

870127  
10  
Rey

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



"CONTROL DE MERCURIO COMO  
CONTAMINANTE DEL ATUN"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA

ROSA MARIA GONZALEZ BACA  
ASESOR: BEATRIZ GARCIA VAZQUEZ

GUADALAJARA, JAL., 1989

FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

PAGINA:

## CAPITULO UNO

INTRODUCCION .....	1
OBJETIVOS .....	4

## CAPITULO DOS:

### GENERALIDADES

2.1 ATUN .....	5
2.2 CONTAMINACION .....	15
2.3 MERCURIO .....	23
2.4 CONTROL DE CALIDAD Y VARIABLES .....	36

## CAPITULO TRES:

### TRABAJO EXPERIMENTAL

3.1 MATERIAL Y METODO .....	39
3.2 DIAGRAMA DEL METODO .....	41
3.3 LAVADO DE MATRAZ ERLLENMEYER Y ELABORACION DE SOLUCION PATRON .....	44

## CAPITULO CUATRO:

## RESULTADOS

4.1 DATOS EN MICROGRAMOS .....	46
4.2 DATOS EN PARTES POR MILLON .....	47
4.3 TABLA DE CLASIFICACION DE Hg EN ATUN .....	48
4.4 GRAFICAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS .....	49

## CAPITULO CINCO:

ESTUDIO DE RESULTADOS .....	50
-----------------------------	----

## CAPITULO SEIS:

## SEGUNDO ESTUDIO DE RESULTADOS

6.1 DATOS Y MEDIAS DE MUESTREOS .....	52
6.2 GRAFICA DE DISTRIBUCION DE MEDIAS .....	53
6.3 DISCUSION DE SEGUNDO ESTUDIO .....	54

## CAPITULO SIETE:

CONCLUSIONES .....	55
--------------------	----

## CAPITULO OCHO:

BIBLIOGRAFIA .....	57
--------------------	----

**\*CONTROL DE MERCURIO COMO CONTAMINANTE DEL ATUN\*****INTRODUCCION:**

El mercurio pertenece a la categoría de elementos traza debido a que su abundancia en la corteza terrestre es menor de 0.1% (Wittman, 1981). No se tiene evidencia de que participen en alguna función metabólica normal (Craig, 1980), --- siendo además reconocido como el metal más tóxico que existe, por lo que se considera elemento no esencial y perjudicial -- para la vida.

Hasta hace poco tiempo la actividad humana no contribuyó mucho a modificar el ambiente marino, pero con el rápido adelanto tecnológico de los últimos decenios se hizo una realidad la evacuación directa e indirecta en los mares y océanos. La importancia del mercurio se puso de manifiesto a partir de la tragedia de Minamata, Japón, donde más de 100 personas murieron entre los años 1953 y 1960, debido a la ingestión de - peces y mariscos contaminados con metil mercurio, derivados - de una industria de cloruro polivinílico. En los países es--- candinavos tuvieron que aplicarse disposiciones estrictas pa- ra evitar tragedias similares.

Se ha calculado que en la actualidad la mitad del mercurio que anualmente llega a los mares y océanos (5,000 Toneladas) es el resultado de la falta de control en que la agri---

cultura y en la industria se da salida a los compuestos de mercurio, por lo que muchos investigadores han concluido que el alimento es la vía principal de asimilación de metales.

La concentración de mercurio en el agua de mar es muy baja, 0.03 - 0.27.ppm. debido a su alta reactividad química y toxicidad biológica, su aumento ejerce en los organismos un fuerte efecto deletereo. (Ruvio M., 1976)

La transformación biológica en formas de mercurio relativamente menos tóxicas en otra de mas alta toxicidad y su bioacumulación, directamente a partir de las aguas de mar o a través de cadenas alimentarias hace que el mercurio vuelva al hombre en una forma concentrada, lo que aparte de ejercer efectos tóxicos directos, puede tener también una consecuencia de tipo genético.

El mercurio a pesar de que ha sido estudiado en cuanto a su toxicidad, existe poca información sobre la distribución en las aguas de mar.

Esta carencia se le puede atribuir principalmente a las dificultades que conlleva en recopilar grandes volúmenes de muestras de aire libre de contaminación, lo que es un factor de error en el análisis preciso sobre estos metales a las muy bajas concentraciones en que normalmente se encuentran y estas dificultades pueden ser reducidas incrementando el volu-

la muestra.

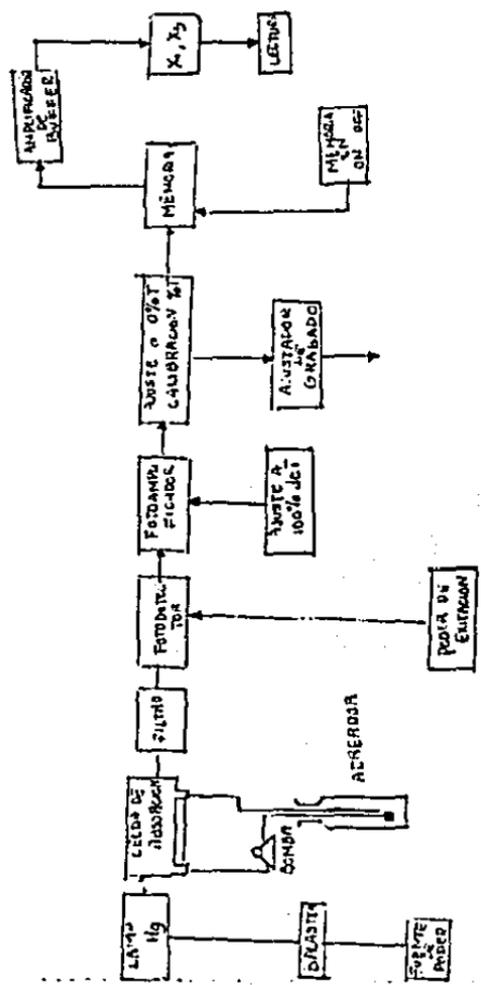
Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente y teniendo en consideración la importancia que el atún tiene en cuanto a que es un producto altamente protéico y de gran consumo humano, hace necesario un estudio de investigación para determinar el mercurio presente en el atún de producción y consumo nacional.

Lo anterior fue realizado mediante un muestreo al azar y utilizando el metodo de determinación de mercurio en atún ya establecido por la F.D.A.; y siendo detectadas mediante un analizador de mercurio, (modelo PERKIN-ELMER MAS 50A el cual se fundamento en lo siguiente:

La muestra que se encuentra en la botella de DHO en condiciones especiales de aerección, es pasada a la celda de absorción mediante bombeo, la cual recibe la radiación y es pasada posteriormente a un filtro, esta a su vez pasa a un fotodetector el que detecta la radiacion cuantificándola, luego a un fotoamplificador que amplifica dicha radiación, se puede ajustar con el 100% de T para cuantificar la radiación total que se deja pasar y con el 0% de Tramitancia la radiación total que se absorbe y con esto internamente el aparato resta la radiación total absorbida menos la radiación que absorbe la solución en la que se encuentra la muestra, y el resultado

será la radiación que absorbe la muestra que es proporcional a la cantidad de muestra utilizado. Esta será registrada en el medidor de absorvancia y el resultado puede ser retenido por la memoria del aparato..

Lo anterior se puede apreciar mejor en el diagrama No. 1.



**OBJETIVOS:**

- 1) Obtener un conjunto de datos representativos que provengan de varios muestreos de Atún, para poder hacer un análisis confiable de contenido de mercurio presente en este.
  
- 2) Hacer una comparación de los datos obtenidos con los de la tabla de parámetros de aceptabilidad o rechazo de mercurio presente en atún, para obtener resultados que dictaminen el grado de contaminación en el que se encuentran el producto que se consume en nuestro país, y tomar las medidas pertinentes.

## CAPITULO DOS:

## GENERALIDADES:

## GENERALIDADES DEL ATUN :

El atún es el término genérico aplicado a un grupo de 2 o mas familias de peces, que en el sistema zoológico son clasificados bajo el orden de la familia Scombridae.

Existen grandes variaciones en la composición aproximada no solo de una especie a otra, sino también de un pez a otro de la misma especie. Además, también existen grandes variaciones en la composición de las diversas partes del pescado.

El contenido de proteína del pescado, aunque con valor medio de 17% puede variar de 6 a 28%; el de aceite puede variar de 0.2 a 64%; el de ceniza de 0.4 a 1.5%; y el de agua de 28 a 90%. (Henn E., Krevzer R., 1962)

La pesquería del atún es una de las mas antiguas. Desde que el hombre aprendió a pescar con algo más que una simple fisga o anzuelo de pedernal, el atún fue una de las presas mas codiciadas. Ya los persas, los griegos de la época pre-clásica, los pueblos de las costas del norte de Africa, los antiguos españoles y en general todos los habitantes de las costas Mediterráneas, buscaban las distintas especies de atún con muy variadas artes de pesca. La almadraba, de antiquísi-

mo origen árabe y adaptada posteriormente por los mediterráneos, es quizá el arte de pesca de captura masiva más antiguo y eficaz, y se utilizó particularmente para pescar atunes durante sus movimientos migratorios cercanos a la costa, por eso mismo, el atún es hoy en día una de las especies más estudiadas y perseguidas por los hombres de ciencia con la misma tenacidad con que la persiguen los pescadores a bordo de los grandes cerqueros.

Aunque persisten algunos misterios sobre Biología y su vida en alta mar, lo que se ha aprendido en los últimos treinta años sobre la amplia familia de los túnidos, permite no solamente conocer sus características biológicas, sino también prevenir el destino de las pesquerías, regular las capturas y diagnosticar los máximos rendimientos permisibles sin dañar las poblaciones de túnidos.

#### DIFERENTES ESPECIES EN DIFERENTES LATITUDES:

Los túnidos pueden dividirse en dos grandes grupos principales: los de agua templada y los de aguas tórridas.

Los primeros habitan las latitudes mas al norte y mas al sur de la Tierra y entre ellos destacan especies como el Atún Aleta Azul y el Albacora, ambos de costumbres migratorias muy acentuadas.

Por lo que respecta a las especies de región cálida

pueden mencionarse el Atún de Aleta Amarilla, el Barrilete y el Ujón, mismos que no suelen trasladarse largas distancias y que generalmente tienden a permanecer en una misma zona durante toda su vida.

La diferencia en la carne de atún se debe básicamente al tipo de especie del que proviene, ya que son cinco especies. Por un lado el Albacora brinda carne blanca y de sabor delicado que tiene una gran demanda entre el público de los países desarrollados. Por otra parte, el atún más rojo y de sabor más concentrado provienen de especies como el Aleta Amarilla, el Aleta Azul, el Barrilete y el Ujón.

La mayor parte de las naciones atuneras pescan e industrializan el atun con fines de exportación. De hecho, un noventa por ciento de las capturas de túnidos se consumen en países como: los Estados Unidos, Japón, Francia, España, Italia y Alemania Occidental.

Las diversas especies de atunos presentan una gran variedad de tamaños y pesos, que van desde los tres kilogramos de Atún Bala hasta los 680 kilos que llegan a alcanzar un ejemplar adulto de Atún Aleta Azul.

En cuanto a la edad de los individuos, ésta puede calcularse contando los anillos que desarrollan en los huesos internos de los oídos, llamados Utolitos y que tienen caracte-

rísticas semejantes a las de los anillos de los troncos de ciertos árboles. Este descubrimiento es muy reciente y aun no se encuentra completamente comprobado, pero se puede conjeturar que algunas especies llegan a vivir hasta 15 o 20 años.

#### PECES DE SANGRE CALIENTE:

A diferencia de la mayor parte de los peces, los túnidos son termoconservadores, es decir, de sangre caliente, lo que les permite mantener alta la temperatura de su cuerpo y obtener múltiples ventajas de ello. Así, por ejemplo, muchos hombres de ciencia consideran que esta sangre caliente ayuda a que el atún cuente con un mejor funcionamiento del cerebro y de la vista que otras especies de sangre fría. Esto es particularmente importante, debido a que los túnidos localizan su alimento en primera instancia por medio del sentido visual, si bien se auxilian con el olfato. Asimismo, la temperatura elevada del cuerpo les permite transformar con mayor rapidez los alimentos en energía, un aspecto clave en su existencia cotidiana, pues la requieren para llevar a cabo con eficiencia sus constantes desplazamientos, sus variadas respiratorias y sus rapidísimas incursiones por el agua, ya sea persiguiendo a una presa o escapando de un depredador.

Los túnidos están diseñados para la velocidad. Se desta-

can entre ellos los más rápidos nadadores de los océanos, si bien para ellos es una necesidad ineludible, ya que de no estar en constante movilización corren el peligro de hundirse. Esta posibilidad de descender hacia el fondo se explica por que el Atún es un pez muy pesado en relación a su tamaño, debido a que posee un sistema muscular muy compacto y sólido. Aparte de ello, su vejiga natatoria es muy pequeña y no le ayuda suficientemente a mantenerse a flote. Por tanto, el movimiento constante le sirve para compensar sus características fisiológicas, al tiempo que le permite conservar un poco constante de agua a través de sus branquias, lo que le brinda la cantidad suficiente de oxígeno para sus procesos metabólicos.

#### ALIMENTACION PANTAGRUELICA:

A fin de mantener su organismo en perfecto estado y estar en condiciones de efectuar todas las funciones mencionadas, el Atún requiere de grandes cantidades de alimento. Un ejemplar adulto Barrilete, por ejemplo, puede consumir diariamente un 25% de su peso, mientras que otras especies comen aproximadamente un 10%. Sin embargo, los túnidos más pequeños (de menos de 40 centímetros de longitud) son capaces de alimentarse con un 30% o más de su peso por día.

En cuanto a sus habilidades para procurarse el alimento,

estos peces son depredadores voraces, que consumen toda presa en movimiento que se les presente. Y aunque la mayor parte de las especies atuneras poseen dientes, lo más común es que atrapen a sus víctimas y se las traguen sin masticarlas.

Entre sus presas predilectas se hallan pequeños peces, crustáceos, moluscos y ocasionalmente plancton.

Uno de los aspectos menos conocidos de la vida de los atunidos es el que se refiere a su conducta reproductora. Se sabe que los padres no se aparean con el fin de construir pareja y que de hecho no proveen de cuidado alguno a sus huevecillos. De pronto, un macho y una hembra se aparean del banco de Atún, ella desova, él fecunda el producto, y se reintegran por separado, al compacto conjunto de congénes.

Para compensar la falta de cuidado paterno y materno, la naturaleza otorgó a los huevos de atún una gota de líquido aceitoso que les permite flotar cerca de la superficie del agua, donde pasan unos treinta días. Al nacer, las larvas se alimentan de la yema del propio huevecillo y solo cuando su sistema digestivo ha alcanzado su completo desarrollo es que pueden comenzar a buscar y cazar sus presas.

Las oportunidades de sobrevivencia para las larvas de atún son mínimas durante las primeras semanas de existencia. Luchando por comer y no ser comidas, sólo unas pocas de la gran

multitud son capaces de seguir con vida y llegar al estado adulto. Las otras, la gran mayoría, son devorados por otros -- peces, aves marinas e incluso individuos de la misma especie -- lo que constituye una muestra del canibalismo existentes entre los túnidos. De hecho, lo poco que se conoce de la vida -- del atún en su estado larvario ha sido aprendido al analizar el estómago de sus depredadores.

#### CARDUMENES DE JOVENES:

Es sabido que los ejemplares juveniles del atún crecen rápidamente, permaneciendo cerca de la superficie marina durante los primeros cuatro o cinco años de su existencia. En su mayoría, estos jóvenes ejemplares se reúnen en bancos gigantescos nadando y comiendo siempre juntos. En ocasiones, un solo barco puede reunir individuos de diferentes especies de túnidos y se cree que su gusto por estar cerca de la superficie se debe a la mayor temperatura del agua que hay ahí, mientras que los adultos suelen buscar zonas bajas y más frías. La tendencia a agruparse de los juveniles parece tener como causa principal la necesidad de protegerse mutuamente contra la acción de los depredadores.

Un individuo de esa especie suele permanecer en el banco por unos cinco años. Luego, por razones que aún no han podido ser determinadas científicamente, abandona súbitamente al grupo y

tiende a una vida mas solitaria a una mayor profundidad. La información acerca de las diversas profundidades frecuentadas por los túnidos tiene una gran importancia para los pescadores, ya que entre mayores sean aquellas de tamaño el costo de los peces aumenta.

#### TECNICAS PESQUERAS:

Comercialmente, atunes y peces espada son capturados por métodos más eficientes que la lanza y el carrete del pescador de cana. Más del 95% de los túnidos capturados por flotas industriales, se pescan por uno de estos tres métodos: cañeros, cerqueros y palangreros.

Los cañeros obtienen más del 40% de la captura mundial de las especies más apreciadas, una categoría en la que se incluyen seis especies "verdaderos": listado, rabil, patudo, atún blanco, atún común y atún del sur. Este sistema de pesca requiere cebo vivo; anchoas, sardinas o cualquier otro pescado pequeño se mantiene vivo a bordo del pesquero, en tanques por los que circula el agua de mar, para atraer a los atunes junto al casco del barco. Los peces acuden, atraídos por el cebo, y son capturados con caña y sedal, usando anzuelos lisos, sin lengüeta de arpón. Este sistema se practica en todos

los mares templados y tropicales del mundo.

El cerco, como la pesca a caña, es un método de superficie que depende de la tendencia de los atunes a formar cardúmenes. El buque rodea el banco de atunes con una red tipo -- traina, que puede medir más de un Kilómetro de largo. El barco cierra el arte y la recoge tirando de un cable o relinga que pasa por las anillas que la red lleva en el fondo. En los últimos quince años, tras el descubrimiento de nuevas redes -- sintéticas más fuertes, y la evolución de las máquinas hi-- dráulicas para izar el aparejo, la traina se ha convertido en un importante sistema de pesca, con un 30% de la captura mundial de túnidos.

Ambas formas de pesca superficial operan en donde la -- "capa mezclada" del océano, es un poco profunda, y donde el -- atún tiende a estar cerca de la superficie. Una excepción a -- estas reglas son las pesquerías japonesas de superficie, que -- combinan los barcos que pescan a caña con los cerqueros, en -- el Pacífico central y occidental. Los primeros se dedican -- preferentemente al listado, un pez de cardúmenes superficia-- les. Los cerqueros capturan tanto listados como rabiles, u-- sando redes especiales que superan las dificultades de la -- pesca en aquellas aguas donde la "capa mezclada" es profunda.

El palangre, una técnica pesquera para agua profunda, no

se limita a la zona de la 'copa mezclada' es estrecha. Este método logra otro 30% de la pesca mundial, incluyendo la mayor parte de la captura de peces espada. El barco palangrero larga un aparejo que pueda llegar a medir 130 kilómetros, y que se mantiene entre aguas por medio de boyas. Del cable principal cuelgan unos dos mil anzuelos cebados, cada uno en un ramal o brazolada independiente; según la especie perseguida, los anzuelos se calan entre los 35 y 50 metros de profundidad. Un lance de palangre puede recoger a las 20 horas y durante ese tiempo el pescador no tiene ningún control sobre el tipo de pesca. Mas de 8 especies de atunes, peces espada y a fines, así como varias especies de tiburón, pueden ser capturadas por este método.

### 2.3 MERCURIO

La toxicidad del mercurio y los compuestos de mercurio-- han producido mucho interés en la detección y determinación de este elemento. El análisis del mercurio ambiental ha sido un problema, no obstante admitirlo ha sido un problema mayor.

Los efectos por envenenamiento por mercurio en el hombre pueden ser reversibles, pero también pueden ser irreversibles y fatales. Algunas características de los síntomas de cada -- nivel se encuentran en la tabla número uno.

Las concentraciones en la cual varios efectos ocurren no están en esta tabla; debido a la amplia variación que existe en la susceptibilidad individual. La dosis diaria permitida - (ADI) de mercurio fue marcada a 0.4 micro-gr. por kilo de - peso de un cuerpo, determinado por la Comisión Sueca de Eva-- luación de la toxicidad del mercurio en el pescado. Esto in-- cluye un factor de seguridad de únicamente 10 mcgr. Un hombre de 70 Kg. (154 lb.) puede tener un ADI de 0.03 mcgr. o el puede comer únicamente 60 gr. (2.1 oz) de pescado conteniendo el límite de 0.5 ppm cada día. Algunos adultos pueden carecer de síntomas de envenenamiento a 10 e inclusive 100 veces mas este nivel, pero los niños son mucho más sensibles. Variadas -- conclusiones se ha obtenido basadas en datos de ingestión de

mercurio dependiendo de los mecanismos de ingestión.  
 (Martin, Dean F. vol 1 1972)

\*\*\*\*\*

T A B L A N O. 1

ALGUNOS EFECTOS Y SINTOMAS DE ENVENENAMIENTO POR MERCURIO

EFECTOS	SINTOMAS
Reversibles	* Fatiga, dolor de cabeza disminución de la memoria y pérdida de la capacidad de concentrarse
Irreversibles	* Pérdida en la capacidad motora, (habla, movimiento) pérdida de operaciones sensoriales. - (oído, vista)
Fatales	* Muerte, precedida de -- ceguera, deterioro mental y emocional, movi- lización involuntaria y pérdida de la conciencia.

\*\*\*\*\*

El mercurio es un veneno acumulativo y es únicamente removido de sistemas humanos. De acuerdo a un punto de vista, -  
 toma un año llevar a cabo una condición estable, después de -

una dieta rica en mercurio, y otro año pudiera requerirse para que el 99% del mercurio sea eliminado.

Datos actuales sugieren que el mercurio es ampliamente distribuido en la cadena alimentaria del mar y en niveles perjudiciales o dañinos. Por ejemplo, la concentración en atún y pez espada tomada de aguas cercanas a Malaya exceden el 0.5 ppm del límite de mercurio recomendado por la F.D.A. Asimismo, ciertos pescados de los Grandes Lagos, E.U.A., contenían 7 ppm en 1970. (Martin D.F., 1972)

#### Fuentes de Mercurio:

El mercurio de varias fuentes ha venido a ser ampliamente distribuido en el ambiente.

En general, la fuente de descarga varía dependiendo del uso del mercurio. La introducción del mercurio ocurre directamente o indirectamente, así como puede ser a su vez deliberadamente o accidentalmente.

El uso del mercurio es ampliamente difundido y la pérdida del medio ambiente parece ser inevitable. Cerca de 3000 toneladas métricas, fueron consumidas en E.U. en 1969, y una descarga excesiva directa de materiales de desperdicio han ocurrido en el pasado. Por ejemplo al mismo tiempo, en la industria de 'Chlor-Alcali' descargó en el ambiente de 0.25 a--

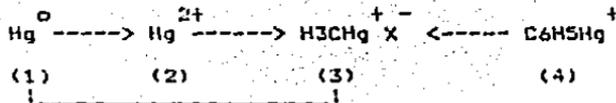
0.5 lb. de mercurio por toneladas de hidróxido de sodio producidas. Algo de la descarga debe haber alcanzado del uso difundido de mercurio como catalizador, en la manufactura de plásticos o químicos como el acetaldehído.

El mercurio es también lanzado directamente al medio ambiente como resultado del uso de mercurio ya sea elemental o sus compuestos, quemar papel que contenga mercurio es un ejemplo indirecto de esto. Compuestos de mercurio encontrados de uso considerable como es el caso de agentes farmacéuticos y de agricultura (fungicidas y agentes bacterianos), se consideran como destructores del medio ambiente.

#### Formas de mercurio:

Diversos hechos sugieren que la concentración de ciertas especies de mercurio, en vez de un contenido total de mercurio es el factor crucial en la situación del mercurio.

Diferentes formas de mercurio han sido encontradas en el medio ambiente.



mercurio elemental (1) puede oxidarse bajo condiciones de aire a mercurio inorgánico (2) o puede ser un ion de metil mercurio (3), un mercurio alcalino; una cuarta forma es el mer-

curio arflico, del cual el ion fenil mercurio (4) es un ejemplo puede ser convertido a mercurio metílico, todas las cuatro formas con su grado de toxicidad y otras propiedades.

Por ejemplo, el mercurio alcalino y especialmente el mercurio metílico son los más tóxicos, más que el fenil mercurio y los compuestos de mercurio inorgánico. El daño producido por mercurio fenílico y compuestos de mercurio inorgánico son irreversibles, además los compuestos de mercurio alcalino también pueden causar este tipo de daños en el sist. nervioso central. Finalmente, los rangos de absorción de la comida son profundamente diferentes: 90% de mercurio metílico puede ser absorbido por los tejidos; el valor del mercurio inorgánico es --- cerca del 1%.

El rango de metilación del mercurio y del mercurio inorgánico, en el medio ambiente es influenciado por factores como por ejemplo el pH. Los rangos de metilación parecen ser --- mas grandes en el invierno y a principios de la primavera, de acuerdo a estudios suecos, y la metilación decrece durante el verano y otoño.

La concentración de mercurio metílico en agua natural es evidentemente mayor en aguas de pH bajo, posiblemente debido a que el mercurio dimetílico descompono al metil mercurio en un pH bajo. En condiciones apropiadas el pH bajo puede exis---

tir en sedimentos que se encuentren en la parte inferior de ríos y lagos en forma anaerobia.

El medio por el cual el mercurio es transportado del lago al pescado no es bien conocido.

La incapacidad para detectar mercurio metílico en aguas inmediatas es una limitación analítica y contribuye a la incertidumbre.

Un mecanismo modificado es necesario para explicar la metilación bajo condiciones anaeróbicas, bajo estas condiciones de reducción, el mercurio mercurioso y el ion mercurio están en equilibrio.

La contaminación de organismos por mercurio puede ocurrir indirectamente, o directamente a través de la asimilación.

Los caminos por los cuales el mercurio es transportado de los sedimentos o de la atmósfera a los pescados es incierto, sin embargo, estos son asuntos que están recibiendo un estudio intensivo.

Es posible que algunos estudios puedan tener serios problemas y algunos puedan crear preguntas interesantes y otros ilustrarán que la metilación no se relaciona directamente con el contacto de mercurio en sedimentos, posiblemente debido a inhibidores o a la ausencia de biota adecuada. Los niveles de

mercurio en pescado para muestra tomados hace más de 50 años pudieran tener niveles muy elevados de mercurio, posiblemente debido a que los compuestos de mercurio estuvieran presentes en el preservativo usado, sin diferencia básica de la acción preservativa o contaminante.

Finalmente, la conversión de mercurio en sedimentos acuosos a metil mercurio o dimetil mercurio es una observación bien documentada, sin embargo, esto no otorga automáticamente la evidencia para la transferencia de la cadena alimenticia al pescado en el agua. Es razonable suponer que la metilación puede ocurrir en vivo en estos peces; por lo menos, no hasta que técnicas analíticas permitan el análisis directo en aguas de mar.

## 2.2 CONTAMINACION

### 2.2.1 Metales:

La evaluación de la magnitud de la introducción de metales por la acción del hombre, tanto a la atmósfera como a los océanos tiene un carácter determinado y difícil, por el hecho de que los rangos de movilidad de estos metales por procesos naturales no son muy conocidos.

El contraste con la situación en cuanto a la relación con muchos otros contaminantes, como los químicos orgánicos, sintéticos y radionúclidos, es decir, materiales que no tienen un origen natural, los metales emitidos o arrojados por procesos antropogénicos no son rápidamente detectables de aquellos que son emitidos por un proceso de la naturaleza.

Sin embargo, será necesario caracterizar el círculo global de estos metales antes de que pueda ser señalado su impacto debido a la acción del hombre.

Los objetivos entonces, son el sintetizar y evaluar los datos existentes sobre la concentración de metales en la tropósfera a fin de identificar las posibles fuentes naturales o antropogénicas y estimar su flujo a los océanos.

Existen muchas posibles fuentes naturales que indiquen la presencia de los metales en la atmósfera, la contribución an-

tropogénica al problema total es fácilmente abordable. Una aproximación para resolver la influencia del hombre es atreverse a identificar los elementos de referencia que son características o indicativos de fuentes específicas naturales.

Idealmente, un elemento de referencia debe ser cuantificado por un análisis relativamente simple y preciso, y debe estar en una alta concentración en aerosoles para que la fuente sirva como una referencia y así determinar la concentración en aerosol de otras fuentes.

Existe un acuerdo general que la mayor porción de masa de aerosol sobre los océanos es derivada de dos fuentes: el mar mismo por el estallido de las burbujas, y la corteza de la tierra, como movilizador de materia del suelo. Sin embargo, un número de constituyentes mayor es de agua de mar han sido usadas como elementos de referencia para esa fuente, el sodio es generalmente preferido. Comúnmente son usado como elemento de referencia del desgaste de las rocas o de la corteza son los siguientes: Al, Fe, Si y Sr.

De estos, el Si es probablemente el más adecuado para este propósito. Sin embargo, el aluminio es usado frecuentemente debido al procedimiento analítico que es más simple y más preciso que para el Si.

Para cualquier elemento en una muestra de aerosol, podemos definir un factor enriquecedor relativo a un elemento de referencia en una fuente específica. Para agua de mar, usando sodio como elemento de referencia, el factor enriquecedor, EF agua mar, por un elemento X, es...

$$EF_{\text{agua mar}} = (X/Na)_{\text{aire}} / (X/Na)_{\text{mar}},$$

donde  $(X/Na)_{\text{aire}}$  y  $(X/Na)_{\text{mar}}$  se refiere, respectivamente, a la relación de concentración de X metal con la de sodio en la atmósfera y en una masa o volumen de agua de mar. además para productos de desgaste de la corteza de las rocas.

$$EF = (X/Al)_{\text{aire}} / (X/Al)_{\text{corteza}}$$

si la concentración de cualquier elemento en una muestra de aire cede un  $EF_{\text{mar}}$  o el valor de un  $EF_{\text{corteza}}$  que esta cercano a la unidad probable para que este elemento en aerosol, fue respectivamente constituyente de agua de mar o material de la corteza. Algo de precaución debe practicarse para interpretar los factores de enriquecimiento. Con respecto a los valores  $EF_{\text{mar}}$ , se asume principalmente que la composición relativa del sodio de partículas atmosféricas de sal de mar producidas por la erupción de burbujas en el aire-mar, es idéntica a la composición de una masa de agua de mar. Sin embargo, ha sido demostrado que este no es el caso para muchas substancias tales como el yodo, (Seto and Suze, 1972),

fosfato (Mac Intyre and Winchester 1969), y carbón orgánico completo (Berger and Barrett, 1970); (Hoffman and Ducc 1976). Estas sustancias son significativamente enriquecidas en partículas atmosféricas de agua sal relacionados a la masa de agua de mar.

Este fraccionamiento es debido, en parte a la asociación de estas sustancias con los compuestos orgánicos activos de la superficie, los cuales están por el levantamiento de burbujas y transportadas a la zona intermedia entre agua-atmósfera. Es aquí que la capa de la superficie marina, la cual sirve como fuente para algunos de los materiales en las partículas atmosféricas de muchos metales son conocidos por ser concentrados en la parte superior de varios cientos de micrómetros en la parte intermedia de aire-mar (Piotrowicz et al, 1972; Szankielo et al 1972; Barker and Zeitin 1972). Se esperan que estos metales también puedan ser enriquecidos en cualquier partícula de mar, sal que incorpora material de la microcapa de la superficie.

La magnitud de enriquecimiento para estos metales y su importancia geoquímica se mantiene sujeto a discusión (Chesselet, et al 1974). Sin embargo, se ha presentado una fuerte evidencia de que hierro, zinc y cobre están enriquecidos por un factor de varios cientos de partículas atmosféricas de mar

sal producidas por el estallido de burbujas en aguas costeras. El factor de enriquecimiento en la corteza no nos permite --- distinguir entre el material de la corteza el cual es inyectado a la atmósfera como consecuencia de un proceso natural y el que es movilizado como resultado de la actividad del hombre.

Esto último incluye el incremento de exposición y rompimiento de superficies de tierra para uso agrícola y en las operaciones de limpieza de tierra; la producción de piedra picada, arena y grava, y la suspensión de partículas de tierra por tráfico vehicular.

La interpretación de valores EF altamente complicados por el hecho de que muchas actividades antropogénicas coden productos (por ejemplo carbón y cenizas), en el cual muchos elementos tienen una concentración relativa que son similares a aquellos del promedio del material de la corteza terrestre. -- Por otra parte, uno no necesariamente espera que los aerosoles naturales derivados de la tierra, tengan una composición idéntica a aquella del promedio de la corteza terrestre. Primero, la composición rocosa varía de región en región, segundo la comprobación de la fracción movilizada de tierra puede ser diferente de aquella del material de la masa de la tierra. Así pues, los ratios de EFcorteza, mayores o menores que uno-

unidad no necesariamente impida la fuente de la corteza. A pesar de estas limitaciones, la determinación de los valores E<sub>fmar</sub> y E<sub>fcorteza</sub> pueden darnos información valiosa sobre las fuentes de muchos metales en posibles océanos y cortezas. Los factores de enriquecimiento cuyo valor es mucho más grande que la unidad, un factor de 10 o más, nos alerta sobre los metales que pueden ser derivados de otras fuentes de orígenes. Hay un grupo de metales muy reciente, o sea, aquellos que son aparentemente de origen no marino y no corteza, pueden tener una fuente antropogénica mayor. Son estos metales los que pueden ser de sumo interés.

#### Mobilización Biológica:

Los procesos de la vida pueden movilizar metales pesados a la atmósfera. Por ejemplo, la metilación de arsénico y selenio por plantas y el subsiguiente desalojo de arsénidos metílicos han sido por mucho tiempo conocidos. Ward (1974) señala que las formas metilizadas de As, Hg, Si y Se pueden ser producidas por microorganismos en el medio ambiente marino. Recientemente, se ha obtenido evidencia o pruebas que sugieren que las plantas en proceso de crecimiento generan compuestos de zinc que seden a la atmósfera (Beauford 1977). Está por establecerse bajo bases globales la importancia de la movilidad biológica.

### Contaminación de la costa:

Existen relativamente pocos campos de estudio acerca de la -- entrada atmosférica de materiales de la zona costera. Cambrey (1975) se ha atrevido a medir la deposición de metales de la -- atmósfera en el mar del norte, por medio de análisis de material recopilado en diversas zonas costeras en colectores ex-- puestos bajo una continua y abierta lluvia, durante períodos-- proximados de un mes por muestra.

Las muestras recogidas de esta manera sobre períodos que sean muy largos tienen una alta probabilidad de estar contamina -- das por material de origen local. Sin embargo, los investiga-- dores seleccionaron cuidadosamente los lugares a fin de mini-- mizar estas contaminaciones sobre la base de estas mediciones integradas en mas de un período de un año (1972-1973) Cambrey (1975) estimó que la entrada anual atmosférica de Fe, Pb, Zn y Cu en el mar del Norte puede ser más grande del 10% de la -- concentración de estos metales en el agua.

Actualmente es imposible hacer cualquier estimación realista -- del transporte atmosférico de metales al océano en su totali-- dad debido a la ausencia de datos completos de muchas regio-- nes, lo mas crítica ha sido para el hemisferio sur. La cober-- tura de datos es mejor en el Atlántico Norte, donde existen-- varios juegos de datos de diferentes áreas y que cubren rela--

tivamente períodos extensos de tiempo. Con estos datos, los rangos de deposición pueden ser calculados sobre la base de un modelo simple.

El método más adelantado asume que la atmósfera es lavada o limpiada cuarenta veces cada año. Esta estadística de lluvia está basada en el hecho de que el promedio de residencia --- tiempo de vapor de agua en la tropósfera se da en un rango de ocho días a bajas latitudes a cerca de 15 días a altas latitudes. Obviamente este crudo cálculo puede darnos una estimación aterradora de la deposición total; sin embargo, las limitaciones de estos datos no organizan un tratamiento más sofisticado.

Los juegos de datos mas representativos para el Atlántico del Norte son aquellos obtenidos por Duce (1967) para un período de Junio a Septiembre de 1973.

#### Actividad Volcánica:

Los metales pesados son introducidos a la atmósfera intermitentemente a través de la actividad volcánica.

Exposición volcánica intensa puede inyectar materiales de --- partículas solidas y gaseosas a la atmósfera, así como a la tropósfera; como consecuencia estos materiales pueden ser rápidamente mezclados a toda la atmósfera.

La salida de los metales de los volcanes llevados a cabo por mecanismos de volatilización a altas temperaturas es desconocida. Sin embargo, tambien pueden tener valores de EF cortezza las partículas de las fumarolas y del orificio de salida de volcanes activos. (Cadle 1973; Mrz and Zoller 1975).

### Usos e importancia del Agua:

Se considera que el agua es de vital importancia para el desarrollo de las actividades humanas, y cuyo uso se puede clasificar en los siguientes aspectos: doméstico, agrícola, energético, pesquero, recreativo, industrial y de transporte; por lo tanto, se hace indispensable la conservación de la calidad del agua, así como su uso racional.

### Definición de contaminación del Agua:

La contaminación del agua se puede definir como la adición de algún material o cualquier acción o conducción que interfiere degrade o impida alguna propiedad útil del agua. La acción del hombre para combatir la contaminación debe enfocarse a mantener el agua con una calidad semejante a la que se encuentra en su condición natural.

### Contaminación de las Aguas en México:

México por el desarrollo industrial en continuo ascenso y la intensificación de la agricultura, está en el momento oportuno de realizar una campaña proteccionista de sus aguas nacionales, antes de llegar a situaciones irreversibles; asimismo deberá, en la medida de sus posibilidades, colaborar en programas internacionales para evitar la contaminación en agua de mares. Lo anterior cobra mayor importancia por haberse in-

tensificado el programa nacional para el desarrollo de la industria pesquera y por haberse establecido programas para incrementar sus recursos, tanto en aguas continentales como salubres, al mismo tiempo, por estar aplicando una política que le permita descentralizarse su industria hacia las zonas alejadas de la capital.

En este capítulo, se expone la situación actual sobre la contaminación de las aguas mexicanas, indicando además, las fuentes de contaminación los alcances de ésta, así como los problemas que afectan los recursos y la industria pesquera de nuestro país.

#### Fuentes de contaminación:

Se puede señalar como principales fuentes de contaminación de las aguas de México, a la industria de petróleo y sus derivados; a las aguas negras; a los desechos de las industrias--cerveceras, azucarera, alimentaria; a los derivados de las --minas; metalurgia, tenerías; asimismo a los productos de farmacéuticos y químicos y a los de las fibras artificiales, la--celulosa, los hilados y tejidos y, por último, a los que se --desprenden de la agricultura, actividad que cada día presenta un mayor desarrollo en el país.

En la industria petroquímica operan plantas donde se e--

laboran gran cantidad de productos diferentes con producción de alta tasa.

Otra fuente de contaminación importante de aguas interiores, cuyos efectos llegan hasta el Golfo de México, es la que deriva de la industria azucarera, en la actualidad, se encuentran en operación numerosos ingenios azucareros en todo el país, cuya producción ha sido de varios miles de toneladas. De estos ingenios, algunos se encuentran en los estados costero y cuencas del Rio Grijalva y Rio Papaloapan es quizá, en lo que se refiere a la contaminación por desechos industriales, uno de las mas expuestas tanto por la variedad como por la cantidad de alguno de ellos.

Sobre la costa Oeste de México, la acción de contaminación es en general de mayor intensidad; no obstante, ella está en continuo aumento debido al desarrollo demográfico e industrial.

En cuanto a las aguas negras, podemos señalar que, además del problema, en virtud de la práctica que anteriormente se seguía de arrojar los desechos al mar, sin el más mínimo análisis del sitio de descarga, con la única confianza en la enorme capacidad de dilución, dispersión y difusión de los

desechos del mar.

La mayoría de las ciudades costeras de cierto importancia como en el caso de Mazatlán, Sin., Tampico, Tamp. Y Coahuila de Zaragoza, Ver., no cuentan con sistemas adecuados para el tratamiento o descarga de los desechos en la zona costera marina. Sin embargo, en la actualidad se están realizando un programa de obras tendientes a descargar las aguas negras en áreas alejadas de la población, como es el caso de Acapulco - Guerrero en otras, como el caso de Veracruz, donde se encuentra en proceso la instalación de una planta de tratamiento de este tipo de desechos. Es indudable que se hace necesario un programa integral para el control de aguas negras en México, en el cual deben participar dependencias estatales, del sector público, federal y municipal, a efecto de reducir al mínimo los daños ocasionados por dichos desechos.

## 2.4 CONTROL DE CALIDAD Y VARIABLES:

Control de calidad es tener bajo control las variables - que mativen la calidad de un producto.

### FACTORES DE VARIABILIDAD:

- a) Materia Prima
- b) Materiales
- c) Proceso
- d) Hombre

a) Control de calidad de materia prima en industria Pesquera:  
El nivel de aplicación de las normas de calidad y sanitarias - en las distintas plantas industriales puede clasificarse de - baja. Ello puede constatarse desde el momento de la materia -- prima al recibirla, almacenarla, eviscerarla, procesarla; así - como en la utilización de los desperdicios, los ingredientes - y las materias primas auxiliares, la misma presentación del - producto (carne blanco), hasta la higiene y limpieza del per- sonal que participa en el proceso industrial.

Es obvio que las condiciones varían de empresa a empresa. Sin embargo, es mas notoria la falta de cumplimiento de las - normas en plantas del sector publico; así como en las peque- ñas factor privado.

Cada planta distribuye las especies a procesar en distintas porciones, lo que da como resultado cierta anarquía en el producto final.

Existen además diversos criterios en el producto industrial a obtener en cuanto a contenidos netos y pesos drenados, combinaciones de ingredientes, incumplimiento de la cuarentena del producto terminado y manejo de inventarios.

Las disposiciones vigentes tienen un carácter indicativo o recomendable, más no obligatorio. Inclusive, se permite la presentación del 'Jurel' como si fuera túndido, a pesar de tener características muy diferentes.

La falta de uniformidad en el producto, a pesar de la marca con la que se presenta al público; el exceso de sal que se emplea en el enlatado; el manejo deficiente de los inventarios; y, desde luego, las limitaciones observadas en la higiene y limpieza de las plantas muestran que la falta de normas de calidad y de vigilancia de las condiciones sanitarias afectan el mercado del atún, principalmente en los grupos de población de ingresos medios, que podrían ser grandes demandantes y condicionan casi a nivel prohibitivo la concurrencia del atún procesado en México al mercado internacional.



**CAPITULO TRES:****METODO:**

El método que se utilizó es dado por la F.D.A., el cual ya está comprobado y se maneja en atún de exportación, debido a que así lo requiere el producto para ser consumido en los E.U.

Las muestras que se tomaron fueron en forma aleatoria,-- éstas eran de trozos de atún fileteado y ya limpio que se encontraba almacenado para producción dentro de un frigorífico.

Antes de proceder al análisis se dejó el material en reposo con agua destilada durante dos días, para evitar que existiera alguna contaminación o trazas de mercurio. Después de esto se tira el agua que contiene el material y se continúa con el diagrama del método.

**MATERIAL Y REACTIVOS:**

Balanza analítica

Autoclave

Baño maría

Analizador de Mercurio (PERKIN-ELMER MAS- 50A)

Botella de DBO

Pizeta

Espátula

Bombillo de pipeta

Matraces Erlenmeyer 25 ml., 50 ml.  
Probetas 25 ml., 50 ml., 100 ml.  
Pipetas 1 ml., 5 ml., 10 ml.  
Matraces de Aforación 500 ml., 1 lt.

**REACTIVOS:**

Ac. Sulfúrico concentrado  
Agua destilada  
Permanganato de potasio concentrado  
Permanganato de potasio al 5%  
Acido Sulfúrico 18N  
Clorhidrato de hidroxilamina al 2%  
Cloruro Estanoso al 10%  
Acido Nítrico 5.6 N  
Acido Nítrico Concentrado.

## PROCEDIMIENTO:

- 1) Se pesa un gramo de muestra y se coloca en un matraz.
- 2) Se le agrega 15 ml. de Ac. Sulfúrico concentrado
- 3) Se tapa el matraz
- 4) Poner en Autoclava a 0.5 Kg. por centímetro cuadrado a 140 grados centígrados por 30 min.
- 5) Enfriar
- 6) Diluir a 50 ml. con agua destilada
- 7) Añadir un gramo de permanganato de potasio a más o menos - 50 grados centígrados calentar a baño maría durante 1 hora
- 8) Diluir a 100 ml. con permanganato de potasio al 5%
- 9) Poner a baño maría a 50 grados centígrados por una hora.
- 10) Conecte el aerador del aparato.
- 11) Conecte el aparato con el enchufe (ver que la aguja --- marque cero con el switch de poder en OFF, si no es así - ajustar con el ajustador mecánico en cero (zero adjust --- screw).
- 12) Poner el switch de poder en ON.
- 13) Poner switch de la bomba en ON, (chechar que el aire este fluyendo fuera del bulbo aerador, 1.8 +/- 0.2 LPM)
- 14) Coloque el medidor de corriente poniendo tanto en cerrado del instrumento, con los tubos de plástico, como en la---

la salida y ajuste el flujo con el flow-cal.

- 15) Calentar el aparato 15 min.
- 16) Poner switch de memoria en OFF, meter switch en X T, ----  
cerrado el Shutter.
- 17) Ajustar aproximadamente a 0% T con el boton de 0% T
  - A) Abrir Shutter
  - B) Ajuste a 100% T con el boton 100% T
  - C) Cerrar Shutter
  - D) Ajuste exactamente a 0% T
  - E) Abrir Shutter
  - F) Medir switchen XS
  - G) Ajuste a 100% T con el boton 100% T con switch de memoria en OFF.
  - H) Seleccione switch de memoria en ON u OFF
  - I) Seleccione la escala deseada XS, XT o X1 con el switch medidor.
  - J) Se saca la muestra del baño maria y se enfría.
  - K) Se vierte en una botella de DBU.
  - L) Adicione 5 ml. de Acido Nítrico 5.6 N
  - M) Agite.
  - N) Espere 15 seg.
  - O) Adicione 5 ml. de Acido Sulfúrico 18N
  - P) Agite

- U) Espere 45 seg.
- R) Agregue 5 ml. de clorhidrato de hidroxilamina al 2%
- S) La solución se debe tornar clara en 15 seg.
- T) Si no es así, agregue cristales de hidroxilamina hasta decolorar.
- U) Adicione 5 ml. de cloruro estannoso al 10%
- V) Inmediatamente coloque el aerador del instrumento cuidando que cierre herméticamente.
- W) Con memory switch en ON el valor será retenido (hasta que la aguja se haya detenido).
- X) Remueva el aerador y colóquelo en una superficie limpia
- Y) Pump switch en ON (para limpiar el sistema)
- Z) Memory switch en OFF y deje que la aguja retorne a cero.
- 18) Analice las siguientes muestras siguiendo los pasos de la A a la Z
- 19) Cuando se ha analizado la última muestra deje el aerador en un lugar limpio con el Pump ON para limpiar el sistema

**NOTAS:**

- 1) Después de entre cada 10 y 20 muestras que se analizan conteniendo de 1.5 micro-gr. el aparato se debe limpiar con el 'Scrubber'.

2) Para mejorar la limpieza del aerador es recomendable limpiar con ácido nítrico concentrado y después enjuagar perfectamente con agua destilada y por último secar.

3) Es recomendable que las soluciones que se preparen sean hechas para utilizar todo el contenido, ya que son sensibles a cambios químicos.

### 3.2 LAVADO DEL MATRAZ ERLLENMEYER:

El matraz Erlenmeyer, se llena parcialmente con agua destilada, y se agregan 5 ml. de Acido Sulfurico concentrado, 1 ml. de permanganato de potasio y agregar hasta el tope, se deja así por algunos minutos. Después se vacía el contenido del matraz y se enjuaga varias veces con agua destilada.

### SOLUCION PATRON:

En un matraz Volumétrico de 500 ml. se añaden 400 ml. de agua destilada, mas 14 ml. de ácido sulfúrico concentrado, más 2 ml. de solución estandar de mercurio y diluir a 500 ml. con agua destilada, mezclar perfectamente.

A un matraz de 100 ml. se añaden 80 ml. de agua destilada

da, mas 2.8 ml. de ácido sulfúrico concentrado, más 2 ml. de la solución anterior y diluir a 100 ml. con agua destilada,-- mezclando bien.

Se toman 3 ml. de la solución anterior y se procede como en las demás muestras.

DATOS OBSERVADOS DEL MUESTREO DE ATOM  
(microgr. de Hg/5 gr. de muestra)

2.70	3.60	0.54	0.23	0.40	0.50
1.20	3.80	0.45	0.27	0.92	0.58
1.25	4.80	0.68	0.49	0.70	0.69
1.70	5.00	0.52	0.30	1.25	0.32
7.00	4.00	0.49	0.75	0.73	5.20
1.40	2.50	1.00	1.19	0.60	0.42
1.20	3.80	0.49	0.50	1.07	0.72
2.10	4.80	0.35	0.87	1.05	1.99
1.10	0.70	1.20	0.24	8.00	0.90
1.10	0.60	0.70	0.40	0.52	1.50
1.70	0.90	0.75	0.50	2.58	0.50
2.30	1.00	1.40	0.47	0.32	1.63
0.98	0.70	0.70	0.20	1.12	
2.70	0.50	0.44	0.41	0.89	
5.50	0.36	0.60	1.10	1.75	
5.25	0.80	0.65	1.07	3.50	
3.00	0.71	0.59	1.10	3.50	
3.25	0.55	0.40	0.45	1.19	
5.00	0.80	0.51	0.42	0.60	
5.00	0.57	0.36	0.32	0.40	

TABLA NO. 2

VALOR PROMEDIO:	1.49
DESVIACION ESTANDAR:	1.57
Nº. DE OBSERVACIONES:	112
VALOR MINIMO:	0.20
VALOR MAXIMO:	8.00

DATOS CONVIRTIDOS DEL MUESTRO DE ATUN  
(Partes por Millón)

0.54	0.76	0.13	0.05	0.08	0.10
0.54	0.76	0.09	0.05	0.18	0.12
0.25	0.96	0.14	0.10	0.14	0.14
0.34	1.00	0.19	0.35	0.25	0.06
1.40	0.50	0.10	0.15	0.20	1.00
0.26	0.50	0.20	0.24	0.12	0.05
0.24	0.76	0.10	0.10	0.22	0.14
0.42	0.76	0.07	0.17	0.21	0.39
0.20	0.14	0.04	0.05	1.60	0.18
0.22	0.10	0.14	0.03	0.10	0.30
0.34	0.18	0.15	0.10	0.52	0.10
0.46	0.20	0.28	0.10	0.38	0.38
0.13	0.14	0.14	0.04	0.22	
0.54	0.10	0.09	0.08	0.18	
1.10	0.07	0.12	0.22	0.35	
1.05	0.16	0.13	0.21	0.70	
0.50	0.14	0.12	0.25	0.70	
0.65	0.11	0.08	0.07	0.24	
1.00	0.16	0.10	0.08	0.16	
1.00	0.11	0.07	0.04	0.08	

TABLA NO. 3

VALOR PROMEDIO:	0.30
DEVIACION ESTANDAR:	0.31
NO. DE OPERACIONES:	112
VALOR MINIMO:	0.04
VALOR MAXIMO:	1.60

## TABLA DE CLASIFICACION

CONCENTRACION p.p.m. de Hg	CALIFICACION
0.00-0.30	OPTIMO
0.31-0.50	BIENO
0.51-1.00	LIMITE PARA PROGRESO
1.00-En adelante	ALTERADO, RECHAZO

TABLA NO. 4

VALOR PROMEDIO OBSERVADO: 0.30

RANGO	No. DE OBSERVACIONES	%
0.30	83	74.11%
0.50	8	7.14%
1.00	17	15.10%
Sup.	4	3.57%
	112	100.00%

## DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

29

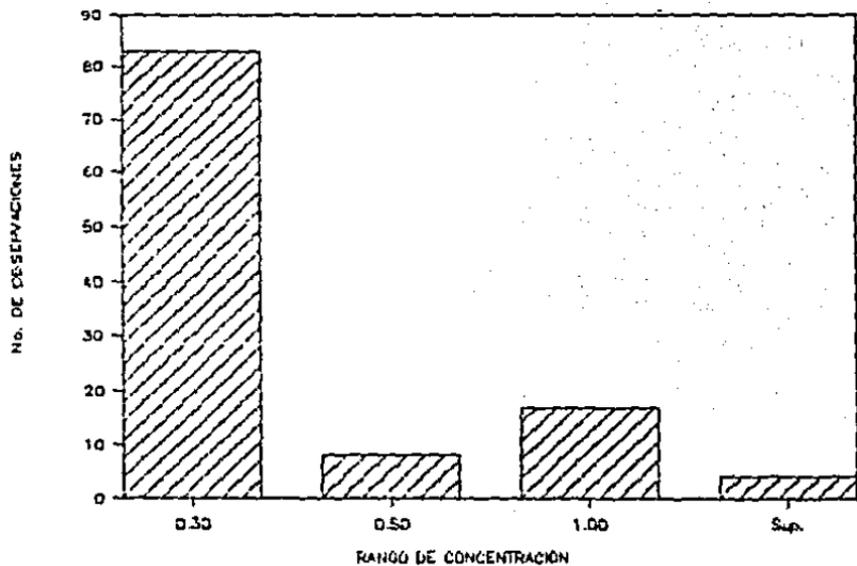


FIGURA NO. 1

## ESTUDIO DE RESULTADOS

En la tabla numero dos se muestra los resultados obtenidos del análisis total expresados en microgramos de mercurio por 5 gramos de muestra, de los cuales el valor promedio es de 1.49 mcg. de Hg. con valor mínimo de 0.20 mcg. de Hg. y un máximo de 8.00 mcg. de Hg., de los cuales se hizo la conversión de las unidades a partes por millón (tabla tres) para poder determinar el estado de contaminación por mercurio del atún observado segun tabla utilizada por la F.D.A. para el atún de exportación.

Como se puede observar en la tabla tres, el valor promedio de las 112 observaciones es de 0.30 ppm con un valor mínimo de 0.04 ppm y máximo de 1.60 ppm, haciendo la comparación de la tabla de la F.D.A. (tabla 4), encontramos que el valor promedio obtenido corresponde a un grado óptimo.

Del total de observaciones, se tiene que el 74% de estas correspondientes a 83 muestras se encuentran en el rango óptimo; que va de 0.00 a 0.30 ppm; el 7.14% (8 muestras) cunden dentro de una calificación buena, el 15.18% (17 muestras) están en el limite para proceso y solo un 3.57% ( 4 muestras) en el rango de mayor de una parte por millón, que sería el atún alterado y rechazado; esto se puede observar mas clara-

mente en la figura uno de la gráfica de distribución de frecuencias.

Todos los datos obtenidos se encuentran distribuidos en la tabla 4 de la F.D.A. pudiéndose ver que el promedio mayor cae dentro de la mejor clasificación y que el promedio menor es el que corresponde a la clasificación de rechazo, por lo que la cifra no se considera significativa para ser tomada en consideración.

MEDIAS DE MUESTRAS DE ACUERDO A DIA DE MUESTREO

$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$	$\bar{X}_4$	$\bar{X}_5$	$\bar{X}_6$	$\bar{X}_7$
0.540	1.000	0.140	0.100	0.050	0.090	0.080
0.240	11.000	0.120	0.200	0.050	0.080	0.100
0.250	0.650	0.180	0.100	0.100	0.060	0.120
0.340	0.600	0.200	0.700	0.060	0.080	0.140
1.400	0.760	0.140	0.240	0.015	0.130	0.060
0.280	0.960	0.100	0.140	0.240	0.140	1.000
0.240	1.000	0.070	0.150	0.100	0.250	0.080
0.420	0.800	0.160	0.280	0.170	0.200	0.140
0.220	0.500	0.140	0.140	0.050	0.120	0.100
0.220	0.760	0.110	0.090	0.080	0.220	0.240
0.460	0.760	0.160	0.120	0.100	0.210	0.700
1.100	0.560	0.110	0.130	0.100	1.600	0.350
1.050	0.500	0.130	0.120	0.040	0.100	0.180

MEDIAS:

$$\bar{X}_1 = 0.52$$

$$\bar{X}_2 = 0.788461$$

$$\bar{X}_3 = 0.135384$$

$$\bar{X}_4 = 0.193076$$

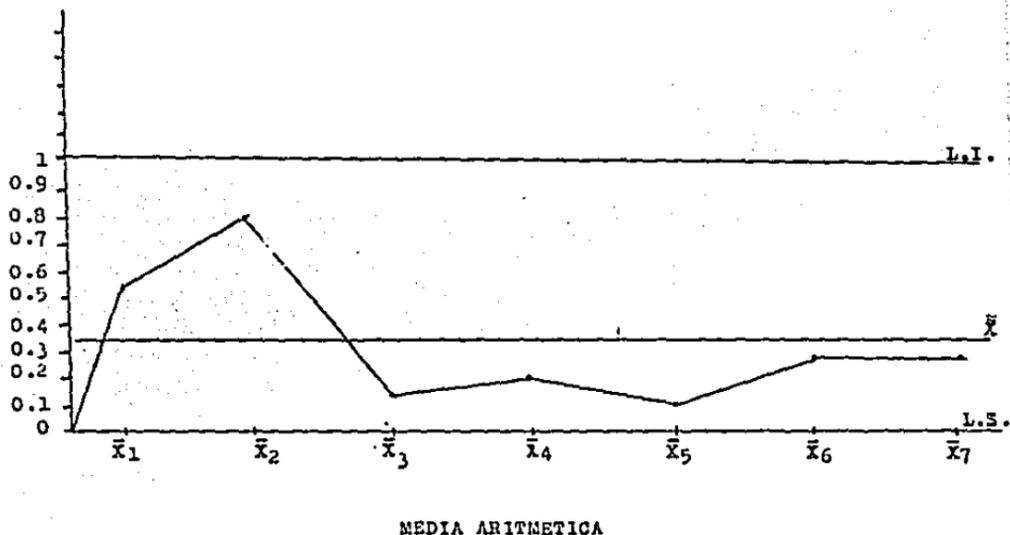
$$\bar{X}_5 = 0.088846$$

$$\bar{X}_6 = 0.256153$$

$$\bar{X}_7 = 0.257692$$

$$\underline{\text{MEDIA TOTAL}} = 0.330320$$

## DISTRIBUCION DE MEDIAS DE FRECUENCIA



MEDIA ARITMETICA

L.I = Límite inferior de control } De Acuerdo a tabla de clasificación  
 L.S.=, Límite Superior de Control } Tabla No. 4 Pág. 48

CAPITULO SEIS  
DISCUSION DE RESULTADOS

Al ver las conclusiones por el estudio estadístico realizado, notamos no es la mejor forma de tratamiento estadístico de datos, y así se pasó a agrupar los datos según tiempo secuencial de obtención, pues son muestras representativas de condiciones específicas; por lo que se agruparon en siete partidas, según tiempos para así ver si el tiempo pudiera tener significado.

Los grupos son siete y son los siguientes:

La partida número uno tiene una media de 0.52, la segunda de 0.788461; la tercera de 0.135384; la cuarta de 0.193076; la quinta de 0.088846; la sexta de 0.256153; y la séptima de 0.257692. Teniendo una media total de 0.330320.

En la grafica podemos observar con mayor claridad que la media del primero y segundo muestreo revozan a la media total. Además que hay muestras que se encuentran fuera del limite del proceso, como es el caso del primero y sexto muestreo. (ver pag. 52)

## CONCLUSIONES

Habiendo obtenido un conjunto de datos que fuesen representativos para nuestro muestreo, y teniendo ya una comparación de los resultados obtenidos contra los de tabla de parámetros de aceptabilidad o rechazo de mercurio presente en atún se obtuvieron un conjunto de datos los cuales aplicando la estadística sobre ellos, se tiene que el resultado obtenido no fue satisfactorio ya que al hacer el análisis general, se podía concluir que en los datos solo un porcentaje muy pequeño se encontraba contaminada; por lo que fue necesario hacer un segundo estudio en el que se tomase en cuenta las condiciones en las que fueron tomadas las muestras como fué: tiempo y lugar de captura (ya que el atún que se encontraba almacenado fue extraído de diferentes zonas y por lo tanto puede variar los resultados).

Con lo que se pudo observar que en alguno de los muestreos se encontraban fuera de los límites establecidos por la F.D.A. para atún de exportación, y con esto podemos concluir lo siguiente:

Es necesario que el análisis de determinación de mercurio en atún se haga como examen de rutina y para producto de consumo nacional.

Que sean determinadas las zonas que se encuentren contamina--

das, además de verificar las causas por las que así se encuentran y tomar las medidas pertinentes para que esto no suceda.

Y por último los lotes de atún que rebocen los límites de contaminación se entremezclen con las que no se encuentran tan contaminadas para disminuir el porcentaje y puedan ser consumidas.

Es necesario que este tipo de problemas no se dejen para cuando ya no se tiene remedio, es indispensable prestar atención a este problema para evitar tragedias posteriores, ya que todavía estamos a tiempo para evitarlo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Borgstrom George, FISH AS FOOD, Vol IV, E.U.A., Editorial Academic Press Inc., 1965.
- 2) Bruland, K.W., K Bertine, E.D. Godberg., HISTORY OF METAL POLLUTION IN SOUTHERN CALIFORNIA COASTAL, E.U.A., Editorial Environ Sc. Technology, 1944.
- 3) Bryan, G.W., THE EFFECTS OF HEAVY METALS ON MARINE AND ESTUARINE ORGANISMS PROC., E.U.A., Editorial R. Soc. Lond., 1971.
- 4) Bryan G.W., HEAVY METAL CONTAMINATION IN THE SEA, E.U.A., Editorial Academic Press, 1976.
- 5) Burns, Frank D., TUNA HANDLING AND REFRIGERATION ON PURSE - SEINERS, San Diego, California, E.U.A., Editado por U.S -- Department of Commerce, 1965.
- 6) Committee, Ocean Sciences Board, Assembly of Mathematical - and Physical Sciences, National Research Council, THE TROPOSPHERIC TRANSPORT OF POLLUTANTS AND OTHER SUBSTANCES TO THE OCEANS, Washington, D.C., E.U.A., Editorial National - Academy of Sciences, 1978.
- 7) Desarrollo Dirigido SOMEX S.A. de C.V., PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA ATUNERA, VOL. I y III, Mexico 1984.
- 8) Direccion General de Administracion de Pesquerias, REPORTE INTERNO, Editado por la Secretaria de Pesca, Mexico, D.F., 1986.

- 9) Duedoll Iyer U., Ketchum Bostwick H., Park P., Nilho, Kes-  
ter Dana R., WASTES IN THE OCEAN, Vol. 1, E.U.A., Edito-  
rial John Wiley and Sons, 1983.
- 10) Garcia Michel Hugo, EL TRAGON ANDARIN DE LOS MARES, Tec-  
nica pesquera, Año XVIII, No.211, 1985.
- 11) Glassen, J., and R. Cottrell, PERSONAL COMMUNICATION OF THE  
RESULTS OF DATA ANALYSIS, San diego, Cal., E.U.A., Edito-  
rial Campbell Industries, 1984.
- 12) Henn Erick and Krevzer Rudolf, FISH IN NUTRITION, E.U.A.,  
Editorial Fishing News (Books) LTD, 1962.
- 13) Jackson John M., Ph. D., Shinn Byron M., FUNDAMENTS OF ---  
FOOD CANNING TECHNOLOGY, E.U.A., Editorial AVI Publi-  
shing Company, INC., 1983.
- 14) Joseph James, Klawe Witold, Murphy Pat., ATUNES Y PECES -  
ESPADA LOS PECES SIN PATRIA, La Jolla, California, E.U.A.  
Editorial Comision Interamericano del Atun tropical, 1966
- 15) Krenkel P.A., HEAVY METALS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT, ---  
E.U.A., Editorial Pergamon Press, 1975.
- 16) Lenihand John, Fletcher William F., THE MARINE ENVIRON-  
MENT, E.U.A., Editorial Academic Press, 1977.
- 17) Martin Dean F., MARINE CHEMISTRY, Vol I, Segunda edicion,  
New York, E.U.A., Editorial Marcel Dekker Inc., 1972.
- 18) Nakamura, H., TUNA DISTRIBUTION AND MIGRATION, E.U.A.,  
Editorial Fishing News Books, Ltd., 1969.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 19) Ruvio Mario, MARINE POLLUTION AND THE SEA LIFE, E.U.A., Editorial Fishing News Books Ltd., 1976.
- 20) Secretaria de Pesca, PESQUERIAS MEXICANAS, ESTRATEGIAS -- PARA SU ADMINISTRACION, Primera edicion, Mexico, 1987.
- 21) Skoog Douglas A., West Donald M., ANALISIS INSTRUMENTAL, Segunda Edicion, Editorial Interamericana S.A. de C.V., Mexico, D.F., 1984.
- 22) Vernberg F. John, Vernberg Winona B., POLLUTION AND PHY-- SIOLOGY OF MARINE ORGANISM, E.U.A., Editorial Academic -- Press, 1974.
- 23) Vernberg Winona B., Calabrese Anthony, Thurberg Frederick F., Vernberg F. John., MARINE POLLUTION: FUNCTIONAL RES-- PONSES, E.U.A., Editorial Academic Press, 1979.
- 24) Vestal J., Friberg L., TRANSPORT AND TRANSFORMATION OF -- MERCURY IN NATURE AND POSSIBLE ROUTES OF EXPOSURE..Cle--- veland Ohio, E.U.A., Editorial CRC Press, 1972.
- 25) Wittman G., METAL POLLUTION IN THE ACUATIC ENVIRONMENT, - Berlin, Alemania, Editorial Springer-Verlag, 1981.