

CONTAMINACION MERCURIAL EN LA FAUNA MARINA

Dr. Alfonso Bouroncle C.¹, Medardo Echegaray R.²
y Juan Chang Say Y.²

El estudio realizado en el litoral peruano sobre la contaminación de la fauna y de la flora marinas comprobó que el mercurio se ha convertido en un contaminante peligroso. Los autores subrayan la necesidad de hacer estudios multinacionales sobre la contaminación mercurial para lograr mejores resultados sin duplicar esfuerzos.

Desde diciembre de 1970, las sales orgánicas del mercurio se han convertido en uno de los contaminantes marinos más peligrosos, y aunque existe en el mar en concentraciones ínfimas, es considerado de algunas partes por billón. En relación con otros elementos inorgánicos, sean metales o metaloides, su presencia en las aguas marinas está dentro de los de menor concentración. Sin embargo, la acción del proceso industrial ha determinado un incremento en la contaminación de las aguas y, por las características del ciclo del mercurio que se produce en el mar, se ha presentado este problema que afecta la pesca, una de las principales fuentes de alimentación del hombre.

De acuerdo con informaciones de la FAO, en 1967 la pesca oceánica ascendió a aproximadamente 55 millones de toneladas y en 1970 a 65 millones. La mayor parte se destinó al consumo humano directo y el resto se convirtió en harina de pescado.

La pesca mundial está orientada primordialmente hacia la anchoveta peruana con una captura anual de aproximadamente 10.5 millones de toneladas; siguen el arenque Atlántico con 3.8 millones de toneladas; el bacalao del Atlántico con 3.1 millones, la caballa con 2 millones y, en menor volumen, otras especies. Entre los invertebrados se

encuentran las ostras con 830,000 toneladas; los calamares con 750,000; los langostinos y las langostas con 690,000; y las almejas y los caracoles con 480,000 toneladas. Esta riqueza, de acuerdo con los expertos en pesquería, podría alcanzar con una adecuada racionalización, los 200 millones de toneladas de captura al año. De este volumen de pesca, le corresponde al Perú casi una quinta parte.

Según los técnicos, la pesca no es uniforme en todos los océanos, en los que se encuentran grandes extensiones desiertas, por cuanto la fauna marina está concentrada en determinadas zonas. La capacidad productora es diferente de un océano a otro; no se conoce bien en la actualidad cuál es su causa, aun cuando se sabe que el 53% de la pesca mundial está concentrada en el Pacífico y el 40% en el Atlántico, mientras que al Océano Índico sólo le corresponde el 5%.

La riqueza marina está directamente relacionada con la concentración de nitrógeno, fósforo y sus derivados, cuyas concentraciones máximas se presentan desde los 800-900 metros hasta los 2,000 metros de profundidad, característica que determina las zonas pesqueras.

Debido a la acción de los vientos de sur a norte y de este a oeste, en el litoral peruano, la superficie marina es barrida constantemente y desplazada hacia el norte,

¹ Director General de Programas Especiales, Ministerio de Salud del Perú.

² Ingeniero Químico.

siendo remplazada por las aguas que emergen de una profundidad entre los 1,000 y 2,000 metros. En esa forma, el alto contenido de nutrientes marinos, especialmente el fitoplancton generado en abundancia por la alta concentración de nitratos y fosfatos, sirve para nutrir los elementos biológicos intermedios en el juego ecológico de las especies marinas, lo cual hace al litoral peruano único en el mercado.

El elemento principal de captura en las costas peruanas es la anchoveta y, en razón de las características de su habitat, se logra pescar de 10 a 12 millones de toneladas por año, en un área costera de aproximadamente 1,500 km de largo y 54 de ancho, que se extiende desde el sector Tacna Arica hasta la costa del departamento de La Libertad y posiblemente Lambayeque, y desde la faja de playa hacia mar adentro. Esa zona posee las características especiales siguientes: zócalo continental de muy pequeña extensión, formación de grandes fosas marinas, baja temperatura, y constante renovación de las aguas.

La producción de pescado calculada para esta zona es de 440 toneladas por milla cuadrada y se supone que las especies depredadoras, aladas o marinas, consumen una cantidad similar. Para darse una idea de la riqueza del sector, bastará comparar su producción de 440 toneladas por milla cuadrada con la de proteínas del ganado vacuno criado en pastizales, que fluctúa de 1.5 a 80 toneladas por una superficie semejante.

Otro factor que debe considerarse en la explotación pesquera es la migración de las especies y su ciclo biológico, por cuanto su conocimiento es lo único que permite una explotación racional. En el litoral estudiado, casi todas las especies explotables tienen ciclos migratorios dentro del zócalo continental peruano, por cuya razón la conjunción de las características del zócalo continental, la radiación solar y los vientos, determinan que la anchoveta, como principal

riqueza pesquera, tenga una zona específica de desarrollo y captura. El ciclo biológico y la migración son elementos de importancia fundamental para comprender la contaminación que puede desarrollarse en las diferentes especies.

El sistema bioecológico se desarrolla en el zócalo continental, de menor a mayor tamaño, o sea de las microespecies fitoplancton y zooplancton a especies mayores, lo que da lugar a que unas sirvan de sustento a las otras y que exista una cadena intermedia de 3 a 5 elementos que sirven de nutrientes entre los microorganismos y la anchoveta, cadena intermedia que para la especie del bonito es de cinco elementos y puede llegar hasta siete en las especies mayores. Justamente a través de esta cadena intermedia se desarrolla el proceso de la contaminación.

La presencia de mercurio se detecta en la atmósfera, el suelo y el agua. En este estudio interesa analizar solamente la contaminación hídrica con sus posibles complicaciones en el medio hidrobiológico y su repercusión en el ser humano.

En la hidrósfera la presencia del mercurio sólo se detecta en partes por billón por lo cual se requieren métodos extremadamente sensibles para detectarlo y medirlo.

Según Goldschmidt, el mercurio originalmente contaminó el mar con la erosión de las rocas primarias, pero en la actualidad el proceso se incrementa constantemente por la acción industrial. El mismo autor considera que en 1970 la contaminación de los océanos fue de 10,000 toneladas, la mitad como resultado natural de la erosión y la otra mitad por efecto de los residuos industriales y agrícolas.

El mercurio es transformado de su estado puro o sales metálicas al estado orgánico, por la absorción y transformación directa que se producen en los organismos inferiores, principalmente a través de la cadena alimentaria que originan los microorganismos. Goldwater manifiesta que para considerar la

contaminación mercurial hay que remontarse al origen de la vida que surgió del mar, en cuyo medio se encontraba el mercurio desde un principio. Eso causó que todas las plantas y animales contengan trazas de mercurio como herencia de su genealogía primitiva, y se haya originado un proceso de tolerancia de los organismos biológicos a esa contaminación.

En el inicio de la cadena alimentaria se observa que las bacterias y los virus pueden fijar el mercurio y transformarlo bioquímicamente, incrementando la volatilización del mercurio iónico y su transformación ulterior en mercurio orgánico.

La transformación microbiana de mercurio inorgánico en orgánico ya fue sugerida en la descripción de la intoxicación colectiva en Minamata (Japón). Posteriormente, investigadores suecos establecieron que en condiciones aerobias, en los sedimentos hídricos, el material biológico en degradación y la presencia de compuestos bivalentes mercuriales y sulfitos de mercurio eran convertidos en mono y dimetilmercurio. En el Japón, Kitamura comunicó el aislamiento de bacterias resistentes al mercurio, capaces de descomponer el fenilmercurio y sintetizarlo en metilmercurio.

En los océanos el fitoplancton acumula el mercurio, por acción osmótica y absorción de superficie, produciéndose la transformación bioquímica del componente. Yoshida demostró que con la transformación del cloruro de mercurio a través de *Pseudomonas*, *Artemia salina* y *Venerupis filipinarum*, se inicia y desarrolla la formación y transferencia del mercurio orgánico de los seres inferiores a los superiores.

Los peces tienen posiblemente una capacidad de acumulación mucho mayor que la de otros organismos acuáticos, absorben y fijan el mercurio directamente de las aguas marinas e indirectamente a través de la cadena alimentaria, transfiriéndolo a su vez a otras especies que se nutren del pescado, siendo el hombre su mayor consumidor.

La contaminación artificial marina se origina de la industria y, en menor proporción, de la agricultura. De acuerdo con las observaciones de Grant, más de 80 industrias utilizan mercurio como materia prima, entre las cuales menciona: equipos electrógenos; preparación electrolítica de soda cáustica; pinturas; aplicaciones dentales; industria químico-farmacéutica; preparación del papel; instrumentos de control industrial; amalgamas; procesos catalíticos para la elaboración de diferentes productos, además de los agrícolas, especialmente los plaguicidas y fungicidas.

Por primera vez, en 1950, se detectó en el Japón, en la bahía de Minamata, la contaminación mercurial de las aguas oceánicas, su concentración en los peces y la intoxicación que causa en el hombre. Esta intoxicación colectiva acaecida en los pescadores de dicha región y sus familiares fue identificada como enfermedad de Minamata, la cual afectó igualmente a los gatos y aves marinas de la misma aldea. Ello estableció que el origen se hallaba en los residuos mercuriales de una factoría, cuyos efluentes se volcaban en la bahía. Posteriormente, en 1956 y 1960, se observó el envenenamiento mercurial en cientos de campesinos del Irak, que consumieron semillas tratadas con fungicidas. Este fenómeno continuó repitiéndose en otros países, hasta que en diciembre de 1970 se observó en los Estados Unidos, gracias al Dr. Bruce R. MacDuffie, químico de la Universidad de Binghamton, Estado de Nueva York, quien estudió un grupo de 42 residentes de esa zona los cuales estuvieron sometidos por un año, aproximadamente, a una dieta destinada a controlar y reducir el peso. Como parte de la dieta debían consumir pescado por lo menos cinco veces por semana. Muchas de las personas ingirieron atún enlatado o filetes de pez espada. Los análisis químicos de la sangre y la orina mostraron un promedio de concentración cinco veces más alto de mercurio, sobre todo en forma de metilmercurio, que alcanzó

niveles de 1 mg por 100 ml, en comparación con 0.2 mg del grupo testigo.

Al investigar el problema el Dr. McDuffie encontró que más de un millón y medio de latas de atún, así como de filetes de pez espada, estaban contaminadas con mercurio, lo cual puso en conocimiento de las autoridades nacionales de la Administración para el Control de Drogas y Alimentos.

Coincidiendo con esta fecha, en diciembre de 1970, por invitación de la FAO, se reunieron en Roma 400 hombres de ciencia provenientes de 40 países marítimos para discutir el uso y abuso que el hombre hace de los mares. En uno de los 150 documentos presentados se afirmó que tan sólo en los Estados Unidos la industria vuelca anualmente al mar más de 5,000 toneladas de mercurio. Los cálculos indican que los países industrializados arrojan anualmente al mar 10,000 toneladas de mercurio, pero las corrientes marinas, el ciclo de migración de los peces y el largo período de contaminación de las aguas contaminan todos los océanos en general.

Asimismo se demostró que el mercurio es retenido en el organismo de los peces por períodos mayores de 500 días y que un pez que ha dejado de ingerir mercurio elimina esa sustancia a razón de un 50% cada 70 días.

En estudios realizados por el Departamento de Conservación del Ambiente del Estado de Nueva York se encontró mercurio en pescados conservados por 43 años en el Museo Ictiológico de Albany, Nueva York, siendo los niveles de concentración el doble de los que se encuentran en el pescado contaminado que ha sido retirado del mercado.

El efecto tóxico del mercurio en el organismo depende de la dosis y de la fórmula química del compuesto que se absorbe directamente a través de la piel —las branquias en los peces— o de la ingestión de alimentos o de agua, o bien de la inhalación de los vapores mercuriales. Dicho envenenamiento causa retardo en el crecimiento,

pérdida de peso, fatiga progresiva y, en algunos casos, la muerte. Gracias al estudio realizado en Minamata se demostró en el hombre un desfallecimiento muscular progresivo, disminución y pérdida de visión, deterioro de las funciones cerebrales, en algunas ocasiones parálisis, y en otras estado de coma e incluso la muerte.

El mercurio produce igualmente efectos teratogénicos, habiéndose demostrado experimentalmente en animales que puede causar la muerte de los fetos, la malformación de la espina dorsal y la presencia de otras anomalías, tales como la reducción en la longitud del fémur y la formación atípica de la cola de las ratas. La descendencia puede presentar ataxia, crecimiento retardado del cerebelo, disminución y atrofia en las células de la sustancia blanca cerebral, cambio en la arquitectura celular del cerebro y desaparición de las células granulares del cerebelo. Algunas de estas malformaciones se observaron parcialmente en las personas afectadas por la enfermedad de Minamata. Se ha observado asimismo que los peces presentan acumulación de compuestos mercuriales en los tejidos germinales y genitales.

Si bien no existe un estudio que permita determinar los efectos genéticos en los peces, parece ser que hay algún efecto en la descendencia al haberse demostrado experimentalmente que la toxicidad mercurial es causa de una alteración en la estructura cromosómica, que resulta en la alteración de la mitosis.

En diferentes ocasiones y países se han estudiado diversas especies marinas, y se ha observado que las concentraciones difieren de unas especies a otras. En algunas especies como los lucios la concentración del mercurio se incrementa con la edad y el peso. Entre las principales especies estudiadas figuran el lenguado (*Pleuronectes flesus*), el bacalao (*Gadus morrhua*), la anguila (*Anguilla anguilla*), el lucio (*Lucioperca sandra*), la perca (*Perca fluviatilis*), la platija (*Pleuronectes platessa*), la trucha

(género *Salmo*), diferentes especies de cangrejos y moluscos, la foca (*Pusa hispida*), el delfín (*Delphinus delphis*) y algas (*Porphyra tenera*).

En el Perú se ha estudiado la contaminación de algunas especies de la fauna y flora marinas sin que se haya obtenido información sobre casos clínicos de intoxicación en seres humanos, o si se han producido, han pasado inadvertidos y posiblemente se han confundido con otras etiologías.

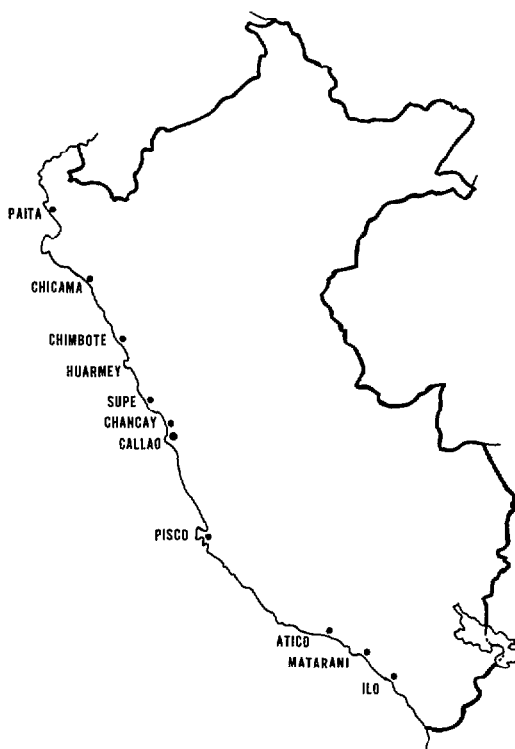
En primer lugar se presenta la ubicación de los principales puertos pesqueros, actividad que se desarrolla a todo lo largo del litoral peruano (figura 1).

Se han analizado diferentes muestras de plancton total donde estaban mezclados el fitoplancton y el zooplancton recogidos en los puertos de Pimentel, Callao e Ilo, por el Instituto del Mar, en noviembre de 1970. El resultado de los análisis no ha arrojado contaminación de ninguna magnitud, ya que en todos ellos se obtuvo un cero constante.

En el cuadro 1 se presenta el análisis en algas del litoral y los lugares de origen. Se observará que la concentración de mercurio es muy reducida, carece de toxicidad, se incrementa de sur a norte y en varias de las especies analizadas no se encontraron vestigios. La mayor concentración se halló en una muestra recogida frente al Callao.

El cuadro 2 muestra los resultados obtenidos en 225 peces y mariscos, correspon-

FIGURA 1—Puertos pesqueros en el litoral peruano.



dientes a 17 diferentes especies frescas para el consumo humano. Todos los análisis indican que la concentración hallada era mínima. Cabe señalar que la aparente discrepancia que se encuentra en los resultados del bonito, de 0.08 ppm en el cuadro 2 y de 0.14 ppm en el cuadro 6, se debe a que esta última cifra corresponde a un producto deshidratado, con mayor concentración e igual volumen pero que resultan iguales al efectuarse la corrección.

El cuadro 3 expone el resultado de los análisis realizados en anchovetas frescas procedentes de Chimbote, Callao e Ilo, cuyas concentraciones detectadas de mercurio están por debajo de los límites permisibles, correspondiendo a cifras mínimas con vestigios de ninguna importancia.

El cuadro 4 presenta el resultado de los análisis practicados en filetes congelados de pez espada. Se observará que el promedio

CUADRO 1—Contenido de mercurio en algas del litoral peruano.

Lugar de origen	No. de muestras	Promedio (ppm)	Rango
Paíta	5	0.02	0.04—0.00
Supe	7	0.02	0.04—0.00
Callao	3	0.02	0.07—0.00
Pisco	4	0.01	0.05—0.00
Mollendo	6	0.01	0.03—0.00
Ilo	2	0.00	0.00—0.00

Algas analizadas (familia y nombre)

Lessoniaceae (*Eisenia cokertii*)
Ulva (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha intestinalis*)
Gigartina (*Gigartina chamissoi*)
Phyllophoraceae (*Ahnfeltia durvillaei*)
Gigartina (*Sebdenia* Sp.)
Solieraceae (*Agardhiella tenera*)
Gracilariaceae (*Gracilaria-rhipsis lemanaeformis*)
Lessoniaceae (*Lessonia* Sp.)

CUADRO 2—Contenido de mercurio en especies frescas marinas para consumo humano.*

Especie	No. de muestras	Promedio (ppm)	Rango
Almejas			
<i>Semele solida</i>	19	0.01	0.02—0.00
Bonito			
<i>Sardas S. chiliensis</i> (C)	10	0.08	0.12—0.05
Cabrilla			
<i>Palabrax humeralis</i>	15	0.01	0.08—0.00
Cabinza			
<i>Isacia conceptionis</i>	15	0.00	0.01—0.00
Caracol			
<i>Thais chocolata</i>	15	0.02	0.07—0.01
Cojinova			
<i>Seriotelela violacea</i> (G)	5	0.08	0.23—0.02
Corvina			
<i>Sciaena gilberti</i>	20	0.04	0.23—0.01
Choros			
<i>Aulacomya ater</i>	20	0.02	0.01—0.00
Doncella			
<i>Halicheres dispilus</i>	11	0.01	0.02—0.00
Jurel			
<i>Trachurus symmetricus murphyi</i>	10	0.03	0.11—0.01
Liza			
<i>Mugil cephalus</i>	15	0.01	0.05—0.00
Lenguado			
<i>Paralichthys adspersus</i> (G)	5	0.02	0.05—0.00
Machas			
<i>Mesodesma donacium</i>	10	0.01	0.02—0.00
Machete			
<i>Brevoortia maculata maculata</i>	5	0.02	0.05—0.00
Merluza			
<i>Merluccius G. peruanus</i> (G)	10	0.03	0.13—0.00
Pejerrey			
<i>Odontesthes R. regia</i>	20	0.02	0.08—0.00
Tollo			
<i>Mustelus</i> sp.	20	0.04	0.14—0.01

* Análisis de 225 animales de 17 especies.

CUADRO 3—Contenido de mercurio en anchovetas (*Engraulis ringens*) frescas.

Lugar de origen	No. de muestras	Promedio (ppm o mg/kg)	Rango
Chimbote	14	0.03	0.09—0.01
Callao	3	0.04	0.06—0.02
Ilo	3	0.11	0.18—0.04

de las muestras está por encima de los límites permisibles, aunque algunas se encontraban por debajo de 0.5 ppm.

La figura 2 da el resultado del estudio en el pez espada, por secciones topográficas, apreciándose que la concentración de mercurio va decreciendo de la región cefálica

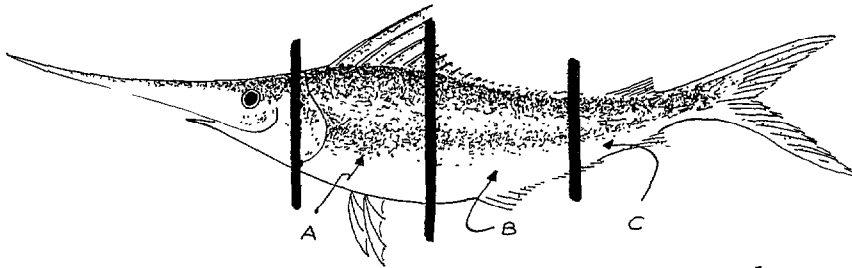
CUADRO 4—Contenido de mercurio en filetes de lomo de pez espada (*Xiphias gladius* L.).

Lugar de captura	Fecha de captura	No. de muestras	Promedio	Rango
Mancora	Nov. 1970	3	0.53	0.59—0.42
Mancora	Dic. 1970	16	0.63	0.93—0.38

De 19 muestras 14 están por encima del límite de 0.5 ppm, es decir, el 73%.

El filete de lomo de un pez espada de pequeño tamaño (presumiblemente de poca edad) tenía 0.04 ppm. Esto indicaría que cuanto más joven sea el ejemplar, menos posibilidad va a existir de encontrar alta concentración de mercurio.

FIGURA 2—Contenido de mercurio hallado en diferentes secciones topográficas del pez espada (*Xiphias gladius* L.).



Sección topográfica	No. de muestras	Promedio (ppm)	Rango
A	3	0.44	0.77—0.28
B	4	0.19	0.34—0.07
C	5	0.12	0.24—0.04

1. De lo anterior se deduce que la mayor contaminación existe en la parte central del lomo. En un ejemplar se encontró que la parte del filete cercana a las vísceras tenía 3.28 ppm, mientras que la cercana a la cabeza tenía 0.77, y la parte caudal, 0.10. No se pudieron obtener muestras de las vísceras del pez espada.

2. En muestras de filete de lomo adquiridas en los mercados "Todos" y "Super Markets" se encontraron valores bajos (0.04—0.11). Estas muestras eran filetes de pequeño diámetro, lo que hace suponer que se trata de trozos de la región caudal.

a la caudal y que en una misma especie se encuentran sectores topográficos, tales como los torácicos, con cifras por encima de los límites permisibles. En cambio, en la región caudal las concentraciones están muy por debajo, y son aptas para el consumo, lo cual no sucede con la región anterior del mismo animal. Cabe señalar que los filetes de pez espada pueden ingerirse sin mayor peligro, en forma esporádica.

El estudio se extendió a los productos elaborados, o sea las conservas de diferentes especies para el consumo humano (cuadro 5). En todas ellas las concentraciones estaban muy por debajo de los límites permisibles, con cifras sin mayor significación.

Igualmente, por la importancia que tiene la harina de pescado en general, y de la anchoveta en particular, en los cuadros 6 y 7 se presentan los resultados obtenidos. En ellos se observa que la harina de cachalote contiene las mayores concentraciones, mientras que las harinas de merluza, de residuos de pescado y de anchoveta, arrojaron cifras muy por debajo de los límites permisibles, sin ofrecer ningún peligro.

En el caso de la harina de anchoveta el estudio se efectuó con muestras recogidas en todos los puertos pesqueros y elaboradas en diferentes meses, de septiembre de 1970 a mayo de 1971 para determinar si existía

CUADRO 5—Contenido de mercurio en conservas de especies marinas.

Especie	No. de muestras	Promedio (ppm)	Rango
Bonito			
<i>Sardas S. chiliensis</i> (C)	35	0.14	0.39—0.01
Calamar			
<i>Loligo</i> sp.	2	0.06	—
Choros			
<i>Aula comya ater</i>	2	0.02	—
Pejerrey			
<i>Odontesthes R. regia</i> (H)	2	0.05	—

CUADRO 6—Contenido de mercurio en harinas de diferentes especies marinas.

Especie	No. de muestras	Promedio	Rango
Cachalote <i>Physeter catodon</i>	8	0.37	0.58—0.18
Merluza <i>Merluccius G. peruanus</i> (G)	7	0.08	0.11—0.02
Residuos de pescado	1	0.12	—

CUADRO 7—Contenido de mercurio en harina de anchoveta elaborada en el litoral peruano (ppm).*

Lugar de elaboración	1970				1971			Pro-medio
	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Marzo	Abril	Mayo	
Paita	0.08	0.29	0.29	0.09	0.15	0.18	0.16	0.17
Chicama	0.22	0.07	0.14	0.12	0.10	0.05	0.10	0.12
Chimbote	0.20	0.15	0.06	0.10	0.11	0.13	0.15	0.12
Huarmey	0.11	0.13	0.14	0.13	0.13	0.22	0.08	0.13
Supé	0.21	0.11	0.17	0.13	0.10	0.08	0.18	0.14
Chancay	0.10	0.10	0.15	0.12	0.16	0.07	0.23	0.13
Callao	0.14	0.25	0.16	0.14	0.17	0.19	0.06	0.16
Pisco	0.08	0.09	0.16	0.21	0.16	0.07	0.29	0.15
Atico	0.14	0.12	0.13	0.13	0.21	0.19	0.18	0.15
Matarani	0.06	0.12	0.12	0.13	0.12	0.21	0.16	0.13
Ilo	0.14	0.09	0.18	0.18	0.19	0.05	0.04	0.12

* El número total de muestras fue 120 y el promedio general para la harina peruana fue 0.14 ppm.

variación estacional, sin haberse observado ningún cambio significativo.

El mismo interés se tomó con las muestras de aceite de pescado sin que en ninguna de ellas la concentración de mercurio tuviera valores significativos ni presentara toxicidad. En el caso de las harinas y el aceite de pescado para una mejor apreciación de los valores encontrados en cuanto a sus efectos tóxicos, se debe advertir que estos productos no se consumen en forma exclusiva, sino que se mezclan en bajos porcentajes con otros nutrientes, generalmente de origen vegetal,

de donde resulta que la concentración que pudiera ingerirse sea completamente infinitesimal (cuadro 8).

El resultado de los análisis de los antioxidantes utilizados en la elaboración de las harinas de pescado señalan concentraciones mercuriales por encima de los límites permisibles, pero al igual que lo expresado anteriormente, el uso de estas sustancias es reducido en el proceso industrial, si bien se incrementa en cierta forma el contenido final del mercurio encontrado en dichas harinas (cuadro 9).

CUADRO 8—Contenido de mercurio en aceites de pescado.

Lugar de origen	Fecha de muestreo 1971	Resultados (ppm)	Observaciones
Paita	Enero	0.16	Cachalote
Chimbote	Enero	0.16	Pesca Mar s.a. Tq 3
Chimbote	Abril	0.46	Pesca Mar s.a. Tq 1
Chimbote	Enero	0.06	Coischco s.a.
Callao	Enero	0.21	EPCHAP.
Ilo	Enero	0.36	EPCHAP.

CUADRO 9—Contenido de mercurio en antioxidantes empleados en la harina de pescado.

Marca	Resultado (ppm—o mg/kg)	Procedencia
Montequin	0.00	Caminter S.A. (Italia)
Santoquin	0.00	Monsanto (EUA)
Embanox 3	0.99	May Backer (Inglaterra)
Embanox 4	1.2	May Backer (Inglaterra)
Embanox 6	0.00	May Backer (Inglaterra)
Raluquin	3.38	Raschig (Alemania)
Prosiquin	0.88	(Japón)
Neyanox	1.63	(Japón)
Ethoxyquin	3.51	Ouchi-Sinko (Japón)
Nonflex	1.09	Seiko Chem. Co. (Japón)
Ethoxyquin	1.33	Sumitomo Chem. (Japón)
Abiquine	2.31	Chem. and Pham. Ind. (Israel)

A las harinas se agregan de 100 a 150 ppm de antioxidante, es decir, 100 ó 150 mg por kilo de harina.

Supongamos que se usa el antioxidante con 3.5 ppm, esto significa 3.51 mg de Hg por cada kg de antioxidante.

Luego la contribución de Hg del antioxidante sobre la harina sería:

$$X = \frac{150 \times 3.5}{1,000,000} = 0.0005 \text{ mg Hg lo que no es significativo.}$$

Comentarios

Es de notar que de todas las especies estudiadas la única contaminada es el pez espada. Esta contaminación no se distribuye homogéneamente en el animal y son los ejemplares adultos los que la presentan. Como ya se ha mencionado se puede ingerir filetes de pez espada de una a dos veces por semana sin peligro. La última información procedente de EUA acerca de la contaminación del pez espada y el atún, indica que estos tienen un comportamiento biológico y, posiblemente migratorio, diferente, lo cual sugiere que algunas especies tengan habilidad especial para fijar el mercurio o que su eliminación sea mucho más lenta que en otras. Las especies estudiadas, tanto frescas como enlatadas, pueden consumirse en cualquier cantidad sin peligro alguno.

Lo anterior permite afirmar la necesidad de continuar los estudios sobre la contaminación mercurial en la fauna y flora marinas, y que dichos estudios se coordinen entre los países para lograr el mejor resultado, sin necesidad de duplicar los esfuerzos. Esa coordinación multinacional debería efectuarse por organismos internacionales tales como la FAO y la OMS.

Resumen

Los autores han llevado a cabo un estudio en el litoral peruano sobre la contaminación mercurial de la fauna y de la flora marinas cuya presencia se ha investigado en el aire, el suelo y el agua.

En diciembre de 1970 se comprobó que el mercurio se ha convertido en un contaminante marino relativamente peligroso, aun cuando por ahora sea ínfima su concentración en el mar (sólo de algunas partes por billón). En razón de los modernos procesos industriales, su contenido va en aumento y afecta desfavorablemente a la producción pesquera, uno de los principales recursos alimentarios de que dispone el mundo en general y el Perú en particular.

La riqueza pesquera de las costas peruanas es, en efecto, extraordinaria, ya que se obtienen 440 toneladas de proteína de pescado por milla cuadrada, producción muy superior a la del ganado vacuno criado en pastizales, que oscila de 1.5 a 80 toneladas por la misma superficie.

La contaminación natural del mar por el mercurio se inició originalmente con la erosión de las rocas primarias, pero el proceso se ha incrementado notablemente en los

últimos tiempos a causa de la contaminación artificial procedente de los residuos agrícolas y sobre todo de los efluentes industriales.

La mayor capacidad de acumulación de mercurio entre los seres acuáticos se atribuye a los peces, que sirven de intermediarios en la transmisión a las demás especies que de ellos se sustentan, en particular al hombre, que es el principal consumidor de pescado.

Los autores analizan someramente los estudios efectuados para demostrar la toxicidad del mercurio en los peces y en el hombre, en el que se ha observado un menoscabo muscular progresivo, disminución y pérdida de la visión, deterioro de las funciones cerebrales y en ocasiones parálisis, estados de coma e incluso la muerte.

Se ha demostrado experimentalmente en

animales el efecto teratogénico grave del mercurio, que puede causar la muerte de los fetos y anomalías diversas en las especies atacadas y en sus descendientes. La toxicidad mercurial provoca igualmente alteraciones en la estructura cromosómica en la descendencia de los peces.

Los autores han estudiado particularmente la anchoveta y el pez espada. En todos los análisis practicados en la primera, las concentraciones estaban por debajo de los límites permisibles, lo mismo que las harinas y los aceites de diversas especies. En cambio, los análisis del promedio de las muestras de filetes congelados de pez espada dieron cifras superiores a los límites de contaminación permisibles. El trabajo concluye encareciendo la necesidad de continuar los estudios de este género. □

BIBLIOGRAFIA

- Ackerfors, H. et al. "A survey of the mercury pollution problem in Sweden with special reference to fish". *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 8:203-224, 1970.
- Goldwater, L. "Mercury in the environment". *Scient Amer* 224(5):15-21, 1971.
- Halstead, B. W. "Toxicity of marine organisms caused by pollutants". WM/A8087, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia 9-18 diciembre, 1970.
- Isaacs, W. S. "The nature of oceanic life". *Scient Amer* 221(3):147-162, 1969.
- Järvenpää, T.; Tillander, M., y Miettinen, J. L. WM/A865, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia 9-18 diciembre, 1970.
- Keckes, S. y Miettinen, J. L. "Mercury as a marine pollutant". WM/A9940, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Kneip, T. J.; Howelis, G. P., y Wrenn, M. E. "Trace elements, radionuclides and pesticides residues in the Hudson river". WM/A9638, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 8-18 diciembre, 1970.
- MacIntyre, F. "Why the sea is salt". *Scient Amer* 223(5):104-115, 1970.
- "Mercury in the environment: natural and human factors, research topics". *Science*, Vol. 171, No. 3973, 26 febrero, 1971.
- Miettinen, J. K.; Heyraud, M., y Keckes, S. "Mercury as a hydrospheric pollutant II. Biological half-time of methyl mercury in four mediterranean species: A fish, a crab, and two molluscs". WM/A9222, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Miettinen, V. et al. "Preliminary study on the distribution and effects of two chemical forms of methyl mercury in pike and rainbow trout". WM/A9221, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Newell, R. E. "The global circulation of atmospheric pollutants". *Scient Amer* 223(5):104-115, 1970.
- Nitta, T. "Marine pollution in Japan". WM/A8088, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Pinchot, G. B. "Marine farming". *Scient Amer* 223(6):15-21, 1970.
- Portmann, J. E. "Possible dangers of marine pollution as a result of mining operations for metal ores". WM/A9220, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 8-18 diciembre, 1970.
- Revelle, R. "The ocean". *Scient Amer* 221(3):55-65, 1969.
- Rissanen, R.; Erkama, J., y Miettinen, J. K. "Experiments on microbiological methylation of mercury (2+) ion by mud and sludge in

- anaerobic conditions". WM/A8356. *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Tillander, M.; Miettinen, J. L., y Koivisto I. "Excretion rate of methyl mercury in the seal (*Pusa hispida*)". WM/A8664, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Unlü, M. Y.; Heyraud, M., y Keckes, S. "Mercury as a hydrospheric pollutant, I. Accumulation and excretion of $^{203}\text{Hg Cl}_2$ in *Tapes decussatus* L." WM/A8663, *FAO Technical Conference*, Roma, Italia, 9-18 diciembre, 1970.
- Wooster, W. S. "The ocean and man". *Scient Amer* 221(3):218-234, 1969.

Mercury contamination of marine life in Peru (Summary)

The authors have completed an investigation of mercury contamination in marine flora and fauna along the Peruvian coast.

Natural mercury contamination of the sea results from erosion of primary rock, but this process has recently been augmented by artificial mercury contamination caused by agricultural residues and industrial wastes, especially the latter. By December 1970 it was proven that mercury was becoming a relatively dangerous marine contaminant, even though its concentration in sea water was usually very small (only a few parts per billion). This was because modern industrial activities had been causing these concentrations to rise, and to reach a point where they adversely affected production of fish—one of the principal food resources available to Peru and to the rest of the world.

This is particularly significant because of the very rich fishing along the Peruvian coast, which yields an annual average of 440 tons of fish protein per square mile. This compares favorably with raising cattle on pastures, which yields an annual average of animal protein ranging from 1.5 to 80 tons per square mile.

This article briefly analyzes studies carried out to demonstrate the toxicity of mercury in

fish and in man. These report observation of progressive muscle damage, reduction and loss of vision, deterioration of cerebral functions, and occasional paralysis leading to a state of coma and even death. Animal experiments have shown that mercury has serious teratogenic effects—that it can kill a fetus and cause abnormalities in the animals attacked and their offspring. It can also cause genetic damage, altering the chromosome structure of the descendants of affected fish.

Among marine animals, capacity for accumulating mercury is attributed to some fish which serve as intermediaries, transmitting mercury to species that feed on them—including man, who is a prime fish consumer.

The authors have concentrated particularly on Peru's *anchoveta* and the swordfish. All analyses performed on the *anchoveta* show its mercury content to be within allowable limits, as is the mercury content of fish flour and oil produced from various species. In contrast, analysis of average samples of frozen swordfish fillets gave figures exceeding permissible limits of contamination. The paper concludes by stressing the need for continuation of studies of this kind.

Contaminação de fauna marítima peruana pelo mercúrio (Resumo)

Os autores realizaram no litoral peruano um estudo sobre a contaminação da fauna e da flora marítimas pelo mercúrio, cuja presença no ar, no solo e na água procuraram determinar.

Em dezembro de 1970, comprovou-se que o mercúrio se converteu em agente contaminador do mar, relativamente perigoso, embora ainda seja ínfima sua concentração nessas águas. Em

virtude, porém, dos novos processos industriais, o teor de mercúrio nas águas do mar vem aumentando e influenciando de maneira desfavorável na produção da pesca, um dos principais recursos alimentares do mundo, em geral, e do Peru, em particular.

A riqueza da costa peruana no que se refere à pesca é, com efeito, extraordinária, dado que se obtêm 440 toneladas de proteína de peixe

por milha quadrada, produção essa muito superior à do gado vacum criado em pastagens, que oscila entre 1,5 e 80 toneladas, considerando-se a mesma área.

A contaminação natural do mar pelo mercúrio teve início com a erosão das rochas primárias. O processo de contaminação, porém, acentuou-se de maneira notável nos últimos tempos, em virtude da contaminação artificial decorrente dos resíduos agrícolas e sobretudo dos produtos industriais indesejáveis.

A maior capacidade de acumulação de mercúrio entre os seres aquáticos é atribuída aos peixes, que servem de veículo na contaminação das demais espécies que os utilizam como alimento, especialmente do homem, grande consumidor do produto.

Os autores comentam os estudos realizados, a fim de demonstrar a toxidez do mercúrio nos peixes e no homem, havendo observado no caso deste degeneração muscular progressiva,

diminuição e perda da visão, deterioração das funções cerebrais e, por vezes, paralisia, estado de coma e até morte.

Demonstrou-se experimentalmente em animais o grave efeito teratogênico do mercúrio, que pode ser a causa da morte do feto e de diversas anomalias das espécies contaminadas e de seus descendentes. A toxidez do mercúrio também provoca alterações da estrutura cromossômica dos peixes.

Os autores estudaram especialmente a anchova e o peixe espada. Em todas as análises feitas com a primeira, as concentrações situavam-se abaixo do limite permissível, o mesmo ocorrendo com as farinhas e azeites de diversas espécies. A análise de amostras de filé congelado de peixe espada, porém, apresentaram concentrações superiores ao limite permissível. Os autores encerram o trabalho encarecendo a necessidade de que o estudo do assunto tenha prosseguimento.

Pollution par le mercure de la faune pélagique du Pérou (Résumé)

Les auteurs ont effectué une étude le long du littoral péruvien sur la pollution par le mercure de la faune et de la flore pélagiques dont la présence a été recherchée dans l'air, le sol et l'eau.

En décembre 1970, on a constaté que le mercure s'est transformé en un polluant marin assez dangereux, bien que sa concentration dans la mer (seulement quelques particules par billion) soit infime pour le moment. En raison des procédés industriels modernes, sa teneur va en augmentant et exerce une influence défavorable, sur la production de poisson.

Les eaux côtières du Pérou son en effet extrêmement abondantes en poisson, étant donné que l'on obtient 440 tonnes de protéines de poisson par mille carré, production très supérieure à celle du bétail dans les pâturages qui varie de 1,5 à 80 tonnes pour la même superficie.

La pollution naturelle de la mer par le mercure a commencé primitivement par l'érosion des roches primaires, mais le processus s'est intensifié notablement les derniers temps du fait de la pollution artificielle provenant des résidus agricoles et surtout des effluents industriels.

La grande capacité d'accumulation de mercure parmi les êtres aquatiques est attribuable aux poissons qui servent d'intermédiaires dans la transmission aux autres espèces auxquelles

ils servent de nourriture, notamment à l'homme qui est le principal consommateur de poisson.

Les auteurs passent sommairement en revue les études effectuées en vue de démontrer la toxicité du mercure pour les poissons et pour l'homme chez lequel on a constaté une détérioration musculaire progressive, un affaiblissement et une perte de la vue, une détérioration des fonctions cérébrales et parfois la paralysie, des états de coma, y compris la mort.

On a démontré expérimentalement chez les animaux l'effet tératogène grave du mercure qui peut causer la mort des foetus et des anomalies diverses dans les espèces atteintes et dans leurs descendants. La toxicité mercurielle provoque également des altérations de la structure des chromosomes parmi la descendance des poissons.

Les études des auteurs ont porté en particulier sur la sardine et l'espadaon. Dans toutes les analyses effectuées sur la sardine, les concentrations relevées étaient au-dessous des limites tolérables; il en a été de même pour les farines et les huiles des différentes espèces. Par contre, l'analyse des échantillons de filets congelés d'espadaon ont donné, en moyenne, des chiffres supérieurs aux limites de pollution tolérables. Les auteurs concluent en insistant sur la nécessité de poursuivre les études de cette nature.