

# Mercurio en el cabello de embarazadas y madres lactantes chilenas

Carlos G. Bruhn,<sup>1</sup> Aldo A. Rodríguez,<sup>1</sup> Carlos A. Barrios,<sup>1</sup>  
Víctor H. Jaramillo,<sup>1</sup> Nuri T. Grus,<sup>2</sup> José Becerra,<sup>1</sup>  
Ernesto Núñez<sup>1</sup> y Olga C. Reyes<sup>3</sup>

*Las aguas costeras de la Octava Región de Chile recibieron durante aproximadamente dos décadas desechos de mercurio de origen industrial. El objetivo del presente estudio, efectuado de 1991 a 1993, fue medir las concentraciones de mercurio en el cabello de mujeres embarazadas o lactantes de aldeas del litoral y del interior de esa región para examinar la relación entre la concentración de mercurio y el consumo de productos de mar, determinado por encuesta. En el cuestionario de encuesta usado en 1991 no se investigó la frecuencia del consumo de pescados, mariscos y algas y solo se tomaron en cuenta embarazadas y madres lactantes con un consumo mínimo semanal de una comida a base de pescado. En el cuestionario aplicado en 1992 y 1993 se investigó el consumo diario y semanal de productos marinos en general (pescado, mariscos o algas marinas).*

*Mediante espectrofotometría se determinó la concentración de mercurio total en muestras de 100 mg de cabello de 153 mujeres embarazadas y lactantes de 11 aldeas pesqueras de la Octava Región donde se consumían productos marinos con regularidad. Ninguna de las mujeres tenía exposición ocupacional al mercurio. También se determinó la concentración de mercurio total en muestras similares de cabello de mujeres de un grupo testigo compuesto de 26 embarazadas y lactantes de Pinto y El Carmen, aldeas en el interior de la misma región donde muy raras veces se comen productos de mar.*

*La media aritmética de las concentraciones capilares de mercurio total fue de 1,81 mg/kg de peso corporal para el grupo de estudio (con una desviación estándar (DE) de 1,52) y de 0,42 mg/kg para el grupo del interior (con una DE de 0,15), diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,01$ ). También se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre la media del grupo del interior y la de las nueve aldeas más cercanas a las fuentes de contaminación, pero no entre aquella y la de las mujeres de las dos aldeas en los extremos norte y sur de la zona de estudio, que estaban más lejos de las aguas contaminadas. La concentración capilar de mercurio total fue significativamente mayor en las mujeres que indicaron comer pescado siete veces a la semana o más; en las que indicaron comer pescado, mariscos o algas cinco veces a la semana o más, y en las que habían vivido 20 años o más en su aldea. No se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa cuando los resultados se analizaron por edad.*

A pesar de que las concentraciones de mercurio en el medio ambiente suelen ser bajas, el peligro de exposición ambiental a ese elemento, altamente tóxico, ha despertado inquietud por la facilidad con que lo acumu-

lan ciertas plantas y animales acuáticos y terrestres (1). El riesgo para el ser humano radica principalmente en el consumo de pescados y otros productos de mar contaminados con grandes cantidades de mercurio. Los peces, principal fuente alimentaria de este metal (2), lo concentran y transforman de su forma inorgánica a formas orgánicas más tóxicas, como el metilmercurio, que representa de 70 a 90% del contenido total de mercurio (3) y que puede causar alteraciones nerviosas. Entre estas destacan una disminución de

<sup>1</sup> Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Dirección postal: Departamento de Análisis Instrumental, Facultad de Farmacia, Universidad de Concepción, Casilla 237, Concepción, Chile. Fax: 56-41-231903.

<sup>2</sup> Centro de Estudios Nucleares La Reina, Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Organización Mundial de la Salud, División de Higiene del Medio, Ginebra, Suiza.

la capacidad intelectual y síntomas maniaco-depresivos con temblores, ataxia y movimientos coreiformes (4-7).

El pescado y otros productos de mar son la principal fuente del mercurio que entra en el organismo humano. A raíz del consumo de pescados contaminados con grandes cantidades de metilmercurio de origen industrial que tuvo lugar en 1953 en la bahía de Minamata y en el río Agano en Niigata, Japón, la preocupación del público y de la comunidad científica aumentó considerablemente. Se observaron muchas manifestaciones clínicas de intoxicación en personas expuestas (8, 9) y en estudios epidemiológicos se documentó un retraso del desarrollo en la primera infancia y retraso mental en niños cuyas madres habían ingerido durante el embarazo más de tres veces la cantidad semanal tolerable (*tolerable weekly intake* o PTWI) de mercurio establecida por la OMS y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): 0,3 mg, de los cuales deben corresponder a metilmercurio 0,2 mg como máximo (10).

La Octava Región de Chile (región del Bío-Bío) es una de las áreas más industrializadas del país. Tiene industrias siderúrgicas, petroquímicas, madereras y textiles; refinerías de petróleo; plantas de producción de cloro e hidróxido de sodio; minas de carbón; fábricas de celulosa y papel, harina de pescado, fertilizantes y cerámica, así como una gran actividad portuaria. Estudios realizados a partir de 1977 (11-13) sobre la contaminación del río Bío-Bío y de la zona costera adyacente (golfo de Arauco y bahía de San Vicente) han revelado que la contaminación por mercurio se origina en la actividad industrial. El mercurio ha alcanzado concentraciones relativamente altas en las aguas, sedimentos y organismos marinos de la zona. La concentración media de mercurio en aguas costeras de la bahía de Concepción llega a 1,5  $\mu\text{g/L}$  y a 72,9 mg/kg en sedimentos del estuario de Lenga, que en otra época recibía desechos de una planta de cloro e hidróxido de sodio, y a 0,24 mg/kg (en peso húmedo) en el molusco *Aulacomya ater* en el golfo de Arauco (12). En tres ocasiones se analizaron sedimentos en

varias estaciones de muestreo en las bahías de Concepción y San Vicente y en el golfo de Arauco, hallándose concentraciones medias de mercurio de 0,16 mg/kg (DE = 0,08;  $n = 9$ ), 0,38 mg/kg (DE = 0,05 mg/kg;  $n = 6$ ) y 0,25 mg/kg (DE = 0,15 mg/kg;  $n = 6$ ), respectivamente (14). Las concentraciones en la bahía de San Vicente y en el golfo de Arauco son mayores que en la bahía de Concepción porque a las dos primeras zonas llegaron desechos de materiales contaminados con mercurio por el estuario de Lenga y el río Bío-Bío, respectivamente.

En el golfo de Arauco recientemente se midió la concentración de mercurio en sedimentos, en material particulado en suspensión y en muestras del crustáceo llamado "langostino colorado" (*Pleuroncodes monodon*) y de la popular especie comestible local llamada "congrío negro" (*Genypterus maculatus*), que forman parte de una cadena trófica (15). Se encontraron las siguientes concentraciones medias: 0,36 (DE = 0,20) mg/kg ( $n = 26$ ) en los sedimentos; 23 (DE = 21)  $\mu\text{g/kg}$  ( $n = 8$ ) en material particulado en suspensión; 0,31 (DE = 0,29) mg/kg ( $n = 9$ ) en langostino colorado; y 0,34 (DE = 0,38) mg/kg ( $n = 105$ ) en congrío negro. En este se determinaron las siguientes concentraciones viscerales: 0,38 (DE = 0,49) mg/kg en branquia; 0,35 (DE = 0,30) mg/kg en contenido estomacal; 0,21 (DE = 0,23) mg/kg en hígado; 0,45 (DE = 0,63) mg/kg en riñón; y 0,33 (DE = 0,26) mg/kg en músculo.

Una encuesta alimentaria de 117 familias (779 habitantes) de aldeas pesqueras de Lota (El Blanco, Infiernillo y Pueblo Hundido) y Concepción (Boca Sur, aldeaña a la desembocadura del río Bío-Bío), en el golfo de Arauco, reveló un consumo anual promedio de 15,4 kg de pescado por persona. Las especies más consumidas fueron el jurel (*Trachurus murphyi*) (31%), la merluza (*Merluccius gayi*) (21%) y el congrío negro (3,3%), que posee hábitos alimentarios similares a los de la merluza. Las concentraciones medias de mercurio (por unidad de peso húmedo) en merluzas (0,002-0,04 mg/kg) y jureles (0,017-0,047 mg/kg) de la zona costera de la Quinta Región fueron cerca de una cuarta parte de las

encontradas en congrios negros del golfo de Arauco (Octava Región) (15, 16). También se ha hallado mercurio en otras especies de peces capturados en la costa de Chile: 0,06 mg/kg en el lenguado (*Paralichthys microps*) y 0,06 mg/kg en la sardina española (*Sardinops sagax musica*) de la bahía de Iquique (Primera Región); 0,13 mg/kg en la sardina española y "anchoveta" (*Engraulis ringens*) de la bahía de Caldera (Tercera Región); 0,07 mg/kg en el lenguado y 0,16 mg/kg en la sardina española de la bahía de Coquimbo (Cuarta Región) (17). Todas estas concentraciones fueron menores que las encontradas en el congrio negro del golfo de Arauco.

Los seres humanos absorben mercurio principalmente de los alimentos y del medio ambiente (18, 20). Debido a su semivida de eliminación relativamente larga (de 39 a 70 días) (3), el mercurio se acumula en todo el organismo, pero su concentración en el cabello es mayor que en otros tejidos y líquidos corporales (y aproximadamente 250 veces mayor que en la sangre) (1, 3). Una vez incorporado al cabello, el mercurio permanece inalterado, de manera que su concentración en cada pelo varía longitudinalmente en relación directa con las concentraciones fluctuantes de metilmercurio en sangre (3). El cabello, que crece alrededor de 10 a 15 mm al mes, refleja la exposición individual sucesiva a mercurio y los 5 mm más cercanos al cuero cabelludo permiten calcular la carga de mercurio que ha recibido el organismo durante su fase de crecimiento en las 2 ó 3 semanas previas a la toma de una muestra (19). Además, el cabello es una matriz biológica fácil de analizar y conservar (18, 20) y su obtención es sencilla e indolora. Por todos estos motivos, el cabello es idóneo para calcular la absorción individual de mercurio.

Por otra parte, el cabello es susceptible de contaminación exógena; la atmósfera, la suciedad, el polvo, el sudor, los cosméticos y los fármacos pueden contaminarlo (21). No obstante, a fines de estudios epidemiológicos es un buen indicador de la exposición alimentaria al mercurio, siempre que al obtenerse la muestra se tomen ciertas precauciones (22).

Si bien se calcula que la ingesta diaria de mercurio en la población general es de 1 a 20  $\mu\text{g}$  (1), en familias dedicadas a la pesca esta cifra puede ser mucho mayor, según la cantidad de pescado consumido y su grado de contaminación. Se ha demostrado que una ingesta diaria de mercurio de 3 a 7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal en forma de metilmercurio por un tiempo prolongado lleva a una acumulación de aproximadamente 50 a 125 mg/kg en el cabello y de 20 a 50  $\mu\text{g}/\text{ml}$  en sangre (1, 23). Valores más bajos, correspondientes a la ingesta diaria admisible (IDA) establecida por la OMS y la FAO (0,04 mg de mercurio en forma de metilmercurio), producen concentraciones capilares de mercurio de 5 a 6 mg/kg (23).

La relación entre la exposición a mercurio en forma de metilmercurio y su acumulación en el cabello se puede expresar en términos de un "modelo metabólico" (1). Cuando la ingesta diaria y sostenida de metilmercurio de un individuo promedio sin exposición previa al mercurio y con un peso de 70 kg es de 10  $\mu\text{g}$ , en unos 70 días (semivida de eliminación del mercurio del cabello) se alcanza una concentración equivalente a la mitad de la concentración estacionaria. A esta última se llega en un período de cinco semividas (alrededor de 350 días) con una concentración de mercurio en cabello de 2,5 mg/kg (1). Aun en personas que consumen poco pescado (10 a 20 g/día), este alimento puede contribuir de manera apreciable a la ingesta de mercurio en forma de metilmercurio. El consumo de 200 g de pescado que contiene 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de mercurio (concentración que se encuentra en peces de los niveles tróficos superiores) resulta en una ingesta de 100  $\mu\text{g}$  de mercurio (predominantemente en forma de metilmercurio), que es la mitad de la ingesta semanal admisible (ISA) establecida por la OMS (24).

Se sabe que el mercurio es neurotóxico y los primeros síntomas de intoxicación crónica en adultos son las parestesias, el malestar general y la visión borrosa. Se han observado síntomas clínicos leves, moderados y graves en individuos con concentraciones de mercurio en cabello de 120 a 600, 200 a 800 y

400 a 1600 mg/kg, respectivamente, después de intoxicarse con metilmercurio por consumo de trigo contaminado (18). Se halló que aproximadamente 7% de las personas que ingieren pescado tres veces a la semana y tienen una concentración media de mercurio en cabello de 11,9 mg/kg (DE = 8,0 mg/kg; valores extremos de 0,6 y 21 mg/kg) presentan síntomas neurológicos (18, 25). Aunque no se ha establecido una relación causal, algunos estudios han demostrado que un aumento de las concentraciones de mercurio se acompaña de una disminución del coeficiente de inteligencia verbal y de la escala de desempeño, así como de la puntuación en seis de las 10 subpruebas que integran la escala de inteligencia de Wechsler para niños (26). Si bien es cierto que la inteligencia está determinada por un gran número de factores genéticos y ambientales, cabe destacar que 8% de la variación poblacional se atribuye a concentraciones de mercurio bajas (26). Sin embargo, la exposición a mercurio en forma de metilmercurio en la vida prenatal y posnatal temprana puede producir trastornos graves del sistema nervioso central, como parálisis y retraso mental, aun cuando las madres de estos niños sufren efectos imperceptibles o muy leves.

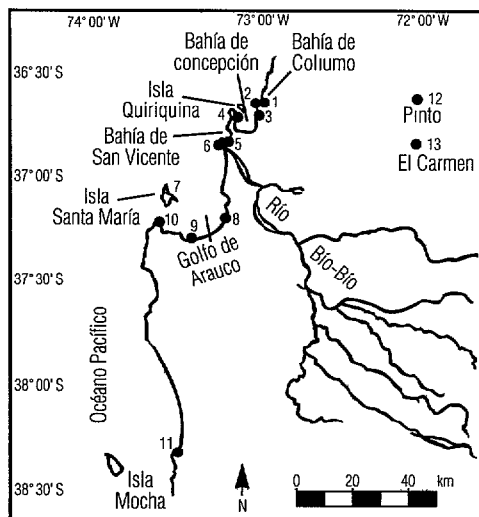
En poblaciones consumidoras de pescado en el Canadá (27) y Nueva Zelanda (28) se han efectuado estudios en niños expuestos a mercurio in útero. En el estudio canadiense se encontró una correlación positiva entre la exposición a mercurio y anomalías musculares y de los reflejos en niños de 12 a 30 meses de edad cuyas madres habían tenido una concentración capilar máxima de mercurio de 23,9 mg/kg durante el embarazo. En el estudio de Nueva Zelanda se detectó un retraso del desarrollo en niños de 4 años cuyas madres habían tenido concentraciones capilares medias de mercurio de 6 a 86 mg/kg durante el embarazo. Actualmente se estudia en la República de Seychelles el desarrollo neurológico y conductual de niños expuestos in útero a metilmercurio de origen alimentario y los resultados obtenidos se compararán con los de estudios anteriores (29).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la relación entre el consumo de productos de mar contaminados con mercurio y las concentraciones capilares de mercurio total en mujeres del litoral y del interior de la Octava Región de Chile.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se combinan los datos de un estudio efectuado en 1991 (30) con datos recopilados durante 1992 y 1993 siguiendo la misma metodología. Se seleccionó por muestreo aleatorio simple a 153 mujeres embarazadas y lactantes en buen estado de salud, de edad entre 13 y 35 años, sin exposición ocupacional a fuentes de mercurio. Las mujeres vivían en 11 aldeas pesqueras —Dichato, Coliumo, Cocholgue, Tumbes, Chome, Lengua, Laraquete, Tubul, Punta Lavapié, Isla Santa María y Quidico— situadas en el litoral chileno entre las latitudes 36 y 38 °S y a una longitud de 73 °W (figura 1).

**FIGURA 1.** Mapa de la zona costera de la Octava Región de Chile con la ubicación de las aldeas pesqueras del grupo de estudio [Dichato (1), Coliumo (2), Cocholgue (3), Tumbes (4), Lengua (5), Chome (6), Isla Santa María (7), Laraquete (8), Tubul (9), Punta Lavapié (10) y Quidico (11)] y de las aldeas del grupo testigo situadas en el interior [Pinto (12) y El Carmen (13)]



Se incluyó en la muestra solo a embarazadas que estaban al día en su control prenatal en puestos de salud estatales y que eran residentes del lugar. La muestra final se compuso de las mujeres embarazadas que asistieron a control prenatal de 1991 a 1993 más las madres lactantes que asistieron al mismo en 1991. El pescado y otros productos marinos eran componentes importantes de la alimentación de estas mujeres. El grupo control o testigo se compuso de 26 mujeres embarazadas y madres lactantes en buen estado de salud y similares en edad y condición socioeconómica a las del grupo de estudio. Estas mujeres eran habitantes de Pinto y El Carmen, zonas ubicadas en el interior de la Octava Región (provincia de Ñuble, a 37 °S y 72 °W) con un consumo muy bajo de pescado y otros productos de mar.

Las mujeres de ambos grupos asistían a puestos públicos del Sistema Nacional de Servicios de Salud como beneficiarias del programa maternoinfantil, integrado en 1993 al actual Programa Nacional de Atención de la Mujer. Ninguna trabajaba fuera del hogar.

A ambos grupos se les aplicó un cuestionario modelo (31) para investigar las siguientes variables: edad, ocupación, tiempo de residencia en el lugar; peso; talla; historia nutricional; hábitos (uso de champús y otros productos para el cabello y consumo de alcohol y tabaco); fuentes de abastecimiento de agua; enfermedades en los últimos 15 días; y frecuencia con que se consumían productos de mar. En el cuestionario aplicado en 1991 se preguntaba si la encuestada comía o no pescado como mínimo una vez a la semana. Más tarde el cuestionario se modificó y la pregunta se orientó hacia el número diario y semanal de comidas (1 a 2; 3 a 4; 5 a 6 y 7 o más) a base de pescado, mariscos o algas marinas. En el momento de la encuesta se le tomó a cada mujer una muestra de cabello de 2 g de la región occipital. La encuesta fue aplicada por enfermeras profesionales de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Octava Región, debidamente entrenadas para entrevistar a las mujeres y obtener las muestras.

La toma, conservación y preparación de las muestras para el análisis se describen en

otra publicación (30). De cada muestra de cabello de 2 g se obtuvo una submuestra de 100 mg a la que se le midió dos veces la concentración de mercurio total por espectrofotometría de absorción atómica a base de vapor frío (32). Se validó el método mediante el análisis de materiales de referencia certificados para mercurio total, entre los cuales figura el cabello humano, y ejercicios de comparación con muestras enviadas "en ciego" por el Organismo Internacional de Energía Atómica. Para el control de calidad externo se empleó como método de referencia el análisis por activación neutrónica (32).

Para fines de comparación el grupo de estudio se estratificó en dos subgrupos: 1) las aldeas de Dichato y Quidico, ubicadas a mayor distancia de las aguas contaminadas y 2) las nueve aldeas costeras más cercanas a la zona de contaminación. Se tomó como límite confiable un consumo máximo de 14 comidas semanales a base de pescado u otros productos de mar. En el análisis estadístico de los resultados se usó la prueba *t* de Student para comparar dos medias y el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de varios grupos.

## RESULTADOS

La concentración media de mercurio total fue de 1,81 mg/kg (DE = 1,52 mg/kg) en el grupo de la costa y de 0,42 mg/kg (DE = 0,15 mg/kg) en el grupo del interior. La diferencia entre los dos grupos fue estadísticamente significativa ( $P < 0,01$ ;  $t = 4,648$  con 177 grados de libertad). La concentración media de mercurio en el grupo de la costa fue de cuatro a cinco veces mayor que en el grupo del interior.

En el cuadro 1 se presentan las concentraciones capilares medias de mercurio total en las 11 aldeas pesqueras. El análisis de varianza (ANOVA) para comparar el conjunto de estos resultados con los del grupo del interior mostró una diferencia estadísticamente significativa ( $F = 12,24$ ;  $P < 0,05$ ). La prueba de Tuckey no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones

**CUADRO 1. Concentraciones capilares medias de mercurio total (mg/kg), con sus respectivas desviaciones estándar (DE) y valores extremos, en mujeres embarazadas y madres lactantes de 11 aldeas pesqueras en la Octava Región. Chile, 1991 a 1993**

Aldea	<i>n</i>	Media	DE	Valores extremos
Dichato	27	0,75	0,38	0,14-1,80
Coliumo	9	1,47	1,22	0,43-3,81
Cocholgue	14	2,07	0,76	0,77-2,97
Tumbes	15	2,97	2,17	1,19-9,72
Chome	4	3,54	0,70	2,71-4,40
Lenga	6	2,63	0,43	2,04-3,15
Isla Santa María	10	3,23	2,27	1,27-9,12
Laraquete	30	1,48	0,76	0,48-3,09
Tubul	12	1,53	1,16	0,76-4,93
Punta Lavapié	11	3,07	2,09	0,61-7,11
Quidico	15	0,60	0,38	0,18-1,30

nes medias de mercurio capilar en mujeres del grupo del interior y en mujeres de Dichato ( $\bar{x} = 0,75$  mg/kg) y Quidico ( $\bar{x} = 0,60$  mg/kg), aldeas ubicadas en los extremos norte y sur de la zona costera, fuera de la zona contaminada por mercurio (cuadro 1). En cambio, se detectó una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ;  $t = 6,218$  con 152 grados de libertad) cuando se comparó la concentración media capilar de mercurio total en mujeres de estas dos aldeas costeras ( $\bar{x} = 0,698$  mg/kg, DE = 0,379 mg/kg,  $n = 42$ ) con la de

mujeres de las otras nueve aldeas del grupo de la costa ( $\bar{x} = 2,220$  mg/kg, DE = 1,566 mg/kg,  $n = 112$ ).

La concentración media de mercurio en las muestras de pelo de mujeres del grupo de la costa en 1992 y 1993 fue 22% más baja que en 1991, diferencia que no es estadísticamente significativa. En cambio, los grupos del interior mostraron concentraciones medias muy similares en ambos períodos.

El cuadro 2 muestra la relación entre la concentración capilar de mercurio total y el

**CUADRO 2. Concentraciones capilares medias de mercurio total, con sus respectivas desviaciones estándar (DE), según la frecuencia del consumo de pescado y de productos de mar en general en mujeres embarazadas y madres lactantes de la zona costera de la Octava Región. Chile, 1992 a 1993**

Consumo semanal (No. de comidas)	Pescado, mariscos o algas marinas					
	Pescado			Pescado, mariscos o algas marinas		
	Mujeres No.	Mercurio (mg/kg)		Mujeres No.	Mercurio (mg/kg)	
		Media	DE		Media	DE
1	33	1,31	1,84	13	1,17	1,22
2	12	1,12	0,43	13	1,00	0,63
3	3	0,89	0,54	13	1,50	2,55
4	10	1,82	0,88	7	1,19	0,80
5	3	2,22	0,47	8	1,92	0,85
6	8	1,28	0,61	5	1,56	0,66
7	4	3,18	1,25	3	1,16	0,58
8	2	1,96	1,02	1	2,87	0,00
9	3	2,05	0,22	1	2,04	0,00
10	2	1,78	0,69	3	2,43	1,00
11	0	—	—	1	1,97	0,00
12	4	1,12	0,42	3	0,93	0,71
13	0	—	—	2	2,25	1,81
14	3	2,25	1,89	1	4,93	0,00
>14*	6	2,46	1,07	19	2,03	0,99

\* Se tomó un consumo de productos de mar en 14 comidas a la semana como límite superior de confiabilidad.

**CUADRO 3. Concentraciones capilares medias de mercurio total, con sus respectivas desviaciones estándar (DE), *t* de Student y grados de libertad (gl), según la frecuencia del consumo de pescado y productos de mar en general en mujeres embarazadas y madres lactantes de la zona costera de la Octava Región. Chile, 1992 a 1993**

Consumo semanal (No. de comidas)	Pescado					Pescado, mariscos o algas marinas				
	Mujeres No.	Mercurio (mg/kg)		<i>t</i>	gl	Mujeres No.	Mercurio (mg/kg)		<i>t</i>	gl
		Media	DE				Media	DE		
1-2	45	1,262	1,570	—	—	26	1,057	0,933	—	—
3-4	13	1,605	0,893	-0,750	56	20	1,393	2,028	-0,749	44
5-6	11	1,534	0,707	-0,557	54	13	1,778	0,745	-2,421	37
≥ 7	24	2,182	1,102	-2,551	67	34	2,012	1,100	-3,554	58

consumo de pescado, o de productos de mar en general (pescado, mariscos o algas marinas), de las mujeres de las aldeas de la costa.

La prueba *t* reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre las mujeres que consumían pescado en una o dos comidas semanales y las que comían pescado una vez al día o más ( $t = -2,551$ , con 67 grados de libertad). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las mujeres que comían pescado una o dos veces a la semana y las que lo comían de tres a cuatro veces y de cinco a seis. En las mujeres que comían de una a dos comidas semanales a base de pescado, mariscos o algas marinas la concentración de mercurio fue significativamente menor que en las que consumían de cinco a seis y siete o más comidas semanales a base de estos productos (cuadro 3).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando las concentraciones capilares de mercurio total se examinaron en relación con el estilo de preparación del alimento (crudo, cocido o frito) o con la edad ( $P < 0,05$ ). En cambio, la prueba *t* reveló diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ;  $t = -4,038$ , con 142 grados de libertad) entre las mujeres que habían vivido en la misma aldea menos de 20 años ( $\bar{x} = 1,380$  (DE = 1,082) mg/kg,  $n = 80$ ) o 20 años o más ( $\bar{x} = 2,375$  (DE = 1,843) mg/kg,  $n = 64$ ), aun cuando se analizaron separadamente los resultados obtenidos en 1991 y de 1992 a 1993.

## DISCUSIÓN

Las concentraciones capilares medias de mercurio total encontradas en las mujeres de nuestro grupo de estudio fueron similares a las notificadas por Airey (18), que en mujeres de 13 países que comían pescado entre una vez al mes y una vez a la semana halló una media de 2,1 mg/kg (con una DE de 1,6 mg/kg y valores extremos de 0,3 a 8,0 mg/kg en un total de 102 determinaciones). En estudios realizados en habitantes de países del Mediterráneo, las concentraciones capilares de mercurio total fueron invariablemente superiores en grupos consumidores de pescado que en grupos cuyo consumo de pescado era pequeño o nulo (21).

Aunque la diferencia de 22% entre las concentraciones medias de mercurio capilar de las muestras de 1991 y de las muestras de 1992 y 1993 no es estadísticamente significativa, podría obedecer a dos factores: por un lado, a un menor consumo de pescados y mariscos a raíz del lanzamiento en febrero de 1991 de una campaña nacional para la prevención del cólera y, por otro, a una menor cantidad de desechos de mercurio debido a la introducción gradual de cambios tecnológicos en las plantas de cloro e hidróxido de sodio. Por otra parte, llama la atención la similitud de las concentraciones medias encontradas en las muestras de cabello del grupo testigo obtenidas en los mismos períodos, a pesar de que las mujeres no fueron las mis-

mas y de que en 1992 y 1993 su número fue el triple del de 1991.

Una limitación del presente estudio es que en la encuesta de 1991 no se investigó la frecuencia del consumo de pescado, mariscos y algas, habiéndose tomado en cuenta solo a embarazadas y madres lactantes con un consumo mínimo de una o más comidas a base de pescado. En cambio, en la encuesta de 1992 y 1993 se investigó el consumo diario y semanal de productos marinos en general (pescado, mariscos y algas marinas) durante las 2 semanas previas y el estilo de preparación del alimento. Otra limitación es que la exactitud de las respuestas depende de la memoria y veracidad de las personas encuestadas, ya que estas no llevaron un registro diario de los alimentos consumidos. Por lo tanto, es posible que las respuestas se encuentren sesgadas.

Los datos muestran que el contenido de mercurio capilar aumenta al incrementarse el número de veces por semana que se consume pescado, mariscos o algas marinas. Estos resultados reflejan la influencia de la ingesta de mercurio con los alimentos.

Las familias pesqueras estudiadas por lo general han vivido en la misma aldea durante muchos años y raras veces se alejan de ella en el transcurso de sus actividades habituales. Su exposición a fuentes de mercurio se limita, por lo tanto, a los productos que se sacan del mar. Esto explica la presencia de mayores concentraciones de mercurio capilar total en mujeres que han vivido en su aldea más de 20 años y que por lo tanto han tenido una mayor exposición alimentaria al mercurio que las que han vivido en ella menos tiempo.

Aunque el agua consumida por la población de las aldeas pesqueras estudiadas, que sale de las capas subterráneas o de la noria, es otra posible fuente de mercurio, según la información disponible (SEREMI de Salud, Octava Región) nunca se han notificado concentraciones de este metal en exceso del límite máximo establecido en Chile para el agua potable, que es de 0,001 mg/L.

Las concentraciones de mercurio total en el cabello de las mujeres de nuestro grupo

de la costa son muy similares a las encontradas en otros países en poblaciones con ingestas de pescado aun mayores (18, 21). Tales concentraciones se consideran dentro de lo normal para poblaciones cuya alimentación se basa en gran medida en productos de mar. Por ende, no se espera que afecten adversamente a la salud de las embarazadas de las aldeas del litoral, aunque no se puede descartar la posibilidad de que ellas y sus hijos sufran efectos subclínicos (10, 27, 28).

Actualmente estamos estudiando las aldeas de Tumbes, Chome, Lengua, Isla Santa María y Punta Lavapié, que se consideran en mayor riesgo de contaminación, para determinar las concentraciones de mercurio total y de metilmercurio en cabello humano y sangre. Dada la mayor susceptibilidad del feto a los efectos tóxicos del metilmercurio, también se estudiarán las concentraciones de mercurio y de metilmercurio en los recién nacidos a fin de establecer el grado de contaminación que han sufrido y el impacto en la salud infantil de la exposición ambiental prolongada al mercurio.

## AGRADECIMIENTO

Este estudio fue financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (contrato de investigación No. 6331/R1/R2/RB) y por la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción, Chile (Proyecto 4-91.71.001). Los autores expresan su reconocimiento a las personas de las comunidades pesqueras y otros pueblos que participaron en el estudio.

## REFERENCIAS

1. World Health Organization. *Environmental health criteria: 1. mercury*. Geneva: WHO; 1976.
2. Airey D. Mercury in human hair due to environment and diet: a review. *Environ Health Perspect* 1983;52:303-316.
3. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS/UNEP/ILO/WHO). *Environmental health criteria: 101. methylmercury*. Geneva: WHO; 1990.



4. Clarkson TW. Human health risks from methylmercury in fish. *Environ Toxicol Chem* 1990;9: 957-961.
5. Ellenhorn J, Barceloux D, eds. *Medical toxicology*. New York: Elsevier; 1988.
6. Doull J, Klaassen C, eds. *Toxicology, the basic science of poisons*. New York: Macmillan; 1980:423.
7. Marruecos L, Nogu S, Nolla J, eds. *Toxicología clínica*. Barcelona: Springer Verlag Ibérica; 1993.
8. Harada Y. Congenital (or fetal) Minamata Bay disease. En: Kutsuna M, ed. *Minamata disease*. Kumamoto: Study Group of Minamata Disease, Kumamoto University; 1968:92-117.
9. Tsubaki T, Hirota K, Shirakawa K, Kondo K, Sato T. Clinical, epidemiological and toxicological studies on methylmercury poisoning. En: Plaa GL, Duncan WAM, eds. *Proceedings of the First International Congress on Toxicology*. New York: Academic Press; 1978:339-357.
10. Elhassani SB. The many phases of methylmercury poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol* 1983;19: 875-906.
11. Barrios C, Rodríguez A. En: Instituto Nacional de Toxicología (Sede Sevilla). *Actas del Primer Congreso Iberoamericano de Toxicología, Sevilla, septiembre, 1982*. Sevilla: Instituto Nacional de Toxicología; 1982:661-665.
12. Secretaría Regional Ministerial de Planificación, Octava Región, Chile (SERPLAC). Evaluación del grado de contaminación del litoral de la Octava Región de Chile (tercer informe). Concepción: Universidad de Concepción; 1980:35-45.
13. Hoffman W. Distribución del mercurio como contaminante en el agua, sedimentos y organismos del estero de Lengua [tesis para título superior en biología marina]. Concepción, Chile: Universidad de Concepción; 1978.
14. Salamanca MA, Chuecas L, Carrasco F. Heavy metal content and distribution in surface sediment from three areas of the Chilean coast. *Gaceta* 1988;9:3-16.
15. González-Muñoz FEM. Metales pesados en la cadena trófica, materia orgánica contenida en sedimento langostino colorado-congriso negro del Golfo de Arauco, Chile [tesis doctoral]. Concepción, Chile: Universidad de Concepción; 1994.
16. Chiang J. Metales pesados en sedimentos y organismos marinos provenientes de las zonas Norte y Centro-Sur de Chile. Niveles de mercurio en organismos marinos provenientes de Bahía Terra Nova (Antártica). En: Gallardo VA, Ferretti O, Moyano HI, eds. *Oceanografía en Antártica, Concepción, Chile, 7-9 marzo 1991*. Concepción, Chile: ENEA, Proyecto Antártica, Chile; 1992:99-105.
17. Bore D, Robotham H, Trucco R, Fernández ML, Inda J. *Evaluación preliminar de la presencia de metales pesados en recursos pesqueros de importancia comercial de la Tercera Región*. Santiago, Chile: Instituto de Fomento Pesquero; 1987.
18. Airey D. Total mercury concentrations in human head from 13 countries in relation to fish consumption and location. *Science Total Environ* 1983; 31:157-180.
19. Bencze K. What contribution can be made to biological monitoring by hair analysis? (Part 2). *Fresenius J Analyt Chem* 1990;338:58-61.
20. Phelps RW, Clarkson TW, Kershaw TG, Wheatley B. Interrelationships of blood and hair mercury concentrations in a North American population exposed to methylmercury. *Archives Environ Health* 1980;35:161-168.
21. Dermelj M, Horvat M, Byrne AR, et al. Mercury, methylmercury and selenium in scalp hair of inhabitants from Mediterranean areas. *Chemosphere* 1987;16:877-886.
22. United States Environmental Protection Agency. *Biological monitoring of toxic trace metals. Vol. 1, Biological monitoring and surveillance*. Las Vegas, Nevada: EPA; 1980. (Publicación EPA-600/3-80-089).
23. International Atomic Energy Agency. *Coordinated research programme on assessment of environmental exposure to mercury in selected human populations as studied by nuclear and other techniques*. Vienna: IAEA; 1992. (Publicación IAEA/NAHRES-13).
24. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. *Environmental health criteria 86: mercury, environmental aspects*. Geneva: WHO; 1989.
25. Paccagnella B, Prati L, Bigoni A. Studio epidemiologico sul mercurio nei pesci: 19. Salute umana in un'isola italiana del Mediterraneo. *Igiene Mod* 1973;66:480-504.
26. Marlowe M, et al. Low mercury levels and childhood intelligence. *J Orthomol Med* 1986;1:43-49.
27. McKeown-Eyssen GE, Ruedy J, Neims A. Methylmercury exposure in northern Quebec. II. Neurological findings in children. *Am J Epidemiol* 1983;118:470-479.
28. Kjellstrom T, Kennedy P, Wallis S, et al. Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish. Stage I. Interviews and psychological tests at age 6. Solna: National Swedish Environmental Protection Board; 1989. (Informe 3642).
29. Davidson PW, Myers GJ, Cox C, et al. Measuring neurodevelopmental outcomes of young children following prenatal dietary methylmercury expo-

- sures. En: World Health Organization. International meetings of the MeHg group of the WHO, Kumamoto, Japan, October 7-9, 1993. Geneva: WHO; 1993.
30. Bruhn CG, Rodríguez AA, Barrios C, et al. Determination of total mercury in scalp hair of pregnant and nursing women resident in fishing villages in the Eighth Region of Chile. *J Trace Elements Electrolytes Health Dis* 1994;8:79-86.
  31. Interamerican Group for Research in Environmental Epidemiology. The health of Latin Americans exposed to polluted rivers: a triple-blind observational study. *Inter J Epidemiol* 1990; 19: 1091-1099.
  32. Bruhn CG, Rodríguez AA, Barrios C, et al. Determination of total mercury in scalp hair of humans by gold amalgamation cold vapour atomic absorption spectrometry. *J Analyt Atomic Spectrometry* 1994;9:535-541.

---

## ABSTRACT

### Mercury in the hair of pregnant and lactating Chilean women

Mercury-containing industrial waste has been released into the coastal waters of the Eighth Region of Chile for around two decades. This study, carried out from 1991 to 1993, sought to measure mercury concentrations in the hair of pregnant and lactating women from villages near the coast and in the interior of the region in order to examine the relationship between the concentration of mercury and seafood consumption. The survey questionnaire used in 1991 to determine seafood consumption did not ask about the frequency of consumption of fish, shellfish, and algae but only whether the women who were pregnant or breast-feeding consumed a minimum of one fish-based meal per week. The questionnaire used in 1992 and 1993 asked about the daily and weekly consumption of seafood in general (fish, shellfish, and algae).

Spectrophotometry was used to determine the total mercury concentration in samples of 100 mg of hair from 153 pregnant and lactating women in 11 fishing villages of the Eighth

Region where seafood is regularly consumed. None of the women had occupational exposure to mercury. Total mercury concentration was also determined in hair samples from a control group composed of 26 pregnant and lactating women from Pinto and El Carmen, villages in the interior of the same region where seafood was rarely eaten.

The arithmetic mean of the total mercury concentration in hair was 1.81 mg/kg of body weight for the study group (standard deviation [SD] 1.52) and 0.42 mg/kg for the control group (SD 0.15)—a statistically significant difference ( $P < 0.01$ ). Pairwise comparisons also revealed statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) between the mean for the interior group and the means for the women in the nine villages closest to the sources of the pollution, but not between the mean for the interior group and those for women in the two villages at the extreme north and south of the study zone, who lived farthest from the contaminated waters. The total mercury concentration in hair was significantly higher in women who indicated that they ate fish seven or more times per week; in those who said they ate fish, shellfish, or algae five or more times per week; and in those who had lived 20 or more years in their village. No statistically significant differences were found when the results were analyzed by age.