

DETERMINACION DE METALES PESADOS EN ESPECIES MARINAS  
COMERCIALES CAPTURADAS EN LA ZONA DE PUNTA ENDATA.

El estudio de la contaminación por metales pesados, ha adquirido un interés especial, después de las catástrofes ocurridas en Minemata (Japón) y en la Prefectura de Toyama (Japón) como consecuencia de haberse ingerido alimentos contaminados por mercurio y cadmio, respectivamente, y que dieron lugar al fallecimiento de un número elevado de personal, según indican JAAKOLA et al. (1971).

En algunos países del mundo, como por ejemplo Suecia, se ha podido comprobar la existencia de determinadas áreas marinas y de algunos ríos, en donde las especies capturadas presentan concentraciones de mercurio muy elevadas. Por su parte WOBESER et al. (1970) hallan valores superiores a los 10 p.p.m. en especies procedentes del río Saskatchewan en el Canadá.

Esta concentración de mercurio en los tejidos musculares de peces procedentes de zonas contaminadas, se incrementa con el peso y la edad del animal, según indican ACKEFORDS et al. (1970), quienes han hecho determinaciones en ejemplares de rabil y pescadilla, habiendo encontrado concentraciones crecientes en los ejemplares de mayor talla.

HAMMOND (1971), indica en su trabajo, que los grandes animales marinos, tales como el pez espada y el atún, contienen, en determinadas ocasiones, altas concentraciones de mercurio, lo que viene a confirmar los datos aportados por ACKERFORDS y colaboradores.

La aplicación más importante del mercurio corresponde, todavía, a la industria del cloro-álcali. Los métodos recientemente implantados de tratamiento de las aguas residuales han reducido, considerablemente, la descarga de mercurio de tal procedencia. Tiene, sin embargo, una gran variedad de empleos, tales como, los productos químicos para la agricultura, productos farmacéuticos, interruptores e instrumentos eléctricos, lámparas de vapor de mercurio, ex

tracción de oro y plata, pinturas anti-incrustantes de gran calidad, industria de colorantes, etc.

El mercurio se utiliza como catalizador en la producción entre otros, de acetaldehído y cloruro de vinilo, y ha sido precisamente esta última aplicación, la que en Minemata causó la muerte de numerosas personas, y lesiones persistentes a otro gran número de ellas.

Además de estas procedencias del mercurio, que aportan probablemente al océano cada año entre 4 y 5 mil toneladas, también llega algo a la atmósfera por la combustión del carbón y del petróleo, el cual es transportado al mar por la lluvia. La entrada total procedente de la atmósfera se ha calculado en 3200 toneladas al año, mientras que las descargas de los ríos, como consecuencia de la meteorización de las rocas, se ha estimado en 3500 toneladas, aproximadamente.

El contenido de mercurio en las aguas de mar abierto es del orden de 0,01 a 0,1  $\mu\text{grs/l}$ , mientras que en aguas ecuatoriales estos valores son inferiores debido a la absorción efectuada por el plancton.

La mayor parte del mercurio aislado de los peces se encuentra en forma de metil-mercurio, habiéndose demostrado que en el medio marino, la mayor parte de los compuestos de mercurio, excepto los alquilmercurio, se descomponen en su forma inorgánica. Entonces este mercurio inorgánico se transforma gradualmente en metilmercurio, compuesto muy tóxico, que tiene una gran tendencia a acumularse a través de la cadena alimentaria (FAO, 1971).

Los peces acumulan los compuestos de mercurio bien directamente a partir del agua de mar o indirectamente a través de la cadena alimentaria. Este mercurio contenido en el agua de mar es fijado por los peces principalmente en las branquias. Así KECKES y MIETTINEN (1972) citan la absorción, por la anguila (Anguilla japonica) del mercurio como  $(\text{NO}_3)_2\text{Hg}$  a través de las mismas y la bioacumulación del metoxietil mercurio, metilmercurio y nitrato mercúrico en las branquias del bacalao.

Por otro lado, se ha comprobado que el mercurio contenido en los sedimentos es movilizado y absorbido por los peces, según GILLESPIE y SCOTT (1971). Análogamente se ha podido demostrar que el mercurio inorgánico contenido en el fango marino sufre una metilación microbiana lenta en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, transformándose en metilmercurio según K. RISSANEN et alt. (1972).

Es decir, de lo expuesto anteriormente, parece deducirse que aquellos organismos cuya vida se desarrolla en fondos fangosos contaminados por mercurio son los más expuestos a su acumulación. Así, en la anguila, que desarrolla parte de su vida en este tipo de habitat, si procede de zonas contaminadas se le han llegado a detectar concentraciones de este metal muy elevadas que las hace impropias para la alimentación humana. ZITKO et alt. (1971) encuentran valores de metilmercurio del orden de los 0,07 a 2,08 p.p.m. en ciertas anguilas (Anguilla rostrata) de diversos lagos del Canadá. Asimismo, TURGEON, MORNEAU y JULIEN (1972), estudiando las anguilas (Anguilla rostrata) de cuatro zonas del Canadá, durante el año 1970, encuentran que el porcentaje de las mismas, contaminadas, era del 76,8 %.

Con respecto a la evaluación toxicológica del mercurio en peces, los límites máximos admitidos son los siguientes: 0,2 p.p.m. en Suecia; 0,5 p.p.m. en Estados Unidos y Canadá; 1 p.p.m. en Italia, y 0,5 p.p.m. en España (Boletín Oficial del Estado nº 90 del 14-4-1973.).

### Cadmio

El cadmio es considerado, después del mercurio, como el metal más tóxico para gran número de animales marinos, siendo acumulado por diversos organismos en cantidades tales que pueden constituir un serio peligro para la alimentación humana.

Este metal ingerido en los alimentos por le hombre se acumula principalmente en el riñón, dando lugar a lesiones renales cuando su concentración en la corteza renal es superior a los 200 mgr/kg de peso húmedo. Como consecuencia de la hipercalciuria que se produce con estas lesiones renales se puede llegar a ocasionar un des

equilibrio del calcio dando lugar a una osteomalacia.

La entrada principal de este metal en el mar se produce con las aguas de descarga procedentes de la industria de galvanoplastia. Aunque no hay estimaciones globales de la cantidad de cadmio que llega al mar por los ríos, se calcula que la cantidad que descarga el Rhin en el mar del Norte, es de 50-100 toneladas al año.

La concentración de cadmio en el agua de mar es generalmente baja (de 0,02 a 1,00 p.p.b.), pero en determinadas áreas pueden aumentar considerablemente debido a las actividades industriales.

Generalmente, las cantidades más elevadas de cadmio son almacenadas por los moluscos y crustáceos, mientras que en los peces no se llegan a sobrepasar los 10 p.p.m. y casi siempre por debajo de los 0,2 p.p.m. Así TOPPING (1973 y 1973a), estudiando las concentraciones de cadmio en algunas especies comerciales de peces y moluscos procedentes de las aguas escocesas, encuentra para el bacalao, eglefino y platija, valores inferiores a los 0,03 p.p.m. y para el arenque cantidades que oscilan entre los 0,03 y 0,12 p.p.m. sobre producto húmedo, mientras que para los moluscos bivalvos de las mismas aguas (mejillones y vieiras) los datos que presenta oscilan entre los 0,08 y 23 p.p.m. sobre peso húmedo.

Determinados organismos marinos, aunque no son explotados industrialmente, pueden ser utilizados como indicadores de la contaminación, debido a la facultad que tienen para concentrar determinados metales (PRESTON et al., 1972). Entre los más utilizados se encuentra la lapa (Patella sp.) que acumula grandes cantidades de cadmio. NICKLES et al. (1972), llegan a encontrar, en lapas procedentes del canal de Bristol, concentraciones de 9 a 500 p.p.m. de cadmio sobre peso seco, alcanzando valores mucho más bajos otras especies como Littorina littorea y Mytilus edulis.

Análogamente se ha observado como las ostras son capaces de almacenar grandes cantidades de cadmio cuando el medio en que viven se encuentra contaminado por este metal. En un trabajo publicado por BROOKS y RUMSBY (1967) se expone que las ostras de Nueva Zelanda, Ostrea sinuata, acumulaban cantidades apreciables de cad-

mio, mientras que THROWER y EUSTACE (1973) encuentran en las osstras C. gigas y O. angasi de las costas de Tasmania concentraciones del metal comprendidas entre 2 y 19,8 p.p.m. sobre peso húmedo.

### Cobre

Muchos de los elementos que se encuentran en el agua de mar como trazas son esenciales para la vida de muchos organismos marinos y se encuentran presentes en la composición química de la casi totalidad de los animales y plantas marinas. Según ORREN (1967), el cobre, hierro y manganeso son esenciales para el proceso de la fotosíntesis en el fitoplancton, no teniendo lugar la misma, ni en las condiciones más óptimas en ausencia de hierro. Asimismo, el fitoplancton utiliza alguno de estos elementos, tal como el cobre, hierro y manganeso, encontrándose en el mismo en concentraciones superiores a las que se encuentran en el agua de mar. El contenido en cobre del agua de mar varía notablemente de unos lugares a otros. ATKINS (1953) encuentra fluctuaciones de 1,5 a 25  $\mu\text{g}/\text{l}$  durante un ciclo anual, en una estación situada cerca de Plymouth, apreciando también una variación estacional bien definida con valores máximos en invierno y mínimos en otoño.

MEYER (1938) da valores de 6 a 15,5  $\mu\text{g}/\text{l}$  para el Báltico; de 9 a 26  $\mu\text{g}/\text{l}$  para el puerto de Kiel; de 10  $\mu\text{g}/\text{l}$  para el mar del Norte; de 8 a 11  $\mu\text{g}/\text{l}$  para el golfo de Gascuña y de 12  $\mu\text{g}/\text{l}$  en la corriente Canaria.

En la costa Atlántica americana GALTSOFF (1943) encuentra en las aguas superficiales de Woods Hole valores de 8 a 20  $\mu\text{g}/\text{l}$ ; en Long Island Sound de 0 a 95  $\mu\text{g}/\text{l}$  y en las Bahamas de 1 a 8  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

RILEY (1937) estudia la distribución del cobre en la desembocadura del río Missisipi, encontrando valores que oscilan entre 1 y 25  $\mu\text{g}/\text{l}$  y que a medida que aumenta la salinidad disminuye la concentración de cobre.

CHOW y THOMSON (1954) estudian las variaciones de la concentración de cobre en las aguas superficiales del canal de San Juan, cercano a los Laboratorios de la Universidad de Washington. Estos investigadores encuentran oscilaciones de 1 a 2  $\mu\text{g}/\text{l}$  a lo largo de

tres años, con máximos en los meses de julio-agosto y mínimos en noviembre-enero. Estos mismos autores en el East Sound de la isla de Orcas encuentran gran cantidad de cobre en las aguas situadas encima de los sedimentos y en los mismos. Estos valores son del orden de 1,7 a 2,9  $\mu\text{g}/\text{l}$  en las aguas superficiales; de 10,8 a 21,6  $\mu\text{g}/\text{l}$  para las situadas inmediatamente encima de los sedimentos y en los mismos cantidades de 24,2 a 37,5 mg de Cu por kg.

ORREN (1967) encuentra a distintas profundidades en 31 estaciones de las costas de Africa del Sur valores comprendidos entre los 4 y 16  $\mu\text{g}/\text{l}$  de dicho metal. Los elementos que se encuentran al estado de trazas en el agua de mar son suministrados a ésta principalmente por medio de los ríos y desagües procedentes de las minas bien en forma particulada, bien en forma coloidal o soluble, y de un gran número de procesos industriales, como por ejemplo, la producción de fibras artificiales y la de productos químicos para la agricultura, la fabricación de papel para decorar, pinturas antiincrustantes, cables eléctricos, fontanería, chapeado, etc. y a su vez son eliminados del mar en las zonas cercanas a la costa por hidrólisis, zonas sulfhídricas y actividad orgánica por precipitación, sedimentación y fijación orgánica.

El cobre, aunque en pequeñas cantidades, se encuentra presente en la composición de todos los organismos marinos. RANSON (1951) indica que las ostras que contienen cantidades superiores a los 15-20 mgrs de Cu por 100 grs de peso húmedo se pueden considerar impropias para la alimentación humana. La acumulación de cobre produce en los ostiones una coloración verde, principalmente en el manto y en las branquias, confiriéndoles un sabor característico.

La rápida acumulación de cobre por las ostras fue puesta de manifiesto experimentalmente en los laboratorios de Woods Hole (GALT-SOFF, 1964), ya que después de mantener ostras (Crassostrea virginica) durante 26 días en tanques conteniendo una concentración elevada de cobre, observó cantidades 10 veces superiores de este metal en los ostiones mantenidos en estos tanques.

Existen algunas tablas que presentan numerosos análisis sobre

los componentes metálicos de peces marinos y de agua dulce (CAUSE-RET, 1962).

El contenido de cobre y zinc de los tejidos de los peces oscila entre 0,001-3,7 para el cobre y de 0,23-2,1 mg/100 gr de zinc (LOVE et alt., 1959).

La concentración de algunos de estos metales en los ovarios de los peces es muy superior a la de la carne indicando KUHNAV (1962) que los ovarios del bacalao contienen cantidades de microelementos cien veces superiores a su contenido en la carne. Un hecho parecido encuentran MEDINA BLANCO et alt. (1956) en los ovarios de la merluza. Por esta circunstancia los valores que daremos en el presente trabajo se refieren única y exclusivamente al músculo de los peces estudiados.

### Zinc

Los principales usos del zinc son el galvanizado o el revestimiento en otra forma de planchas de hierro y acero. El zinc se utiliza también en las cajas de las baterías de acumuladores, en la manufactura de aleaciones, fabricación de pinturas, en galvanoplasta como sustitutivo del cadmio, en los fusibles y ánodos eléctricos, etc.

La concentración de zinc en las aguas de mar abierto, es, según los informes que poseemos, de 3 µg/l.

El zinc es un elemento esencial para el hombre, siendo un compoponente de varios enzimas celulares. Sin embargo, su ingestión, en cantidades apreciables, puede originar trastornos gastrointestinales.

Por todo cuanto acabamos de exponer, se ha considerado interesante investigar y determinar las concentraciones de estos metales pesados en diversas especies comerciales de peces capturados en las proximidades de Punta Endata.

### Material y métodos

Las muestras de Trigla lucerna, Mullus surmuletus, Boops boops,

Merluccius merluccius, Scylliorhinus canicula, Trachurus trachurus, Coris julis, Serranus cabrilla, Labrus sp. y Trisopterus luscus, fueron capturados en las proximidades de Punta Endata.

Los análisis han sido efectuados tomando músculo de la región dorsal de cada ejemplar.

Para la realización de los análisis de mercurio se tomaron las muestras directamente del producto homogenizado y se hizo una digestión con sulfúrico. Las concentraciones se determinaron utilizando la llamada técnica por vapor frío, que consiste en arrastrar mediante una corriente de aire el mercurio en estado elemental que se produce al añadir cloruro de estaño. De esta forma se hace llegar hasta una cubeta con ventanas de cuarzo que está situada en el camino óptico del rayo luminoso.

Los demás elementos han sido analizados sobre muestra seca digerida con ácido nítrico en un reactor Phaxe 2000.

Las medidas han sido realizadas con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 503. Se utilizó la llama en el caso del Zn y un horno de grafito HGA-74 para el Cu y el Cd.

### Resultados analíticos

Los resultados de los análisis realizados quedan expuestos en los cuadros 51 y 52.

Por los mismos puede observarse como los valores de mercurio caen por debajo de los 0,5 p.p.m. permitidos por la legislación española, salvo en el caso de Scylliorhinus canicula cuyos valores promedios son del orden de los 0,69 p.p.m.

Las concentraciones más bajas de este metal las hallamos en Boops boops 0,05 p.p.m., Merluccius merluccius 0,04 p.p.m. y Mullus surmuletus 0,09 p.p.m., mientras que las más elevadas las encontramos en Trachurus trachurus 0,29 p.p.m., Serranus cabrilla 0,25 p.p.m., Trisopterus luscus 0,31 p.p.m. y Scylliorhinus canicula 0,69 p.p.m.

Por lo que hace referencia a la bibliografía consultada sobre



CUADRO 51

## Lotes analizados

## LOTE nº 1

<u>Especies</u>	<u>Nº ejemplares</u>	<u>Tallas</u>	<u>% Humedad</u>
<u>Trigla lucerna</u>	10 unidades	22-27 cm	79,59
<u>Mullus surmuletus</u>	8 unidades	18-20 cm	79,80
<u>Boops boops</u>	7 unidades	21-27 cm	79,93
<u>Merluccius merluccius</u>	10 unidades	21-27 cm	82,90

## LOTE nº 2

<u>Merluccius merluccius</u>	10 unidades	28-36 cm	81,5
<u>Scylliorhinus canicula</u>	6 unidades	43-54 cm	80,2
<u>Trachurus trachurus</u>	6 unidades	33-38 cm	78,2
<u>Coris julis</u>	12 unidades	12-21 cm	81,3

## LOTE nº 3

<u>Mullus surmuletus</u>	10 unidades	18-20 cm	79,37
<u>Serranus cabrilla</u>	6 unidades	12-15 cm	79,17
<u>Trachurus trachurus</u>	10 unidades	26-29 cm	75,49
<u>Labrus sp.</u>	10 unidades	16-18 cm	79,34

## LOTE nº 4

<u>Mullus surmuletus</u>	10 unidades	19-23 cm	78,91
<u>Merluccius merluccius</u>	10 unidades	28-35 cm	81,99
<u>Boops boops</u>	10 unidades	20-26 cm	75,71
<u>Trisopterus luscus</u>	10 unidades	17-21 cm	81,06

CUADRO 52

Resultados analíticos expresados en p.p.m. (sobre peso húmedo)

LOTE nº 1

<u>Especies</u>	Hg	Cd	Cu	Zn
<u>Trigla lucerna</u>	0,20	0,21	0,82	9,49
<u>Mullus surmuletus</u>	0,15	0,14	0,52	6,26
<u>Boops boops</u>	0,05	0,03	0,25	3,51
<u>Merluccius merluccius</u>	0,07	0,23	0,74	8,12

LOTE nº 2

<u>Merluccius merluccius</u>	0,04	0,05	0,72	8,55
<u>Scylliorhinus canicula</u>	0,69	0,13	0,47	9,80
<u>Trachurus trachurus</u>	0,29	0,10	1,36	12,53
<u>Coris julis</u>	0,13	0,06	0,98	9,04

LOTE nº 3

<u>Mullus surmuletus</u>	0,13	0,06	0,25	9,28
<u>Serranus cabrilla</u>	0,25	0,08	0,78	6,25
<u>Trachurus trachurus</u>	0,17	0,14	0,63	7,35
<u>Labrus sp.</u>	0,12	0,08	1,92	6,40

LOTE nº 4

<u>Mullus surmuletus</u>	0,09	0,03	0,32	6,33
<u>Merluccius merluccius</u>	0,10	0,06	0,27	5,07
<u>Boops boops</u>	0,11	0,05	0,18	8,26
<u>Trisopterus luscus</u>	0,31	0,07	0,23	4,73

la determinación de mercurio en peces, crustáceos y moluscos del litoral español (ESTABLIER, 1972 y 1973) sólo encuentra valores superiores a los permitidos por la ley en algunos ejemplares de pez espada (Xiphias gladius), con valores que oscilan entre 0,99 y 2,01 p.p.m., en el atún (Thunnus thynnus), 0,46 a 0,91 p.p.m. y en la melva (Auxis thazard), capturados en el sudoeste español y algunos ejemplares de melva en el Noroeste de Africa.

Este mismo investigador estudia el mejillón de las rías de Vigo, Pontevedra, Arosa, Muros y Noya, no encontrando ejemplares contaminados en los numerosos análisis realizados.

Por los datos expuestos queda patente que la contaminación por mercurio en las áreas estudiadas y muy particularmente en la que hemos realizado nuestros estudios es prácticamente nula y sólo se da en nuestro caso una ligera contaminación en Scylliorhinus canicula, peces, por otro lado de escaso valor comercial.

#### Cadmio

Tal como indicamos en la introducción los valores de cadmio en el músculo de los peces suele ser inferior a las 10 p.p.m. (F. A.O., 1974) y casi siempre por debajo de los 0,2 p.p.m. En los análisis efectuados, todos los datos obtenidos son inferiores a los 10 p.p.m. y en la inmensa mayoría están por debajo de los 0,2 p.p.m. Sólo en Trigla lucerna 0,21 p.p.m. en un lote de Merluccius merluccius 0,23 p.p.m. se ha superado la mencionada cantidad, pero siempre dentro de unos límites perfectamente admitidos y tolerados.

La bibliografía consultada nos muestra un trabajo de ESTABLIER (1975) que estudia el contenido en cadmio en 13 especies de peces encontrando en todos los ensayos valores por debajo de los 0,2 p.p.m.

De lo dicho anteriormente se deduce que las concentraciones de cadmio encontradas en los organismos estudiados no indican la existencia de contaminación en las costas cantábricas estudiadas.

#### Cobre

El contenido de cobre en el músculo de los peces oscila, según

LOVE et alt. (1959) entre 0,01 y 37 p.p.m. Todos los resultados obtenidos caen muy por debajo del límite superior indicado. Los valores máximos se dan en Trachurus trachurus 1,36 p.p.m. y en Labrus sp. 1,92 p.p.m., mientras que los valores más bajos los hallamos en Boops boops 0,18 p.p.m. y en Trisopterus luscus 0,23 p.p.m.

Los estudios realizados permiten indicar no existe contaminación por este metal en las inmediaciones de Punta Endata.

### Zinc

Los valores más corrientes para el Zn en el músculo de los peces oscila entre 2,3 y 21 p.p.m. Los análisis efectuados en todos los ejemplares estudiados caen dentro de los límites mencionados, encontrándose la concentración más elevada en Trachurus trachurus 12,53 p.p.m. y la más baja para Boops boops 3,51 p.p.m.

Los resultados analíticos hallados permiten confirmar que en las especies estudiadas no existe contaminación por Hg, Cu, Cd y Zn, salvo en el caso de Scylliorhinus canicula en el que se encuentran valores superiores a los permitidos por la ley.

### Bibliografía

- ACKEFORDS, H., G. LOFRONTH y G.G. ROSEN - 1970. A survey of the mercury pollution problem in Sweden with special reference to fish. Oceanogr.Mar.Biol. Ann.Rev., 8: 203-224.
- ATKINS, W.R.G. - 1953. The seasonal variation in the copper content of sea water. J.Mar.Biol.Ass.U.K., 31: 493-494.
- BROOKS, R.R. y M.G. RUMSBY - 1967. Studies on the uptake of cadmium by the oyster Ostrea sinuata (Lamarck). Aust.J.Mar.Freshwat. Res., 15: 53-61.
- CAUSERET, J. - 1962. Fish as source of mineral nutrition. Fish as Food, vol. II, p.p. 205. Academic Press. New York.
- CHOW, T.J. y T.G. THOMPSON - 1954. Seasonal variation in the concentration of copper in the surface waters of San Juan Chanel, Washington. J.Mar.Res.Sears.Fundation, 13: 233-244.
- ESTABLIER, R. - 1969. Estudios del contenido en cobre del agua de mar y ostiones (Crassotrea angulata) de las costas de Cádiz. Inv.Pesq. 33(1): 69-86.

- ESTABLIER, R. - 1969. Contenido en cobre, hierro, manganeso y zinc de los ostiones (Crassostrea angulata) de las costas de Cádiz. Inv. Pesq. 33(1): 335-343.
- 1972. Concentración de mercurio en los tejidos de algunos peces, moluscos y crustáceos del Golfo de Cádiz y caladeros del noroeste africano. Inv. Pesq. 36(2): 355-364.
- 1973. Contenido en mercurio de los mejillones (Mytilus edulis) silvestres y cultivados de la zona noroeste española. Inv. Pesq. 37(1): 101-106.
- 1973. Nueva aportación sobre el contenido en mercurio de peces, moluscos y crustáceos del Golfo de Cádiz y caladeros de la costa oeste africana. Inv. Pesq. 37(1): 107-114.
- 1975. Contenido en mercurio de las anguilas (Anguilla anguilla) de la desembocadura del río Guadalquivir y esteros de las salinas de la zona de Cádiz. Inv. Pesq. 39(1): 249-255.
- 1975. Concentración de cadmio en organismos marinos de la costa suratlántica española. Inf. Téc. Inst. Inv. Pesq. nº 26: 1-8.
- GALTSOFF, P.S. - 1943. Copper content of the sea water. Ecology, 24: 263-265.
- 1964. The American Oysters. U.S. Fish and Wildlife Service, Fishery Bulletin, vol. 64.
- GILLESPIE, D.C. y D.P. SCOTT - 1971. Mobilization of mercuric sulfide from sediment into fish under aerobic conditions. J. Fish. Res. Bd. Canada, 28: 1807-1809.
- HAMMOND, A.L. - 1971. Mercury in the environment. Natural and human factor. Science, 171: 788-789.
- JAAKOLA, T., H. TAKAHASHI y K. MIETTINEN - 1971. Cadmium content in sea water. Bottom sediment, fish, lichen and elk in Finland. Who Meeting of investigators on trace elements in relation to cardiovascular disease Geneva 8-13.
- KECKES, S. y J.K. MIETTINEN - 1972. Mercury as a marine pollutant. Marine Pollution and Sea Life, F.A.O. 276-289.
- KUHNAU, J. - 1962. Importance of minor elements in food, especially in fish. Fish in Nutrition, F.A.O. 298.
- LOVE, E.M. - 1954. The chemical composition of fish tissues. Department of Scientific and Industrial Research. Food Investigation. Special Report nº 69.

- MEDINA BLANCO, M. - 1956. Determinación espectrofotométrica de hierro, manganeso, cobre, molibdeno, cobalto y fósforo total en la hueva de merluza (Merluccius merluccius). Anales de Bromatología, VIII: 315.
- MEYER, H. - 1938. Die photometrische bestimmung des Kupfers un seawasser. Ann. Hydrog. marit. meteorol., 66: 325-330.
- NICKLESS, G., R. STENNER y N. TERRILLE - 1972. Distribution of cadmium, lead and zinc in the Bristol Channel. Mar. poll. Bull., 3(12): 188-190.
- ORREN, M.J. - 1967. Trace elements (Cu, Fe and Mn) off the coast of South Africa. Invest. Rep. Sea Fish. S. Afr., nº 59.
- PRESTON, A. - 1972. British Isles coastal waters: the concentration of selected heavy metals in sea water, suspended matter and biological indicators. A pilot survey. Environ. Poll., 3: 69-82
- RANSON, G. - 1951. Les Huîtres. Paul Lechevalier. Paris.
- RYLEY, G.A. - 1937. The significance of the Missisipi river drainage for biological conditions in the northern Gulf of Mexico. J. Mar. Res. Sears Foundation, 1: 60-74.
- RISSANEN, K., J. ERKAMA y K. MIETTINEN - 1972. Experiment on microbiological methylation of mercury (2+) ion by mud and sluge under aerobic and anaerobic conditions. Marine Pollution and Sea Life, F.A.O. 289-291.
- TOPPING, G. - 1973. Heavy metals in fish from Scotchish water. Aquaculture, 1: 373-377.
- 1973a. Heavy metals in shellfish from Scotchish water. Aquaculture, 1: 379-384.
- THROWER, S.J. y I.J. EUSTACE - 1973. Heavy metals in Tasmanian oysters in 1972. Austral.Fisher., 7-10.
- TURGEON, C., R. MORNEAU, y C. JULIEN - 1972. Mercure dans le poisson. Minist. de l'Industr. et du Comm. Direct. de la Recherche (Quebec). Rapp. Ann. 1970, 162-169.
- WOBESER, G., N. NIELSEN, R.H. DUPLOP y F.M. ATTON - 1970. Mercury concentration in tissues of fish from the Saskatchevan river. J. Fish Res. Bd. Canada, 27(4): 830-834.
- ZITKO -1971. Methylmercury in freshwater and marine fishes in New Brunswick in the Bay of Fundy, and on the Nova Scotia Banks. J. Fish Res. Bd. Canada, 28: 1285-1291.