino, ajo porro, lechuga, acelga, col, ajo y espinaca.⁴⁵ Siendo esta última la que presentó mayores concentraciones de Ni, Cr, Mn, Co y Cd. Resultados semejantes se obtuvieron también en Moa en otro estudio⁴⁶ donde también la espinaca resultó las más bioacumuladora de Ni, Cr y Mn; en comparación con el rábano, calabaza, cebolla, lechuga, acelga, ají, tomate y habichuela. Cabe destacar que esa región tiene suelos lateríticos, ricos en Ni, Mn y Cr.

Pérez y col. evaluaron el contenido de metales pesados en espinaca según la zona de contaminación cualitativa del aire de organopónicos las provincias de La Habana y Artemisa, así como el riesgo para la salud que puede provocar el consumo de esta planta. En esta investigación se detectó que el nivel de Pb fue superior al Límite Máximo Permisible en las muestras de todos los organopónicos estudiados, a diferencia del Cd que se encontró por debajo. También se demostró que el Mn presentó las mayores concentraciones con respecto al resto de los metales y que el consumo de este vegetal puede ser riesgoso en niños por sobre pasar la Ingesta Diaria Admisible (IDA) de este metal.⁴⁷

En otro estudio⁴⁸ se determinó los niveles de Cd, Pb, Cu y Zn en suelos y hortalizas cultivadas en las cercanías del vertedero de "Calle 100". La explotación del vertedero ha llevado a la emisión de gases, lixiviados y cenizas sobre las aguas, suelos y cultivos de la zona.^{49, 50} En esta área coexisten además otras fuentes que incorporan metales pesados como son las avenidas de alto tráfico vehicular y algunas industrias. En las cercanías del vertedero existen varias fincas dedicadas a la actividad agrícola urbana, pero se desconocen los niveles de metales tóxicos en los suelos que se utilizan para producir las hortalizas, así como, la inocuidad de estas últimas. Los mayores problemas se encontraron para el plomo, ya que el 23 % de los suelos superan los niveles considerados como fitotóxicos y los límites en algunas normas internacionales. Las fincas donde se encontraron las muestras con niveles superiores fueron las ubicadas en el área de inundación del río Almendares; en la zona de influencia del vertedero de "Calle 100" y las ubicadas cerca de avenidas de alto tráfico vehicular, siendo en esta estación donde se encontró el mayor número de hortalizas contaminadas. De las 11 hortalizas analizadas, tres resultaron contaminadas con Pb, para un 27 %; dos con Zn (18 %) y una con Cd (9 %). Doce de las 73

muestras de hortalizas analizadas sobrepasan los límites máximos permisibles de contaminantes metálicos en los alimentos destinados al consumo humano establecidos por la norma cubana⁵¹, lo que representa un 16 % del total de muestras analizadas.

Situación de Cuba de metales pesados en especies acuáticas

En Cuba se establecieron límites para diferentes especies de pescados, tomando como base la forma de alimentación de cada grupo de peces, su habitad, además, la frecuencia de consumo de los mismos por parte de la población, oscilando dichos límites en un rango entre 0.2 mg/kg 0.7 mg/kg⁵¹.

Se evaluó el impacto producido por los metales traza sobre ecosistemas acuáticos dedicados al cultivo de peces para la alimentación de la población, a través de la realización de estudios de determinación de los niveles de Pb, Cd, Hg, Fe, Cu y Zn en el agua, sedimento y tilapias de tres presas de interés comercial para el país; dos situadas en La Habana (Paso Seco y Niña Bonita) y una en Villa Clara (Palmarito). Los resultados mostraron niveles de Pb en agua y de Hg, Pb y Cd en el sedimento de las presas que denotaron contaminación de origen antropogénico, lo que trajo como consecuencia que las tilapias cultivadas presentaran en muchos casos niveles de metales traza tóxicos por encima de los límites máximos permisibles en las normas cubanas, recomendándose su consumo en forma de productos elaborados con un bajo índice de insumo de pescado; así como el control sistemático de los metales en las presas¹⁰.

En el río de Sagua la Grande se han hecho diversos estudios por el de contaminación que representa la fábrica de cloro situada en ese lugar en este estudio se cuantificaron los niveles de mercurio total en sedimentos y tejido de ostras provenientes de dicho río y en los cayos de manglar, en la costa a 19 km río abajo de la planta de cloro. Se encontraron niveles de mercurio relativamente elevados en sedimentos del estuario, en un rango de 0,507 a 1,81 $\mu\text{g g}^{-1}$ en base seco. Sin embargo fueron bajos en sedimentos de cayos lejanos del estuario. Los niveles de mercurio total en ostras fueron siempre aceptables para el consumo humano, aunque los niveles se correlacionaron significativamente en sedimentos y las ostras de todo los sitios de muestreo ($p \leq 0,05$), lo cual sugiere que el mercurio proveniente de la planta de cloro está impactando en la condiciones de calidad del agua de la costa⁵². En el mismo río de Sagua la Grande, se determinaron los niveles de mercurio total a diferentes especies de pescado. Los niveles variaron entre 0,143 y 0,484 $\mu\text{g g}^{-1}$ sobre la base de peso húmedo. Ninguna de las muestras presentó niveles por encima de los límites, aunque el 75 % de las muestras mostraron concentraciones mayores que la mínima establecida por la OMS para consumo de pescado por grupos poblacionales vulnerables (0,2 $\mu\text{g g}^{-1}$). Los niveles de metilmercurio encontrados estaban del 84 % que el contenido de mercurio. Asimismo, se realizó un estudio de estimación de la frecuencia del consumo de peces del río a 127 personas del pueblo. La ingesta semanal de metilmercurio que se encontró fue

mayor que la establecida por la ingesta semanal tolerable provisional en el 50 % de los niños, en el 80 % en mujeres embarazadas y en el 75 % de las mujeres en edad fértil⁵³.

Otro estudio realizado en la misma zona se cuantificaron los niveles de mercurio total en *Clarias gariepinus* capturadas en las inmediaciones de la planta de cloro activa y se halló la relación entre el lugar y la captura; se evaluó los niveles de mercurio, la talla, peso y sexo de los pescados. Los niveles de mercurio variaron de 0,067 a 0,375 $\mu\text{g g}^{-1}$ sobre base húmeda, nunca excedieron los límites máximos recomendados por Cuba para el consumo de pescado que es 500 $\mu\text{g g}^{-1}$ sobre base húmeda. No se observó correlación significativa ($p \leq 0,05$), entre los niveles de mercurio y las características de alometría de los pescados; sin embargo, los niveles fueron significativamente elevados en peces capturados debajo de la planta de cloro, sugiriendo una conexión entre la bioacumulación del mercurio y el vertido de la planta⁵⁴.

Los metales pesados más frecuentes en cultivos vegetales son el Pb y Cd. La mayoría de los autores coinciden en que los vegetales y peces que se desarrollan en zonas contaminadas, pueden alcanzar una concentración de metales que representan un peligro para la salud humana. Las zonas más propensas a la contaminación de peces por metales pesados son aquellas donde fábricas de clorosa o papel viertan sus residuos en las aguas. De los metales pesados el más común y peligroso en los peces es el mercurio que es biotransformado a metilmercurio derivado más tóxico que el compuesto que le da origen.

Literatura citada

- ¹ Agrawal M, Sing B, Rajput M, Marshal F, Bell J, Effect of air pollution on peri-urban agriculture: A case study. *Environment Pollution*. 2003; 126 (3): 323 - 29.
- ² Clemente A R, Chica E L, Peñuela GA. Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. *Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. 2013; 8(3): 93-103.
- ³ Quesada-Peñate I, Jáuregui-Haza U J, Wilhelm A M, Delmas H. Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*. 2009; 40(3): 173-179.
- ⁴ Lenntech (1998-2008).www.lenntech.com/espa%20nol/metales%20pesados.htm. *Metales pesados*. Consultado 5/5/2009.
- ⁵ García, L; Soto, M. S; Jara, M. E y Gómez, A. Fracciones geoquímicas superficiales de zonas ostrícolas del estado de Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2004; 20 (4):159-167.

- ⁶ De Zeeuw H. Urban and peri-urban agriculture. Health and Environment. Discussion paper for FAO-ETC/RUAF electronic conference "Urban and Peri-urban Agriculture on the Policy Agenda", FAO, Roma. 2000.
- ⁷ Gutiérrez, G. Consultor FAO, Estudio de caso - Enfermedades Transmitidas por Alimentos en Nicaragua, Nicaragua
- ⁸ Lucho, C.A., Álvarez, M., Beltrán, R.I., Prieto, F. and Poggi, H. 2005a. A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. Environmental International, On Line: 0160- 4120-D 2004 doi:10.1016/j.envint. 2004.08.002.
- ⁹ Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C. and Barberis, R. Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. Environmental Pollution. 2002; 119- 177.
- ¹⁰ Somer E. The toxic potential of trace metals in food. Journal of Food Science, 1974, 39(4), 215 -17.
- ¹¹ Cuevas D. El equilibrio a través de la alimentación. Sentido común, ciencia y filosofía oriental: Los minerales. España. J.S.B.N: 84-605-8864-5. Impresión: Sorles, S.I 2000, 213-40.
- ¹² Duffus, J. "Heavy metals" -a meaningless term-pure. Appl. Chem. 2002, 24(5): 793-807.
- ¹³ Kurland, L.; Faro and Siedler, H. Minamata disease. The outbreak of a neurologic disorder in Minamata Japan, and its relationship on the ingestion of seafood contaminated by mercury compounds. World Neurological. 1960;(1):370 -395.
- ¹⁴ Lupín, H. Contaminación con mercurio de productos pesqueros. Cámara Mar platense de Industriales del Pescado, CITEP. 1976; 90 (7).
- ¹⁵ Harada, M. Methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Critical Review Toxicology. 1995; 25 (1):1 - 24.
- ¹⁶ Pís M, Impacto de los metales contaminantes en la calidad de la tilapia (*Oreochromis aureus*) cultivada en Cuba. Tesis para optar por el título de Maestro en Ciencia y Tecnología de los Alimentos 1999.
- ¹⁷ Huss, H. El pescado fresco: Su calidad y cambios de calidad. *Manual de capacitación preparado por programa de capacitación FAO*. 1988(29).
- ¹⁸ Allen, P. Distribution of mercury in the soft tissue of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) after acute exposure to mercury (II) chloride. Bulletin. Environmental. Contamination Toxicology. 1994; 53(5): 675-683.
- ¹⁹ FAO. *Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre Alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 1996.
- ²⁰ FAO. *La agricultura urbana y periurbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Comité de Agricultura, Roma. 1999.

- ²¹ FAO. *Seguridad alimentaria urbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Agricultura, Roma.2002.
- ²² Buchauer M. Contamination of soil and vegetation near a Zinc smelter by Zinc, Cadmium and Lead. *Environment Science Technology*. 1973,7(2), 13-15
- ²³ Iretskaya S, Chien S. Comparison of cadmium uptake by five different food grain crops grown on three soils varying in pH. *Com. Soil. Plan Anual*. 1999, 30, 441-48
- ²⁴ Arguñano K. Verduras, hortalizas y legumbres. *Guías de alimentación y nutrición*, 2001; 6(1), 16-20.
- ²⁵ Puschenreiter M, Hartl W, Horak O. Urban agriculture on heavy metal contaminated soils in Eastern Europe. *Lod wing Boltz marm Institute for Organic Agriculture and Applied Ecology, Viera*. 1999; 2(3): 234-45.
- ²⁶ Birley MH, Lock K. Health and peri-urban natural resource production. *Environment and urbanization* 1999; 10(2) 89-106.
- ²⁷ Pilegaard K, Jonhsen J. Heavy metal uptake from air and soil by transplanted plants of *Achillea milleforlium* and *Hordeun vulgarey*. 1984; 36: 97-102.
- ²⁸ Bosques M, Schumacher M, Domingo J, Llobet J. Concentrations of lead and cadmium in edible vegetable from Tarragona Province, Spain. *Science total Environment*. 1990; 10(95): 61-67
- ²⁹ Aremu C, Udoessien E. Chemical estimation of some inorganic elements in selected tropical fruits and vegetable. *Food Chemistry, Nigeria*.1990; 37(3): 229-234.
- ³⁰ Srikath R, Reddy S, Raja P. Lead, cadmium and chromium Levels in vegetables Grown in Urban Sewage Sludge- Hyderabad, India. *Food Chemistry*, 1991: 229-234.
- ³¹ Smigiel, D Accumulation of heavy metals (Pb, Cd) in selected varieties of vegetables. *Rocs PanstwZaclHig*. 1994, 45(4): 279-84.
- ³² Adeniyi A. Environmental Pollution: Determination of cadmium, iron, Lead, manganese and zinc in water leaf *Talinum triangulare* in dumpsites. *Environmental International*. 1996, 22(2): 259-262.
- ³³ Lipinska J, Oprzadek K. Evaluation of metal contents in vegetables from Sied lee gardens. *Rocs PanstwZacl Hig*.1996, 47(2): 211-216.
- ³⁴ Ni W, Yang X, Long X. Differences of cadmium absorption and accumulation in selected vegetable crops. *Journal of Environment Science*, 2002, 14(3): 399-405.
- ³⁵ Yusuf A, Arowolo T, Bangbose, O. Cadmium , cooper and residential areas of Lagos City, Nigeria. 2003March, 41(3): 375-378.
- ³⁶ Finster, M. Gray, K. Bing, H. Lead of edibles grown in contaminated residential soils: a field survey. *Science Total Environment* .2004March 29, 320(3), 245 - 257.
- ³⁷ Malins, D C.; Ostrander G K. Perspectives in aquatic toxicology .*Annu. Pharmacology Toxicol*. 1991, 31, 371- 399.

- ³⁸ Departamento de Sanidad, Gobierno Vasco. Informe 2006 de Salud Pública. Vitoria-Gasteiz, 2008. pp 51. Disponible en: www.osasun.ejgv.euskadi.net/r52-20737/es/contenidos/información/informe_salud_pública/es_4041/informe_salud_pública_c.html
- ³⁹ Olsson, I.; Bensryd, I.; Lundh, T.; Ottosson, H.; Skerfving, S.; Oskarsson, A. Cadmium in blood and urine-impact of sex, age, dietary intake, iron status and former smoking association of renal effects. *Environ Health Perspect.* 2002,110: 64-5.
- ⁴⁰ Ortega J, Ferrís J, Ortí A, López J, Cánovas A, Garcia A, Aliaga J, Alcón J, Beseler B, Andreu E, Molini N, Navarro I. Contaminantes medio-ambientales en la alimentación
- ⁴¹ Hardison, A.; Castells, S. Carcinógenos en alimentos. *Alimentaria.* 1988, (180): 71-86.
- ⁴² Stripp, R.; Heit, M.; Bogen, D.; Bidnset, J. and Trombetta, L. Trace element accumulation in tissue of fish from lakes with different pH value. *Water, Air and Soil Pollution.* 1990, 51: 75-87.
- ⁴³ Allen, P. Distribution of mercury in the soft tissue of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) after acute exposure to mercury (II) chloride. *Bulletin. Environmental. Contamination Toxicology.* 1994, 53 (5): 675-683.
- ⁴⁴ Noreña, E.; Gold, G.; Zapata, O.; Sericano, J. Polynuclear aromatic hydrocarbon in American oysters (*Crassostrea virginica*) from the Terminos Lagoon, Campeche, México. *Mar Pollut. Bull.* 1999, 38:637-645.
- ⁴⁵ Toll, M.; Bilbao, T.; García, M. Trabajo de diploma para optar por el título licenciado en Ciencias Alimentarias. Contaminación de vegetales y leche por metales pesados en el municipio de Moa, 2003.
- ⁴⁶ Ricardo, F.; Bilbao, T.; García, M. Trabajo de diploma para optar por el título licenciado en Ciencias Alimentarias. Contaminación de vegetales y agua por metales en el municipio de Moa, 2003.
- ⁴⁷ Pérez, G.; Castro, D.; Liva, M.; De Armas, T. Evaluación del contenido de metales pesados de Triangulare en organopónicos de La Habana y Artemisa y su relación con la contaminación atmosférica, Trabajo de diploma para optar por el título licenciado en Ciencias Alimentarias 2005.
- ⁴⁸ Olivares, S.; García, D.; Lima, L.; Saborit, I.; Llizo, A.; Pérez, P. Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la Ciudad de La Habana, Cuba. *Int. Contam. Ambie.* 2013; 29 (4): 285-94.
- ⁴⁹ Study on integrated management plan of municipal solid waste in Havana City. Final Report, vol. II, Japan International Cooperation Agency. Prepared by Nippon Koei Co. Ltd. Pacific Consultants International, JICA: 2005, 189 pp.
- ⁵⁰ Espinosa, M.; López, M.; Pellón, A.; Robert, M.; Díaz, S.; González, A.; Rodríguez, N.; Fernández, A. Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de Ciudad de la Habana. *Int. Contam. Ambie.* 2010; 26: 313-25.
- ⁵¹ NC 493 (2006). Norma Cubana: Contaminantes Metálicos en Alimentos-Regulaciones Sanitarias. Oficina Nacional de Normalización, Habana. 11 pp.

⁵² Olivares, S.; Lima, L.; Rivero, S.; Graham, D. W.; Alonso, C.; Bolaño, Y. Mercury Levels in Sediments and Mangrove Oysters, *Crassostrea* spp., from the North Coast of Villa Clara, Cuba. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*. 2012():

⁵³ De La Rosa, D.; Olivares, S.; Lima, L.; Diaz, O.; Moyano, S.; Bastías, J.M.; Muñoz O. Estimate of mercury and methylmercury intake associated with fish consumption from Sagua la Grande River, Cuba. *Food Additives and Contaminants: Part B*. 2009, 2 (1):1-7.

⁵⁴ De La Rosa, D.; Lima, L.; Olivares, S.; Graham, D. W.; Enriquez, I.; Diaz, O.; Bastías J. M.; Muñoz, O. Assessment of Total Mercury Levels in *Clarias gariepinus* from the Sagua la Grande River, Cuba *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*. 2009,82(1):101-105