

1 ejemplar
N° 24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACION DE METALES PESADOS EN CUATRO
LAGUNAS DEL GOLFO DE MEXICO EN LAS QUE
SE REALIZA EXPLOTACION OSTRICOLA.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a :

ISMAEL CABRERA MANCILLA

México, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

	Pág.
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. EFECTOS TOXICOS DE LOS METALES PESADOS	5
3. ORGANISMOS ACUATICOS INDICADORES DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS	11
4. RECURSO OSTRICOLA	
4.a. Cultivo	18
4.b. Principales métodos de obtención de semilla	19
5. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA BIOLOGIA DEL OSTION	21
5.a. Anatomía externa	21
5.b. Anatomía interna	22
5.c. Nutrición	24
5.d. Crecimiento	25
6. AREA DE ESTUDIO	26
7. MATERIAL Y METODO	29
8. RESULTADOS	33
9. DISCUSION	37
10. CONCLUSIONES	42
11. BIBLIOGRAFIA	44
TABLAS	
FIGURAS	

RESUMEN

Los moluscos de hábitos filtradores principalmente los ostiones, son capaces de acumular metales pesados, material radioactivo, biotoxinas y microorganismos patógenos, pudiendo causar al hombre severas intoxicaciones o enfermedades. Por su existencia sésil, longevidad, facilidad de muestreo y tolerancia al agua salobre son considerados como buenos indicadores de la contaminación.

El monitoreo de metales pesados plomo, cromo, cadmio y mercurio en agua, sedimento y ostión, en las lagunas de Tampamachoco, Mandinga, del Carmen y Atasta. Mostró que a pesar de encontrarse éstos metales en el agua en concentraciones por debajo del límite permisible, los organismos lograron acumular principalmente cadmio y plomo por arriba del límite permisible para su consumo; además los ostiones con talla superior a la comercial (90 mm), presentaron concentraciones menores a las detectadas en el resto de los organismos.

1. INTRODUCCION

El agua representa uno de nuestros recursos más preciados, pués además de ser indispensable para todos los seres vivos y de formar parte de la materia viva, es utilizada como vehículo de los desechos antropogénicos, que han alterado su calidad (Vizcaino, 1975).

Se calcula que la reserva de agua dulce en el planeta es de 24 millones de Km^3 , cuya calidad se ha visto afectada a causa de la contaminación, pudiendo ser ésta accidental o natural. La mayor parte de las veces es -- originada por el vertimiento de aguas residuales urbanas, aguas de origen industrial o agrícola (Skinner y Turekian, 1976).

Entre los residuos industriales ocupan un lugar importante los metales pesados no esenciales tales como el plomo, cadmio y mercurio; debido a que en bajas concentraciones pueden actuar como inhibidores enzimáticos (Brooks y Rumsby, 1965) y porque se acumulan en los organismos en diferentes proporciones dependiendo de su "ubicación" en la cadena alimenticia (Bryan, 1976).

Las lagunas litorales y estuarios constituyen los ecosistemas de más alta productividad, ya que en ellos converge una biota permanente y otra inmigrante, que llega a éstas zonas para satisfacer sus diversos requerimientos que se presentan a lo largo de su ciclo de vida; éste tipo de --- ecosistemas sumamente frágiles han ido sufriendo transformaciones ecológicas ocasionadas por la represa de ríos, el cierre de comunicaciones entre

lagunas y mar y por el aporte de contaminantes arrastrados por los ríos - y/o mar (Vizcaino, 1975).

La contaminación de las zonas donde se desarrollan moluscos de hábitos filtradores (ostiones, almejas, mejillones, etc.) acarrea graves problemas debido a que son capaces de acumular metales pesados, material radioactivo, biotoxinas y microorganismos patógenos, pudiendo causar al hombre intoxicaciones así como enfermedades entéricas (Wood, 1979). Este tipo de organismos presentan características que los convierten en buenos indicadores de la contaminación, considerándose entre las más importantes las citadas por Phillips (1976 b) :

- Existencia nómada o sedentaria
- Abundancia en la región de estudio
- Longevidad
- Facilidad de muestreo
- Tolerancia al agua salobre
- Acumulador de contaminantes con alto factor de concentración.

México posee 12 555 Km² de superficie de lagunas costeras con características propias sujetas a diversos regímenes de explotación pesquera --- (Yañes, 1977). Entre la amplia variedad de organismos capturados, el ostión tiene gran demanda para el consumo humano, por su alto contenido en proteínas y carbohidratos de fácil digestión, así como sales de Hierro, Cobalto, Calcio, Magnesio, Fósforo, etc. (Ramírez y Sevilla, 1965).

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo la cuantificación de plomo, cromo, cadmio y mercurio en las lagunas de Tampamachoco, Mandinga, del Carmen y Atasta en las que no realiza explotación ostrícola; así mismo evaluar el poder de acumulación que presentan éstos organismos y comparar su contenido con los límites permisibles para su consumo.

2. EFECTOS TOXICOS DE LOS METALES PESADOS.

El agua de mar es una solución sumamente compleja, ya que su composición está determinada por un equilibrio entre las proporciones de solutos, la evaporación y el aporte de agua dulce. Los solutos se están añadiendo continuamente al agua, provenientes de la disolución de las rocas de los continentes a través de los procesos climáticos o de erosión. Otras fluctuaciones aunque menores se producen por medio de fenómenos biológicos de microorganismos que toman o liberan determinados compuestos. (Tait, 1977).

Sodio, magnesio, calcio, potasio, estroncio, cloro, bromo, sulfatos y bicarbonatos constituyen el 99.9 % de los materiales disueltos en el agua de mar (Turekian, 1974). Además de éstos constituyentes mayores existen en pequeñas concentraciones otros elementos denominados oligoelementos los cuales, cuando se encuentran en cantidades y proporciones correctas cumplen una función metabólica bien definida, pero cuando se presentan en exceso ocasionan graves daños a los sistemas biológicos (Parada, et. al., 1975).

Entre los oligoelementos se encuentran metales ligeros y pesados, --- éstos últimos, al formar sales se convierten en formas muy estables llegando a ser un problema de contaminación, ya que no pueden ser fácilmente eliminados por oxidación, precipitación o cualquier otro proceso natural (Pringle, et. al., 1968).

Los metales pesados son ampliamente utilizados en la industria para -

preparar aleaciones, aparatos eléctricos, colorantes, etc. Los desechos de éstos procesos son vertidos hacia el aire, el agua o al suelo y subsecuentemente entran a la cadena alimenticia (Huisingh y Huisingh, 1975).

Cuando las concentraciones de metales pesados en el ambiente marino son altas, su acumulación puede resultar tóxica a los organismos (Jones, 1964). Por ejemplo, el mercurio, oro, plata, cadmio, plomo, cromo, fierro, cobre, zinc, níquel y cobalto son elementos tóxicos aún en bajas concentraciones (Affleck, 1952).

La persistencia de los elementos metálicos tóxicos en tiempo y espacio, pueden continuar por años, aún después de que los procesos de contaminación han cesado.

Los mecanismos más importantes de la acción tóxica de los metales están relacionados con la inactivación de diversos sistemas enzimáticos, -- así como en la desnaturalización de proteínas esenciales. Elementos tales como oro, cadmio, mercurio y litio pueden afectar el transporte pasivo celular e incluso el activo, llegando en algunos casos a romper las membranas celulares, precipitando metalo-lipo-proteínas (Passow, et. al., 1961).

Bowen (1966) agrupa los metales pesados en orden de importancia de acuerdo a su potencial de contaminación :

A) Muy alto potencial de contaminación

Ag > Au > Cd > Cr > Cu > Hg > Pb > Sb > Sn > Te > Zn

B) Alto potencial de contaminación

Ba > Bi > Ca > Fe > Mn > Mo > Ti > V

C) Potencial de contaminación moderada

Al > As > B > Be > Co > Ge > K > Li > Na > Ni > Rb > U > W

Los elementos metálicos han cobrado gran importancia para la fisiología, medicina, biología, agricultura y muchas otras disciplinas. Por ejemplo el cadmio y sus compuestos, pueden provocar en el hombre una enfermedad crónica que se puede manifestar por años, como gastritis, aumentar el grado de sedimentación de los eritrocitos, enfisema pulmonar, cálculos renales, anuria, anosmia, osteoporosis, cambios dentales, hipertensión cardíaca y daño testicular (Wilson, 1970).

Christensen y Olsen (1957) establecieron que el cadmio probablemente sea el metal más potente ya que es un agente citotóxico que interfiere -- en las funciones del organismo: reemplaza al zinc, tiene afinidad por los grupos sulfidrilo, hidroxilo y compuestos nitrogenados, además es un potente inhibidor de varios sistemas enzimáticos tales como α -cetoglutarato deshidrogenasa, ácido α -dihidrolipoico deshidrogenasa y transhidrogenasa y bajo ciertas condiciones, es un fuerte inhibidor del ácido L-aminoodecarboxilasa y ureasa.

En determinadas circunstancias, el potencial biológico del cadmio --- puede ser atenuado con la administración de compuestos que tengan grupos thiol (Lagerwerff, 1972). Así mismo éste autor considera que la vida media del cadmio en el hombre es de 10 a 25 años.

El cadmio es empleado principalmente para cubrir metales y protegerlos de la corrosión. Su aleación con el cobre, plata y otros metales es útil para la fabricación de aparatos eléctricos, en la industria del vidrio y colorantes textiles.

El metal cromo y sus derivados pueden causar en el hombre perforaciones en el septo nasal, dañar piel de manos y antebrazos; sus vapores están asociados con catarros crónicos, enfisema pulmonar y cáncer en los pulmones (Norval y Butler, 1975).

En ecosistemas acuáticos mata a los alevinos y retarda el crecimiento en truchas y gupis (Benoit, 1975).

Se emplea el cromo para cubrir superficies de metales oxidables; al alearse con el acero le proporciona dureza y resistencia sin disminuir su elasticidad. También en la fabricación de aparatos eléctricos, tintes, vidriados, porcelanas, fotografía y curtiduría.

El mercurio es el único metal líquido a temperatura ambiente que por su alta presión de vapor se volatiliza muy fácilmente y es venenoso (Puig, 1961).

Las formas alquilo del mercurio, particularmente las etilo y metilo, son significativamente tóxicas y biológicamente más móviles que las otras formas del mercurio (Huisinsh y Huisinsh, 1975).

La erosión natural, transporta mercurio de los continentes a los océanos a través de los ríos a una velocidad de 5 000 toneladas por año (Ketchum, et.al., 1971). Del total de mercurio extraído anualmente, se estima que el 90 % se usa en la industria y el resto como componente de pesticidas (Huisingh y Huisingh, 1975).

La absorción ínfima cotidiana de éste metal durante algunos meses, ya sea por vía digestiva o respiratoria, puede determinar una intoxicación crónica, hasta producir la muerte; ésta intoxicación es debida a un proceso acumulativo en los tejidos, ya que se elimina muy lentamente e inhibe la acción enzimática. Los principales síntomas de intoxicación que van apareciendo progresivamente son: exceso de salivación, inflamación y ulceración de las encías y mucosa bucal, trastornos digestivos, nerviosos y parálisis (Puig, 1961).

El mercurio se emplea en la fabricación de cloro, sosa cáustica, lámparas de vapor de mercurio y tubos fluorescentes, en barómetros, termómetros, fungicidas y bactericidas, en pinturas para estampado de telas y en la medicina como antiséptico y diurético (Puig, 1961).

El plomo produce en el hombre la enfermedad llamada saturnismo que se manifiesta externamente en el color azulado que toman el borde de las encías; ataca a las células sanguíneas, hueso, hígado, riñón y sistema nervioso; a nivel celular se concentra en núcleo, mitocondrias y microsomas (Parada, et.al., 1975).

Se estima que el plomo es tomado en un promedio diario de 300 μg en alimentos sólidos, 20 μg en líquidos y de 10 a 1 000 μg por aire; cerca del 10 % de la ingestión de plomo es absorbida gastrointestinalmente y - del 30 al 50 % es inhalado (Lagerwerff, 1972). El plomo se excreta principalmente por orina, heces fecales y en menor grado por saliva, sudor y pelo.

Una de las fuentes principales de éste metal es la gasolina (tetra-etilo de plomo) y otros derivados del petróleo que pueden penetrar al - cuerpo a través de las vías respiratorias o al ingerir alimentos contaminados por estar en contacto con diversos compuestos y elementos tóxicos: biocidas, barnices, pinturas, recipientes vidriados, etc. (Phillips, 1976b y Parada, et. al., 1975).

3. ORGANISMOS ACUATICOS INDICADORES DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS

En general la contaminación por metales pesados en los sistemas acuáticos es baja (Riley y Chaster, 1971), sin embargo en algunos ríos y estuarios, existen concentraciones muy altas las cuales están relacionadas con el aporte de lodos metalíferos. Este incremento en la concentración de metales pesados, es capaz en algunas ocasiones, de reflejarse en los organismos que habitan dicho sistema, por lo que se les denomina organismos indicadores.

No todos los organismos son capaces de ser indicadores de la contaminación ambiental debido a que algunos, poseen ciertos mecanismos que les permiten regular dichas concentraciones dentro de su cuerpo. Este grado de protección varía de especie a especie tanto que, en condiciones de contaminación el balance ecológico se inclinará hacia aquellas especies que sean más tolerantes (Bryan, 1976).

Algunos organismos mantienen un nivel normal de metales pesados al regular la concentración por medio de la excreción; los bivalvos pueden temporalmente prevenir su entrada al cerrar sus conchas (Bryan, 1976).

La permeabilidad es un factor importante que permite determinar la tolerancia a los metales pesados, ya que existe una cercana relación entre el grado de absorción y la toxicidad. Corner y Rigler (1958) demostraron que el mercurio en la larva de Artemia salina era menos tóxico que en el percebe Elminius modestus por el hecho, de que la superficie -

corporal de Artemia salina es más impermeable; por este motivo, en ocasiones la toxicidad del metal no es tan importante como la velocidad y - facilidad de penetración.

En el caso de que el metal haya sido ingerido y no absorbido por un transporte activo o pasivo, la forma o estado del metal será muy importante ya que debe ser un compuesto muy estable para que no se desnaturalice bajo la acción digestiva.

Desde el punto de vista de salud pública, estos mecanismos de protección determinan el grado de contaminación en peces e invertebrados comestibles, aunque en sí, el organismo mismo no haya sido afectado (Huisingh y Huisingh, 1975).

Dentro de los poliquetos, peces, crustáceos y moluscos principalmente, existen un gran número de organismos que pueden actuar como indicadores de contaminación por metales pesados. Los poliquetos Nereis y -- Nephrithys son buenos indicadores de niveles altos de plata, plomo, cobre y cadmio ya que no pueden regular su concentración, sin embargo, no lo son para el zinc puesto que son capaces de mantenerlo a un nivel normal, por esta razón se dice que los metales esenciales, con excepción - del cobre pueden ser regulados a diferencia de los no esenciales. El - plomo, cadmio y mercurio a pesar de no ser esenciales pueden ser regulados sólo por ciertos organismos (Bryan, 1976).

Blanton, et al. (1972) han reportado que en el mar, el mercurio puede

ser regulado por algunos peces, pero esto aún es limitado en ausencia ---- de contaminación. La habilidad para eliminar el mercurio es mínima, esto explica el hecho de encontrar altas concentraciones de éste metal en atún, pez espada y algunos tiburones (Rivers, et.al., 1972 y Cross, et.al., - 1973).

Boyden (1974) encontró que el factor de concentración para Mytilus - edulis dependía de su tamaño, es decir, que las concentraciones de plomo, cobre, zinc y fierro decaían con el incremento del peso y que los niveles de níquel y cadmio permanecían constantes, por otro lado Cross, et. al., (1973) observaron que la concentración del mercurio en algunos peces marinos aumentaba con la edad y talla.

Fowler y Benayoung (1974) detectaron una relación directa entre la - toma y concentración de cadmio en el camarón Lysmata seticaudata y el - mejillón M. edulis; para el cromo en el bivalvo Tapen decussatus (Chipman, 1966) y para el cromo y el plomo en el ostión Crassostrea virginica (Bhuster y Pringle, 1969). Zarogian, et.al. (1979) consideraron a este último como un excelente indicador de plomo.

Se estima que la regulación de metales en general es pobre en moluscos ya que la toma y depuración son proporcionales a la concentración - externa (Bryan, 1971).

Algunos autores han reportado el hecho de que ciertos bivalvos son capaces de acumular mercurio, por ejemplo: Venus japonica (Irukayama, -

1962), Mercenaria mercenaria y Spisula sp. (Craig, 1967), Tapes decussatus
(Unlü, et.al., 1970), Crassostrea virginica (Cunningham y Tripp, 1973),
C. gigas (Beymour y Nelson, 1972).

4. RECURSO OSTRICOLA

En determinadas condiciones, la explotación de los animales acuáticos puede realizarse de manera idéntica a como se hace en tierra firme con el ganado. Este es el caso de los cultivos de peces, crustáceos y moluscos. Las ostras y ostiones son los invertebrados que más se han manejado en cultivo desde hace varios siglos y cuyas posibilidades tienden a aumentar. Su gran demanda para el consumo humano se debe a su alto contenido en proteínas y vitaminas tales como: vitamina A, tiamina, riboflavina y niacina, también carbohidratos de fácil digestión así como sales minerales de fierro, cobre, calcio, magnesio, fósforo, etc. (Ramírez y Sevilla, 1965).

De acuerdo con el anuario estadístico de la F.A.O. (1970) la producción total de ostiones en el mundo para el año de 1970 fué de 730 000 toneladas de las cuales, 702 000 pertenecen al género Crassostrea y 28 000 al género Ostrea. En la tabla siguiente se indica la producción por especie:

<u>Crassostrea virginica</u>	355 000 toneladas
<u>C. gigas</u>	282 000 "
<u>C. angulata</u>	49 000 "
<u>C. sp.</u>	16 000 "
<u>Ostrea edulis</u>	21 000 "
<u>O. chilensis</u>	2 000 "
<u>O. sp.</u>	5 000 "

Por otra parte la producción se encuentra distribuída en los siguientes países : Estados Unidos: 346 000 toneladas (312 800 ton de Crassostrea virginica, 33 100 ton de C. gigas y 100 ton de Ostrea lurida). Japón : -- 190 800 toneladas de C. gigas. Francia: 59 400 toneladas (40 300 ton de - C. angulata y 19 100 ton de O. edulis). Corea 42 600 toneladas de C. --- gigas. México : 42 400 toneladas (41 100 ton de C. virginica y 1 300 ton de O. chilensis) (Flores, et.al., 1974).

Se ha estimado que la demanda mundial de ostiones aumentará para el - año 2000 de las actuales 730 000 toneladas a más de dos millones.

México es uno de los países que cuenta con mayor proporción de lagunas costeras. Sus dos litorales soportan explotación ostrícola, siendo - la especie de mayor consumo el ostión del Golfo de México (Crassostrea virginica) (Ruiz, 1978).

El ostión es un recurso que se encuentra sometido a una reglamenta-- ción para su conservación y recuperación, por esto se estipula una veda oficial de captura condicionada a trabajos de cultivo y cuotas de explotación por las sociedades cooperativas de producción ejidal o sociedades de producción pesquera (Ruiz, 1978).

De la tabla siguiente el Golfo de México aportó casi el 80 % de la - producción ostrícola anual.

Año	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Vol.	19 863	20 168	24 484	32 418	32 764	28 897	26 823	25 556

Año 1974 1975 1976 1977 1978
Vol. 26 813 26 928 28 018 25 087 35 331

La veda comprende del 15 de mayo al 31 de julio, la talla mínima de captura es de 80 mm . Este producto se encuentra en el mercado en estado natural para su consumo en fresco ya sea en su concha o sin ella, una parte mínima puede ser sometida a procesos de deshidratación para su consumo en fresco. En pequeños volúmenes también se industrializa como conserva enlatada que puede presentarse como ostión ahumado, en salmuera o en escabeche.

En nuestro país las principales localidades ostrícolas reconocidas por su explotación en la región del Pacífico son : desde los esteros de Guaymas hasta bahía de Lobos, Sonora; en Sinaloa, bahía de Altata y Pabellón, barra de Teacapan, barra de Comichin, estero de San Andrecito y estero de Trocones; en Nayarit, Campo de los Limones y Otatitos, la Mexcaltitan y San Blas y otras en Manzanillo, Colima, Jalisco, Michoacan, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

En la región del Golfo: laguna Madre, en Tamaulipas; Pueblo Viejo, laguna de Tamiahua, Tampamachoco, Tuxpan, Tecolutla, Nautla, estero de Tres bocas, río Misantla, barra de Palmas, boca del Río (Mandinga) en Veracruz; la laguna del Carmen y Machona, Puerto Ceiba y laguna de Mecocan en Tabasco; isla Agunda, estero de Moguel, boca de Atasta, Palizada Vieja, río Blanco, Boca chica, Falcachá y boca de los Pargos en la laguna de Términos Campeche.

Las condiciones que se presentan a lo largo de los litorales mexicanos son propicias para el desarrollo de las ostras, sin embargo, la intensa explotación ha provocado el agotamiento de los bancos, éste se ha agudizado por el vertimiento de contaminantes que alteran las condiciones naturales causando daños ecológicos irreparables.

La forma más eficaz para extraer ostiones comercialmente, es por medio de dragas que se arrastran sobre los bancos, aunque en México, éste método no es aplicado. La técnica más utilizada en nuestro país es el de las " gafas ", que son utensilios que constan de dos ejes de madera dispuestos en forma de tijera, en cuyas extremidades se fija una barra metálica dotada de dientes que al momento de ser utilizada para la extracción de ostiones, actúa a manera de tenaza; generalmente tiene una longitud de tres, cuatro o más metros; su efecto destructivo es nulo, aunque no es eficaz para obtener grandes cantidades, excepto cuando se dispone de mano de obra abundante. En algunas regiones de nuestros litorales la recolecta se hace a mano cuando los bancos quedan al descubierto, o bien por buceo. De aquí la necesidad de un mejoramiento en los métodos de extracción de ostiones en México. El reemplazo de las artes de extracción deberá coincidir con el mejoramiento de las embarcaciones y otros aspectos de la industria ostionera en general.

CULTIVO.

El cultivo de las ostras es en general semejante en todas las regiones donde se practica ésta actividad.

Los métodos más elaborados son los que se practican en naciones europeas como Francia y Holanda donde han alcanzado altos niveles técnicos y científicos. En lo que se refiere a rendimiento probablemente Japón sea el país donde se obtiene los más elevados, con gran perfeccionamiento técnico. En los Estados Unidos, las actividades ostrícolas son notables por su extensión más no por rendimiento, sin embargo, en éste país se han llevado a cabo numerosas investigaciones científicas que contribuyen a conocer con mayor claridad la biología de las ostras, lo que es fundamental para emprender con éxito la propagación de éstas especies.

Para el cultivo de los ostiones es necesaria : La selección y mejoramiento de las áreas de cultivo; una colecta o recolección de semilla; separar los ostiones de los colectores cuando ya han alcanzado cierta talla para evitar aglomeraciones y la distribución en las zonas de crecimiento y engorde.

PRINCIPALES METODOS DE OBTENCION DE SEMILLA.

1.- La forma más sencilla de obtener fijaciones de larvas consiste en devolver las conchas vacías de los ostiones a los bancos de origen o a zonas de insuficiente sustrato. Esta práctica por su sencillez, es una de las más extendidas en algunas naciones, principalmente en México.

2.- Sartas de conchas suspendidas por alambres o cuerdas alquitranadas, con segmentos separatorios que cuelgan en balsas flotantes o parques fijos.

3.- Enramadas de plantas de diferentes especies (encino, mangle, - etc.), colocadas a profundidades determinadas previamente.

4.- Por tejas, éstas son láminas de asbesto recubiertas con una capa de cal, arena y cemento, cuyas proporciones dependen del sitio de fijación. Se han utilizado las proporciones 10:10:1 y 3:2:1.

5.- Colectores Piythereh, consisten en estructuras cuadrangulares de cartón partido en secciones cúbicas. Los cuales son recubiertos con "lechadas" de cal, cemento y arena. Una vez secos se unen en grupos, rodeados de tela de alambre y se distribuyen en lugares previamente conocidos, ya sean suspendidos o sobre el suelo.

6.- Láminas y/o listones plásticos, estacas de madera, rectángulos - de madera y cemento.

Entre las circunstancias adversas que dañan a las ostras se pueden mencionar: a) cuando el sustrato es inestable, los organismos pueden ser cubiertos por los sedimentos y perecer asfixiados; b) enemigos naturales (competidores y depredadores); c) enfermedades, las poblaciones de ostiones desarrollan resistencias naturales, pero cuando son vulnerables pueden ser diezmadas por completo; d) explotación exhaustiva; e) envenenamiento por sustancias tóxicas vertidas al agua.

Es recomendable la prospección biológica de los bancos naturales, ya que indica la intensidad de extracción verificada por el hombre, la depredación y el efecto de otros factores.

5. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA BIOLOGIA DEL OSTION

Cerca de 100 especies de ostiones han sido descritas en el mundo, - sin embargo, sólo 10 son de importancia comercial. Europa, Australia, Japón, China, India, Africa, Norte y Sudamérica son productoras de ostiones.

En la República Mexicana ambos litorales soportan explotación ostrícola, siendo la especie de mayor consumo a la que se le conoce como ostión del Golfo, ostión americano u ostión de placer (Crassostrea virginica). Su área de distribución comprende: Canadá, Golfo de México y Mar Caribe.

Su posición sistemática es la siguiente:

Phylum Mollusca
Clase Lamellibranchia
Orden Pseudolamellibranchiata
Familia Ostreidae
Género Crassostrea Saccon, 1897.
Especie C. virginica Gmelin, 1790.

ANATOMIA EXTERNA.

La concha consiste de dos valvas asimétricas, secretadas por el borde del manto, una izquierda o inferior por medio de la cual se adhiere al fondo, y otra derecha o superior, en cuyo extremo anterior muestra un surco en donde se aloja un ligamento que une a ésta con la otra, constituyendo la charnela. Externamente son de color gris, pueden o no presentar ondulaciones en la superficie. Cada valva está compuesta de tres ca-

pas: el periostraco que es la más externa, delgada y dura, en los ostiones viejos está muy gastada; la prismática es la capa media y el ostraco la más interna. Estas dos capas están constituidas principalmente de carbonato de calcio u óxido de calcio. La superficie externa de la concha se forma por la sobreposición de finas láminas dispuestas concentricamente, lo que da lugar a la formación de anillos o estrías de crecimiento; los cambios en la velocidad de crecimiento son reflejados en los pliegues que están entre los anillos. Estos no son necesariamente representaciones de crecimiento anual.

La superficie interna de la valva derecha es de color blanco con iridiscencias violáceas, presentando hacia la parte posterior una impresión de color claro, que es la del músculo aductor, el cual se encarga de cerrar y abrir las valvas, la marca del manto sobre la superficie interna de las conchas es poco distinguible.

ANATOMIA INTERNA.

El aparato digestivo consta de una boca, situada en la parte anterosuperior y cuatro palpos o labios colocados debajo de la misma boca, éstos separan y conducen las partículas alimenticias procedentes de las branquias, le sigue el esófago, un estómago e intestino que termina en el ano, el cual desemboca en la parte superior del músculo aductor; también presenta una glándula digestiva o hígado.

El aparato circulatorio consta de un corazón con un ventrículo y una

aurícula, arterias, venas y lagunas.

El aparato respiratorio consta de cuatro branquias, cubiertas por hileras de cilios que están en constante movimiento produciendo corrientes de agua, renovando el abastecimiento de oxígeno y acarreando fuera los desechos, también por la misma corriente son atrapadas partículas alimenticias que son transportadas por la acción de los cilios a la boca.

El sistema nervioso es rudimentario, carece de cerebro y consta de varias ramas de nervios ganglionares y de una pequeña red de nervios que van a los distintos órganos.

El aparato reproductor está constituido por una glándula indiferenciada superficialmente, que se encuentra entre los repliegues intestinales; cuando está en plena madurez, recubre al estómago, hígado y demás vísceras. Los numerosos conductos que posee ésta glándula se unen y desembocan en dos aberturas situadas debajo del músculo aductor, una a cada lado, por las que se descargan los productos sexuales hacia la cámara branquial y de ahí al exterior.

Los ostiones pueden cambiar de un sexo a otro durante el curso de su vida (protandrico). El cambio ocurre antes que las gónadas estén completamente desarrolladas. Un solo ostión no es capaz de fertilizar sus propios huevos. Muchos de los ostiones jóvenes son machos, pero el porcentaje de hembras y machos en los ostiones viejos es casi igual.

Los ostiones liberan los gametos en el agua donde se realiza la fecundación; durante las primeras 24 o 36 horas, el huevo fertilizado se transforma en larva trocófora y más tarde en larva véliger; después de casi dos semanas, la larva se fija a un sustrato adecuado por medio de la emisión de un pie para lo cual, es necesaria la presencia de sales de cobre y una salinidad de 10 a 20 ‰. Las hembras maduras de Crassostrea virginica pueden liberar en seis o siete ocasiones cerca de 500 millones de huevecillos a través de las branquias que son descargados directamente con la corriente de agua que va hacia afuera.

Las funciones reproductivas van de acuerdo con la especie, la latitud, temperatura, salinidad y presencia de esperma en el agua. La madurez sexual se inicia más tempranamente en latitudes surianas que nórdicas.

C. virginica en aguas mexicanas se encuentra sexualmente madura a una talla de 50 mm (Ramírez y Sevilla, 1965) y en buenas condiciones de nutrición comienza a reproducirse cuando solo tiene de tres a cuatro meses de edad a una temperatura de 20°C y un pH de 8.2. En el estado de Tamaulipas, la reproducción masiva es aproximadamente en el mes de junio; en Tabasco y Campeche de abril a mayo.

NUTRICION

Los ostiones son de régimen esencialmente fitófago pues se alimentan casi exclusivamente de diatomeas y otros vegetales, dando un color verde ao al tracto digestivo, tambien interviene en su alimentación el zooplank

ton, larvas y huevecillos de su propia especie.

El ritmo o intensidad con que se alimentan los ostiones repercute directamente en su crecimiento. En 1947 Loosanoff demostró que los ostiones pueden alimentarse en aguas turbias hasta cierto punto ya que, una gran turbidez sea por microorganismos o materia inanimada ocasiona la -- disminución en su velocidad de alimentación.

En Crassostrea virginica la alimentación cesa entre 7 y 9.5 °C y a altas temperaturas también. La velocidad de bombeo y filtración de agua para ostiones de 50 mm de talla es de 30 l/h a una temperatura de 30 °C.

CRECIMIENTO.

Para cada especie es estacional y varía localmente siguiendo las - oscilaciones de las condiciones fisicoquímicas y biológicas. C. virginica presenta dos períodos de crecimiento acelerado uno prereproductivo y - otro postreproductivo, los cuales decrecen con la edad (Ramírez y Sevilla, 1965).

Butler (1954) resume las condiciones de crecimiento de C. virginica en áreas ostioneras estadounidenses del Golfo de México donde el crecimiento es inferior al registrado en la región del Atlántico. En Florida el crecimiento es de hasta 2.5 cm en cinco semanas; en 31 semanas a una temperatura de 28 °C y salinidad de 26 ‰ alcanza 10 cm lo cual, en latitudes más altas se lograría en casi 4 años.

6. AREA DE ESTUDIO

Las lagunas descritas a continuación fueron seleccionadas por su importancia ostrícola y por el riesgo de contaminación que implica su cercanía a zonas industriales.

Laguna de Tampamachoco, Ver.: Es una laguna somera, con una profundidad aproximada de 0.9 m. Al sur se comunica con el río Tuxpan el cual desemboca en el Golfo de México a través de la barra de Tuxpan; al norte se continúa por un canal estrecho llamado canal de Mojarras con la laguna de Tamiahua. Se localiza entre los paralelos $21^{\circ} 05'$ y los $19^{\circ} 05'$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 17'$ y $97^{\circ} 19.4'$ de longitud oeste. Su salinidad oscila entre 18 y $31 \text{ } \text{‰}$; el sustrato es limo-arcilloso.

Se establecieron 5 sitios de muestreo entre los bancos de la "Mata" localizados en la propia laguna y uno más en el estero que la comunica con el río Tuxpan (fig. 1).

Laguna de Mandinga, Ver.: Pertenece a un sistema que consta de seis lagunas intercomunicadas por esterros: Estero Conchal, Laguna Larga, Estero Horcones, Laguna de Mandinga Chica o Laguna Redonda, Estero de Mandinga y Laguna de Mandinga Grande. Se localiza entre los paralelos $19^{\circ} 00'$ y $19^{\circ} 06'$ de latitud norte y los meridianos $96^{\circ} 02'$ y $96^{\circ} 06'$ de longitud oeste.

Las lagunas están separadas del mar hacia el noroeste por una barre-

ra de médanos. En el sistema no desemboca ninguna corriente de consideración, aunque existe un aporte de agua dulce de cierta importancia que pasa a través de los médanos y de las pequeñas corrientes de verano, que desembocan principalmente en la orilla sur de la laguna de Mandinga Grande. La profundidad es de aproximadamente de 1.6 m con grandes bajos de 0.5 m cerca de la línea de costa. La salinidad decrece al aumentar la distancia con respecto al mar, por lo cual la máxima se localiza en el estero Conchal y la menor en la laguna de Mandinga Grande.

Se realizaron cinco sitios de muestreo entre laguna larga y laguna Redonda y uno más entre el estero Mandinga y laguna de Mandinga Grande (fig. 2).

Laguna del Carmen, Tab.: Se localiza entre los paralelos $18^{\circ} 15'$ y $18^{\circ} 30'$ de latitud norte y $93^{\circ} 53'$ y $93^{\circ} 30'$ de longitud oeste, a 35 Km al este del río Tonalá. Forma parte del sistema lagunar del Carmen - de la Palma - Pajonal - la Machona - laguna Redonda. Están separadas del mar por una barrera litoral de 35 Km de longitud; la comunicación al Golfo se realiza a través de dos bocas: la primera al noroeste de la laguna del Carmen es natural y tiene 400 m de anchura, la segunda al noreste de la laguna la Machona, es artificial y su ancho es de 200 m. El aporte de agua dulce a la laguna está condicionado principalmente a la época de lluvias y a los ríos San Felipe o Nuevo y Santa Ana que vierten su caudal, el primero en el extremo noroeste de la laguna del Carmen y el segundo al noroeste de la laguna Machona. La profundidad es de aproximadamente 0.9 m con valores máximos de 6.0 m en la boca de Santa Ana y de -

3.0 m en la Boca Panteón.

Dos sitios de muestreo se localizan cerca de los extremos de la Boca Santa Ana y tres más en los "sartas" que son cuidados por los miembros de la cooperativa pesquera (fig. 3).

Laguna de Atasta, Camp. : Está en comunicación con la laguna de Términos, se localiza entre los paralelos $18^{\circ} 35'$ y $18^{\circ} 36'$ de latitud norte y los meridianos $92^{\circ} 09'$ y $92^{\circ} 04'$ de longitud oeste. Sus límites son: al este la laguna de Pom, al sur la laguna de Palancares, al oeste la laguna de Términos y al norte el Golfo de México. Forma parte del complejo deltáico del río Usumacinta, con una profundidad media de 2.0 m; su salinidad es baja, siendo practicamente de agua dulce, el substrato es arenolimo-arcilloso.

Los sitios de muestreo están en la boca de la laguna (fig. 4).

7. MATERIAL Y METODO

Para el desarrollo de éste estudio se llevó a cabo trabajo de campo y de laboratorio.

TRABAJO DE CAMPO.

En las lagunas seleccionadas se establecieron varias estaciones de acuerdo con los "cabezos" más importantes, realizándose tres muestreos en cada una de ellas durante los años de 1979-1980. Se colectó agua, sedimento y ostiones. Así mismo, "in situ" se determinó la temperatura, -- pH y oxígeno disuelto.

Los envases para el transporte de agua y sedimento se lavaron perfectamente con detergente, enjuagándose con agua corriente, ácido nítrico - concentrado ultrapuro (c.u.) (1+1) y agua desionizada.

El agua se colectó con botellas VanDorn y el sedimento con draga Petersen (evitando tomar la muestra que estuviese en contacto con el metal). A las muestras de agua se les añadió 5 ml de ácido nítrico (c.u.) y las de sedimento se conservaron en hielo hasta su llegada al laboratorio en la Ciudad de México. Los ostiones se colectaron mediante "gafas" o manualmente, almacenándose en bolsas de plástico que se depositaron en hieleras hasta su procesamiento.

TRABAJO DE LABORATORIO.

Los ostiones fueron limpiados de objetos adheridos a su concha, tomándoseles sus características morfométricas y el peso de la parte blanda; se formaron lotes de acuerdo a su peso con intervalos de 5 g y posteriormente se macraron en un mortero para formar una masa homogénea la cual, se dividió en tres alícuotas de aproximadamente 3 g cada una, la primera para determinar plomo, cromo y cadmio; la segunda para mercurio y la tercera para peso seco.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS.

Ostión: Para la determinación de plomo, cromo y cadmio las alícuotas se colocaron en una estufa a una temperatura de 100°C por 2 h, para su desecación, posteriormente se pasaron a una mufla durante toda la noche hasta alcanzar lentamente una temperatura de 375 °C, se dejaron enfriar y las cenizas se disolvieron con 2 ml de ácido nítrico (c.u.) llevándose a un volúmen de 250 ml con agua desionizada; se calentaron a una temperatura baja para completar la disolución hasta disminuir el volúmen a 10 ml, se filtraron con papel Whatman 40, previamente lavado con ácido nítrico (c.u. 1+1) y agua desionizada, se aforaron a un volúmen final de 50 ml, quedando listas para su análisis.

Para la determinación de mercurio se utilizaron matraces Erlenmeyer de 250 ml colocados en un baño con hielo; se les vertió las alícuotas, 70 ml de agua desionizada y 30 ml de ácido sulfúrico (c.u.). Posteriormente se llevaron a un baño de temperatura constante (50-55 °C), agregándoseles cristales de permanganato de potasio hasta mantener un color púrpuro

ra, después se pasaron al baño con hielo y se aforaron con agua desionizada a 100 ml, estando así listas para su análisis.

Sedimento: Para la determinación de plomo, cromo y cadmio a las alícuotas colocadas en matraces Erlenmeyer de 250 ml, se les agregó 10 ml de agua desionizada y 2 ml de ácido nítrico (c.u.); se calentaron a una temperatura de 90 °C, evitando la ebullición hasta reducir el volumen a 20 ml, se enfriaron y filtraron con papel Whatman 40, finalmente se diluyeron a un volumen de 50 ml quedando listas para su análisis.

Para la determinación de mercurio, las alícuotas se trataron de la misma forma que las del ostión.

Agua: Para la determinación de plomo, cromo y cadmio, a las muestras se les practicó una extracción con metil isobutil cetona.

Para el mercurio, se tomaron alícuotas de 100 ml de muestra, añadiendo 2 ml de ácido sulfúrico (c.u. 1+1) y permanganato de potasio al 5% hasta mantener una coloración púrpura.

DETERMINACION ANALITICA.

Se realizó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer mod. 460. Para plomo, cromo y cadmio se utilizaron las técnicas de flama y horno de grafito, según las concentraciones detectadas. El mercurio se determinó mediante la técnica sin flama (vapor frío), empleando -

para la liberación del metal clorhidrato de hidroxilamida y cloruro estannoso al 10 %.

Para calibrar el aparato, se utilizaron estándares con los diferentes metales aplicandoles el mismo tratamiento que se les dió a las muestras.

Los resultados se tabularon, graficaron y se analizaron estadísticamente.

8. RESULTADOS

La tabla I, contiene las características físicoquímicas del agua de -- las lagunas Tampamachoco, Mandinga, del Carmen y Atasta, las cuales están dispuestas por su localidad geográfica en el litoral del Golfo de México de norte a sur.

De la tabla II a la V, están tabuladas la cantidad de ostiones que se presentaron en los diferentes intervalos de concentración para cada metal cadmio, cromo, mercurio y plomo en las diferentes lagunas.

En la tabla II, puede observarse que la laguna que presentó la máxima concentración de cadmio fue la del Carmen y en sentido opuesto la de Atasta.

En la tabla III, se aprecia que las lagunas que sobresalieron por su alto contenido de cromo fueron Mandinga y del Carmen con una concentración de 0.80 ppm.

La tabla IV, muestra que el mercurio se presentó en bajas concentraciones; la mayor cantidad de ostiones están en el intervalo de 0.001 a 0.100 ppm; sin embargo algunos ostiones presentaron concentraciones significativas principalmente en Mandinga.

La tabla V, nos indica que el plomo se encuentra en mayor concentración en la laguna de Mandinga con niveles hasta de 1.0 ppm, mientras que

los valores más bajos se registraron en la laguna de Tampamachoco.

Se elaboraron tablas de contingencia de 4×2 para cadmio, mercurio y plomo para determinar si existía diferencia significativa en las lagunas en cuanto a la cantidad de organismos que sobrepasaban el límite permisible (L.P.) para su consumo, los cuales son establecidos por la Food and Drug Administration (1971) para el alimento.

Los resultados de la prueba estadística están contenidos en la tabla VI. Con lo que respecta al mercurio, pocos organismos sobrepasaron el L.P. de 0.5 ppm (4.3 %), de tal forma que no se detectó contaminación en las lagunas ($P > 0.05$). Para el plomo se encontró que en la laguna del Carmen, el 66.0 % de los organismos colectados sobrepasaron el L.P. de 0.200 ppm; en el resto de las lagunas fueron del 5 al 36.0 % correspondiendo el porcentaje más bajo a Tampamachoco; la hipótesis nula en éste caso se rechazó ($P < 0.05$). El cadmio se encontró en un porcentaje del 50 al 98 % de los organismos, por arriba del L.P. de 0.135 ppm, principalmente en aquellos de la laguna del Carmen ($P < 0.05$). Para el metal cromo no existe un límite permisible ya que por ser un elemento esencial puede variar su concentración entre los organismos y de especie a especie, de acuerdo a su alimentación.

En la tabla VII, se reporta la concentración del metal en clases establecidas de acuerdo al peso y talla del ostión, en cada una de las lagunas. El cadmio presentó un comportamiento irregular, de tal forma que no se encontró relación entre la concentración y el peso del organismo.

Para el mercurio los valores son tan bajos que no puede observarse alguna relación, a diferencia del plomo y cromo que disminuyen a medida que aumenta el peso y talla del ostión.

En la tabla VIII, están contenidos los valores de agua, sedimento y ostión (peso seco) y su factor de concentración con respecto al agua -- denominado como Fc. (Brooks y Rumsby, 1965).

$$F_c = \frac{\text{Concentración del metal en ostión}}{\text{Concentración del metal en agua}}$$

De la figura 5 a la 8 se presenta la variación que existe entre los - niveles de metales pesados en agua, sedimento y ostión en las lagunas..

El mercurio se acumuló en el siguiente orden decreciente: ostión, se-
dimento, agua. (figura 5).

En la figura 6, se aprecia que los valores de cadmio en el ostión fue-
ron superiores a los del sedimento y agua en todas las lagunas.

Como puede observarse en la figura 7, para cromo en las lagunas de --
Tampamachoco, Mandinga y del Carmen, el sedimento sobrepasó al valor detec-
tado en el ostión y éste a su vez al del agua, sólo los valores del ostión
de Atasta excedieron a los del sedimento y agua.

La figura 8, muestra los valores de plomo en Tampamachoco y del Car-
men en donde el sedimento presenta un contenido superior al del ostión y
al del agua, para Mandinga y Atasta los valores determinados en el ostión

fueron mayores al del sedimento y agua.

En la figura 9, puede observarse que los niveles de mercurio detectados fueron bajos, sobresaliendo únicamente los encontrados en los ostiones de 22.5 y 37.5 g de peso en la laguna de Mandinga.

En la figura 10, se aprecia que solo algunos organismos de la laguna de Mandinga no sobrepasaron el L. P. de cadmio (0.135 ppm).

La figura 11, nos muestra que todas las lagunas presentaron una relación inversa entre los niveles de plomo y el peso del ostión, lo mismo -- ocurrió para el cromo (figura 12).

9. DISCUSION

Como resultado del rápido desarrollo industrial y agrícola, se ha incrementado la introducción de diversas sustancias tóxicas a los cuerpos de agua, principalmente a los estuarios y lagunas costeras (Klein y Golberg, 1970). Entre las más peligrosas están los fenoles, hidrocarburos, sales de amonio, cianuros, metales pesados y pesticidas sintéticos (Holden, 1973).

Los metales pesados tales como plomo, mercurio y cadmio nunca benefician a los organismos sino por el contrario son altamente perjudiciales aún a bajas concentraciones; ésto ha motivado que se lleven a cabo un gran número de investigaciones para tratar de evaluar sus efectos tanto letales como subletales y su grado de acumulación, pudiéndose encontrar en los organismos en diferentes proporciones dependiendo de sus mecanismos de regulación y de su "posición" dentro de la cadena alimenticia (Bryan, 1976).

La información obtenida ha servido en parte para la elaboración de estándares de calidad de agua que aseguren no solamente la sobrevivencia de los organismos sino su buen desarrollo, de tal forma que las condiciones normales prevaecientes en sus ecosistemas sean su único factor limitante, Environmental Protection Agency (EPA, 1973).

La evaluación de metales pesados en centros ostrícolas es de gran importancia por la capacidad de éstos moluscos para acumular y tolerar concentraciones superiores a los límites permisibles (EPA, 1973).

Los factores fisicoquímicos obtenidos del agua de las distintas lagunas, en términos generales ponen de manifiesto que éstos sistemas no presentan alteraciones que pudieran afectar el comportamiento de los metales pesados.

Los valores obtenidos de mercurio en el agua de las lagunas en estudio fueron menores al límite de detección del aparato $< 0.20 \mu\text{g}/\text{l}$, de tal forma que es factible que no se rebase el límite permisible de $0.10 \mu\text{g}/\text{l}$ para agua marina (EPA, 1973).

En el sedimento también los valores fueron bajos, registrándose el -- máximo en Mandinga ($0.028 \text{ mg}/\text{g}$) y el más bajo en Atanta ($0.007 \text{ mg}/\text{g}$). -- Sin embargo éstos niveles son más altos a los del agua, esto puede deberse tal vez a la precipitación del metal suspendido en el agua (Hung y Lin, 1976) y a su afinidad por la materia orgánica (Miettinen, 1973).

Los niveles de mercurio en el ostión fueron en todas las lagunas menores al límite permisible de 0.5 ppm , pudiendo deberse a la transformación que sufre de inorgánico a formas orgánicas estables de lenta eliminación (Huisingh y Huisingh, 1975). Gran parte del mercurio presente en el ostión sea de origen natural, aunque estos niveles pueden ser incrementados al recibir el cuerpo de agua residuos de origen industrial (Kunuer y Martin, 1972).

No pudo observarse relación alguna entre el peso del ostión y la concentración del metal, lo que puede deberse a los bajos niveles detectados

ya que Cunningham y Tripp (1975) reportan experimentalmente una relación inversa entre estos dos parámetros.

El contenido de plomo en el agua de las lagunas fué alto, principalmente en Mandinga con 0.125 ppm, superando el nivel establecido para zonas ostrícolas que debe ser ≤ 0.01 mg/l (EPA, 1973).

El ostión por sus hábitos filtradores acumuló plomo con un factor de concentración de 19 a 76 veces más, lo que altera su calidad como alimento ya que existe un límite permisible de 0.200 ppm, el cual fué superado en las lagunas de Mandinga y del Carmen.

El plomo es un metal con baja solubilidad en el agua, pudiéndose encontrar en forma coloidal, suspendida o precipitada. Es aportado antropogénicamente al emplearlo en la gasolina como antidetonante, sea para automóviles o lanchas (Phillips, 1976 b), en esta forma entra a la atmósfera y más tarde se precipita en tierra y agua (Zarogian, et. al., 1979), por lo cual pueden encontrarse mayores concentraciones de plomo en áreas estuarinas y continentales (> 0.200 $\mu\text{g/l}$) que aquellas presentes en mar abierto (< 0.015 $\mu\text{g/l}$) (Fishbein, 1974), en la mayoría de los casos el contenido de plomo en el sedimento fué mayor al del ostión con excepción de la laguna de Atasta, debido probablemente a su asociación con la materia orgánica y a la precipitación del metal en forma de carbonato, no quedando disponible así para los organismos, ya que se conoce que en la atmósfera y en el sedimento el plomo forma complejos poco solubles (Luxen y Harrison, 1977).

Se presentó una relación inversa entre el contenido del metal y el peso del ostión, pudiéndose deber a que estos organismos en etapas juveniles, su anabolismo es mayor ocasionando que retenga con facilidad el metal (Cunningham y Tripp, 1975).

Los valores de cadmio detectados en agua fueron menores al límite permisible de 0.01 mg/l, con excepción a los del Carmen que lo sobrepasaron.

La evaluación de cadmio en el sedimento es de gran importancia, ya que la ingestión de éste metal, es una de las principales fuentes de entrada en organismos bentónicos (Leland y Luoma, 1979).

Los valores en ostión fueron altos encontrándose el metal con un Fc. de 5 a 10×10^2 debido tal vez a la solubilidad del cadmio en el agua, -- principalmente cuando se presentan cloruros, nitratos y sulfatos en el -- medio (Harvey y Knight, 1977), ya que pueden adquirirlo directamente del agua o a través de la cadena alimenticia (Phillips, 1976 a). No se presentó ninguna relación entre el peso y el contenido de cadmio en el ostión, de tal forma que el metal puede encontrarse en el organismo en cualquier etapa de su ciclo de vida, así mismo se menciona que una vez adquirido su eliminación es muy lenta (Miettinen, 1973).

El cromo a pesar de ser un metal esencial para los animales (Brooks y Rumsby, 1965), cuando supera ciertos niveles puede causar efectos tóxicos a los organismos.

En el presente trabajo se encontró que las concentraciones de agua son inferiores al límite permisible recomendado para zonas ostrícolas - (0.01 mg/l) (EPA, 1973)

En el sedimento los valores fueron superiores al del ostión, pudiéndose precipitar posiblemente el metal al fondo de la laguna (Hung y Lin, 1976).

El ostión concentró cromo con un Fc de 5 a 9×10^2 , destacando la laguna del Carmen por sus altos valores. No existe límite permisible de cromo para el alimento, debido a que al ser un oligoelemento esencial varía su contenido normal de acuerdo con la especie (Orville, 1975).

Debe considerarse que el ostión con una talla menor a la comercial - (80 mm) es la que presenta los niveles más altos de metales pesados ésto podría proteger al consumidor, ya que ésta etapa sólo afectará a sus depredadores naturales.

10. CONCLUSIONES.

- El ostión resultó ser buen indicador de la presencia de mercurio y cadmio y no lo fué tan eficientemente para plomo y cromo
- En base al límite permisible para su consumo, no hubo indicios de que las lagunas en estudio estuviesen contaminadas con mercurio, pero sí con cadmio. En el caso del plomo es probable que la contaminación sólo exista en Mandinga y del Carmen.
- Los ostiones con talla superior a la comercial presentaron a los metales en concentraciones menores a las detectadas en el resto de los organismos.
- Es importante determinar los niveles de contaminación de las lagunas costeras principalmente las del Golfo de México, debido al incremento del desarrollo industrial y urbano, pudiendo alcanzar valores altos, alterando a los ecosistemas, esencialmente al acuático, repercutiendo en la salud pública y en la fuente de ingresos de las personas que viven de la explotación de dichos ecosistemas.
- El establecimiento de la concentración del límite permisible para los diferentes metales deben ser continuamente revisados y estar basados en nuevas evidencias con respecto a su toxicidad, para proteger a la salud humana.

- Deben hacerse estudios en el laboratorio sobre los efectos tóxicos sinérgicos de los metales, ya que en la naturaleza pueden encontrarse sólo o en combinación y en ésta última forma incrementar su daño sobre los organismos.

11. BIBLIOGRAFIA

- Affleck R. J., (1952). Zinc poisoning in a trout hatchery. *Aus. J. Mar. Freshwater Res.* 3: 142 pp.
- Benoit D., (1976). Toxic effects of hexavalent chromium on brook trout - (Salvelinus fontinalis) and rainbow trout (Salmo gairdneri). *Water Res.* 10 : 497 - 500.
- Blanton W., Blanton C. y Robinson M., (1972). The ecological impact of -- mercury discharge on an enclosed secondary bay. For Worth Texas, *Environmental Monitors*: 231 pp.
- Bowen J. M., (1976). Trace elements in biochemistry. Acad. Press., London - & New York.
- Boyden C., (1974). Trace element content and body size in molluscs. *Natura.* London. 251 : 311 - 314.
- Brooks R. y Rumsby G., (1965). The biogeochemistry of trace element uptake by some New Zeland bivalves. *Lim. Oceanogr.* 10 :521 - 527.
- Bryan G. W., (1971). The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. *Proc. R. Soc. Lond.* B 177 :389 - 410.
- , (1976). Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In: Lockwood A. (Ed.). Effects of pollutants on aquatic organisms. Soc. Exp. Biology. Serie 2. Cambridge Univ. : 7 - 34.
- Butler P., (1954). Summary of our knowledge of the oyster in the Gulf of - Mexico. *Fish. Bull. of the F.W.S.* 55 (89): 479 pp.
- Corner E. y Rigler F., (1958). The modes of action of toxic agents. Part. III. Mercuric chloride and N- amylmercuric chloride on crustaceans. *Jour. Mar. Biol. Asso. of the - United Kingdom.* 37: 85 - 96.
- Craig S., (1967). Toxic ions in bivalves. *J. Am. Osteop. Ass.* 66:1000-1002.
- Cross F., Hardy L., Jones N. y Barber R., (1973). Relation between total -- body weight and concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn and Hg in white muscle of bluefish and a bathyl demersal fish. *Jour. Fish. Res. Board of Canada* 30: 1287-1291.

- Cunningham P. y Tripp R., (1973). Accumulation and depuration of mercury - in the American oyster Crassostrea virginica. Mar. Biol. 20 : 14 - 19.
- , (1975). Factors affecting the accumulation and - removal of mercury from tissues of the American --- oyster Crassostrea virginica. Mar. Biol. 31: 311 - 319.
- Chipman W., (1966). Uptake and accumulation of chromium 51 by the clam --- Tapes decussatus in relation to physical and chemical form. In : Disposal of radioactive waste into - seas, oceans and surface waters. International ---- Atomic Energy Agency, Vienna: 571 - 582.
- Christensen F. y Olsen C., (1957). Arch. Industr. Health 16: 1 - 8.
- Engle R., (1950). Summer growth of the American oyster in Florida waters. Repr. Sci. 112 (2908): 338 - 339.
- Environmental Protection Agency (EPA), (1973). Water quality criteria. - Ecological Res. Series. Washington.
- F.A.O., (1970). Anuario Estadístico de Pesca 30.
- Fishbein L., (1974). Mutagens and potencial mutagens in the biosphere. Part. II. Metals Hg, Pb, Cd y Tl. Sci. Total. Envir. 2 : 341 - 371.
- Flores C. Salaya J. y González A., (1974). Aspectos generales sobre el cultivo de las ostras en ambientes naturales. Laguna - (33): 15 - 28.
- Food and Drug Administration, (1971). U.S. Department of Health Educa-- tion and Welfare. Food additives permitted in food and drinking water of animals, or for the treatment of food - producing animals. Fed. Reg. 29 (230): - 15814 - 15816.
- Fowler S. y Benayoung G., (1974). Experimental studies on cadmium flux --- through marine biota. Radioactivity in the sea. Inter. Atomic Energy Agency Vienna (44).
- Harvey E. y Knight L., (1977). Concentration of three toxic metals in oysters (Crassostrea virginica) of Biloxi and Pascagoula, - Mississippi estuaries. Water, Air and Soil Pollution 9 (1978): 255 - 261.
- Holden A., (1973). Effects of pesticides on fish. In: Edwards G. (Ed.).-- Envir. Pollu. by Pest. Plenum Press, London & New - York.

- Huisingsh D. y Huisingsh J., (1975). Factores que influyen en la toxicidad de los metales pesados en los alimentos. Rev. Tecnol. Aliment. 10 (4) : 145 - 158.
- Hung T. y Lin T., (1976). Study on mercury in the waters, sediments and benthonic organisms along Chai-i coastal area. --- Acta Oceanogr. Taiwanica (6) : 30 - 38.
- Irukayama K., (1962). Studies on the origin of the causative agent of Minamata disease. Part. II. Comparison of the mercury compound in the shellfish from Minamata bay with -- Hg compounds experimentally accumulated in normal shellfish. Kumamoto Med. J. 15 : 1 - 12.
- Jones J., (1964). Fish and river pollution. Butterworth Press London.
- Klein D. y Goldberg E., (1970). Mercury in the marine environment. Environ. Sci. and Tech. 4 : 765 - 767.
- Knauer G. y Martin H., (1972). Mercury in marine pelagic food chain. Limnol. and Oceanogr. 17 (6): 868 - 876.
- Lagerwerff J., (1972). Lead, mercury and cadmium as environmental contaminants in micronutrients in agriculture. Soil. Sci. - Soc. Amer. 677 : 593 - 636.
- Laxen D. y Harrison R., (1977). The highway as a source of water pollution : An appraisal with the heavy metal lead. Water. Res. 11: 1 - 11.
- Leland H. y Luoma S., (1979). Bioaccumulation and toxicity of heavy metals and related trace elements. Jour. WPCF. 21: 1592 - 1616.
- Loosanoff V., (1947). Effect of different concentrations of microorganisms on the feeding of oysters (Ostrea virginica). U S F W S. Fish Bull. 42, 21 : 31 - 37.
- Miettinen J., (1973). The accumulation and excretion of heavy metals in -- organisms. Symposium on " Heavy metals in the aquatic environment" at Nashville, Tennessee.
- Nilson R., (1970). Aspects on the toxicity of cadmium and its compounds. - Ecological Research Comtte Bull. 7. Swedish Nat. -- Sci. Res. Council, Sveravagen 166 VIII, S-113 46 --- Stockholm.
- Norval E. y Butler R., (1974). Trace elements in the human context and -- their determination by atomic absorption spectrometry. Nat. Phys. Res. Lab. Council for Scientific and Industrial Research : 1 - 42.

- Orville A., (1975). Selenium and chromium in human nutrition. The American Dietetic Association. 66 (4): 339 - 344
- Parada E., Velasco O. y Avila M., (1975). Determinación del contenido de plomo en alimentos enlatados. Rev. Tech. Aliment. - 10 (4): 170 - 173.
- Pausow H. Rothstein A. y Clarkson T., (1961). The general pharmacology of the heavy metals. Pharmac. Rev. 13: 1 - 189.
- Phillips J., (1976 a). The common mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and cooper. II Relationship of metals in the mussel to those discharged by industry. Mar. Biol. 38: 71 - 80.
- Pringle B. Hissong D., Katz E. y Mulawka S., (1968). Trace metals accumulation by estuarine mollusks. J. Sanit. Engng. Div. Am. Soc. Civ. Engrs. S-A 3, 94:455 - 475.
- Puig I., (1961). Curso general de química. Ed. Nacional, México 9a ed.: 543 - 545.
- Ramírez-G. y Sevilla M., (1965). Inst. Nal. de Inv. Biol. Pesq., Publicación (7): 1 - 100.
- Riley J. y Chaster R., (1971). Introduction to marine chemistry. Acad. Press, New York and London.
- Rivers J., Pearson J. y Schultz C., (1972). Total and organic mercury in - marine fish. Bull. Envir. Contamination and Toxicology. 8:257 - 266.
- Ruiz D., (1968). Recursos pesqueros de las costas de México. Ed. Limusa -- Wiley S.A. México: 95 - 98.
- Seymour A. Nelson A., (1972). The biological half-lives for Zn and Hg in the Pacific oyster, Crassostrea gigas. Proc. Natn. Symp. Radioecol. (Oak Ridge) 3: 1 - 20.
- Shuster C. y Pringle G., (1969). Trace metal accumulation by the American eastern oyster, Crassostrea virginica. Proc. Natn. Shellfish Ass. 59: 91 - 103.
- Skinner B. y Turekian K., (1976). El hombre y el océano. Ed. Omega S.A. -- Barcelona España: 93 - 109.
- Tait R., (1977). Elementos de ecología marina. Ed. Acribia, Zaragoza España: 73 - 88.
- Turekian K., (1974). Los océanos. Ed. Omega S.A. Barcelona España: 88 - 105.

- Unlü Y., Heyraud M. y Keckes S., (1972). Mercury as hydrospheric pollutant
1. FAO Tech. Cont. Mar. Pollution and its effects -
on living resources and fishing. Rome : 9 - 18.
- Vizcaino M., (1975). La contaminación en México. Fondo de cultura econó-
mica, México : 77 - 103.
- Wood P., (1979). Public health aspects of shellfish from polluted waters.
In: Biological indicators of water quality. Ed. A.
James y Evison, Cap. 13: 13.1 - 13.17.
- Yañes A., (1977). Piscicultura en las lagunas costeras. Perspectivas en -
México. In: Symposium on progress in marine research
in the Caribbean and Adjacent regions, Caracas Vene-
zuela, 12 - 16 July, 1976. Papers on fisheries, ---
Aquaculture and Mar. Biol. FAO, Fish. Report. (200):
529 - 547.
- Zarogian E., Morrison G. y Heltshe F., (1979). Crassostrea virginica, as
an indicator lead pollution. Mar. Biol. 52 : 189 -
196.

Tabla I. Concentración promedio de algunas características físico-químicas del agua (mg/l) de las lagunas en estudio.

Sitio de muestreo	Tampamechoco	Mandinga	Del Carmen	Atasta
Prof. (m)	1.40	1.00	1.55	2.00
Temp. (°C)	29.60	27.90	30.7	30.00
O.D.	3.20	4.50	3.70	6.00
S ‰	21.50	16.00	28.60	28.00
pH	8.10	7.93	8.30	8.50
N-NO ₃ ⁻	0.40	0.1 *	0.1 *	0.11
N-NO ₂ ⁻	0.116	0.017	0.016	0.001
Fósforo total	0.03	0.064	0.066	-
Alc. total CaCO ₃	131.00	143.0	150.0	148.0
Dureza tot. CaCO ₃	4011.0	2173.0	3450.0	-
Cl ⁻	11957.0	8838.0	1587.0	-
Ca ⁺⁺	265.0	133.0	244.0	-
Mg ⁺⁺	813.0	447.0	604.0	-
N-NH ₃	0.02 *	0.02 *	0.02 *	-

* La concentración está por debajo del límite de detección del aparato.

Tabla II. Cantidad de ostiones provenientes de las lagunas con diversos contenidos de cadmio (ppm.)

CONCENTRACION BASE HUMEDA	CANTIDAD DE OSTIONES			
	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA
0.001 - 0.100	1	51	4	2
0.101 - 0.200	86	98	-	35
0.201 - 0.300	39	56	-	43
0.301 - 0.400	10	4	31	-
0.401 - 0.500	-	-	18	-
0.501 - 0.600	-	4	38	-
0.601 - 0.700	-	-	55	-
0.701 - 0.800	-	-	2	-
0.801 - 0.900	-	-	-	-
0.901 - 1.000	-	-	7	-
1.001 - 1.100	-	-	6	-
1.101 - 1.200	-	-	-	-
1.201 - 1.300	-	-	19	-
TOTAL	136	243	180	80

Tabla III. Cantidad de ostiones provenientes de las lagunas con diversos contenidos de cromo (ppm.)

CONCENTRACION BASE HUMEDA	CANTIDAD DE OSTIONES			
	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA
0.001 - 0.100	106	74	-	-
0.101 - 0.200	26	100	14	10
0.201 - 0.300	-	41	32	28
0.301 - 0.400	-	-	38	24
0.401 - 0.500	-	-	57	-
0.501 - 0.600	4	-	14	18
0.601 - 0.700	-	4	-	-
0.701 - 0.800	-	24	25	-
TOTAL	136	243	180	80

Tabla IV. Cantidad de ostiones provenientes de las lagunas con diversos contenidos de mercurio (ppm.)

CONCENTRACION BASE HUMEDA	CANTIDAD DE OSTIONES			
	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA
0.001 - 0.100	132	152	176	77
0.101 - 0.200	-	44	-	-
0.201 - 0.300	-	-	-	-
0.301 - 0.400	-	-	-	-
0.401 - 0.500	-	2	-	-
0.501 - 0.600	4	9	4	3
TOTAL	136	207	180	80

Tabla V. Cantidad de ostras provenientes de las lagunas con diversos contenidos de plomo (ppm.)

CONCENTRACION BASE HUMEDA	CANTIDAD DE OSTRAS			
	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA
0.001 - 0.100	89	90	1	20
0.101 - 0.200	40	65	60	42
0.201 - 0.300	4	15	71	16
0.301 - 0.400	3	10	11	2
0.401 - 0.500	-	17	24	-
0.501 - 0.600	-	14	1	-
0.601 - 0.700	-	9	-	-
0.701 - 0.800	-	3	12	-
0.801 - 0.900	-	3	-	-
0.900 - 1.000	-	17	-	-
TOTAL	136	243	180	80

Tabla VI. Cantidad de ostiones que presentan un contenido $<0>$ al límite permisible (ppm) para mercurio, plomo y cadmio de las lagunas en estudio.

MERCURIO

CANTIDAD DE OSTIONES					
CONC.*	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA	total
$<.5$	132	198	176	77	583
$>.5$	4	9	4	3	20
total	136	207	180	80	603
$f >.5$	2.9	4.3	2.2	3.8	

$\chi^2 = 1.47$
 $P = > 0.05$

P L O M O

CANTIDAD DE OSTIONES					
CONC.*	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA	total
$<.200$	129	155	61	62	407
$>.200$	7	88	119	18	232
total	136	243	180	80	639
$f >.200$	5.0	36.0	66.0	22.0	

$\chi^2 = 132.8$
 $P = < 0.05$

C A D M I O

CANTIDAD DE OSTIONES					
CONC.*	TAMPAMACHOCO	MANDINGA	DEL CARMEN	ATASTA	total
$<.135$	15	121	4	6	146
$>.135$	121	122	176	74	493
total	136	243	180	80	639
$f >.135$	89.0	50.0	98.0	92.0	

$\chi^2 = 164.7$
 $P = < 0.05$

* Límites permisibles establecidos por la Food Drug Administration, para el alimento.

Tabla VII. Concentraciones de Hg, Pb, Cd y Cr (ppm) en ostiones de diferente peso (g) y talla (cm) de las lagunas en estudio.

Talla	5	7	9	10	11	11	11.5	12
Peso	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5
Hg	Tampamachoco	2	2.1	4	-	-	-	-
	Mandinga	68	61	79	44	237	5	16
	del Carmen	62	1.6	7.6	2.6	-	-	120
	Atasta	2	2	2	-	-	-	-
Cd	Tampamachoco	203	184	186	262	-	-	-
	Mandinga	146	167	138	174	76	479	21
	del Carmen	542	1393	1272	665	-	-	40
	Atasta	213	150	163	-	-	-	-
Pb	Tampamachoco	90	84	44	58	-	-	-
	Mandinga	270	347	266	403	156	106	154
	del Carmen	305	208	210	105	-	-	9
	Atasta	150	129	84	-	-	-	-
Cr	Tampamachoco	98	76	65	615	-	-	-
	Mandinga	220	217	285	111	125	71	113
	del Carmen	425	569	417	255	-	-	85
	Atasta	394	261	154	-	-	-	-

Tabla VIII. Factores de concentración y valores promedio de Hg, Pb, Cd y Cr en agua ($\mu\text{g/l}$), sedimento y ostión* ($\mu\text{g/g}$).

	TAMPAMACHOCO				MANDINGA				DEL CARMEN				ATASTA			
Metal	Agua	Sedimento	Ostión	Fc	Agua	Sedimento	Ostión	Fc	Agua	Sedimento	Ostión	Fc	Agua	Sedimento	Ostión	Fc
Hg	< 0.2	0.011	0.021	1×10^2	< 0.2	0.028	0.742	17×10^2	< 0.2	0.009	0.061	3×10^2	< 0.2	0.007	0.02	1×10^2
Cd	2.0	0.995	2.068	10×10^2	2.0	0.015	1.538	7.7×10^2	13.0	0.066	7.096	5.4×10^2	3.0	< 0.005	2.072	6.9×10^2
Pb	46.0	3.96	0.653	13.0	125.0	2.34	1.03	24.0	40.0	6.47	1.04	76.0	45.0	0.271	1.31	40.0
Cr	1.0	4.55	0.821	4×10^2	4.0	7.43	2.25	5.6×10^2	9.0	10.5	4.6	6.1×10^2	7.9	1.22	1.11	5.1×10^2

Fc: Factor de concentración
 * Concentración en peso seco

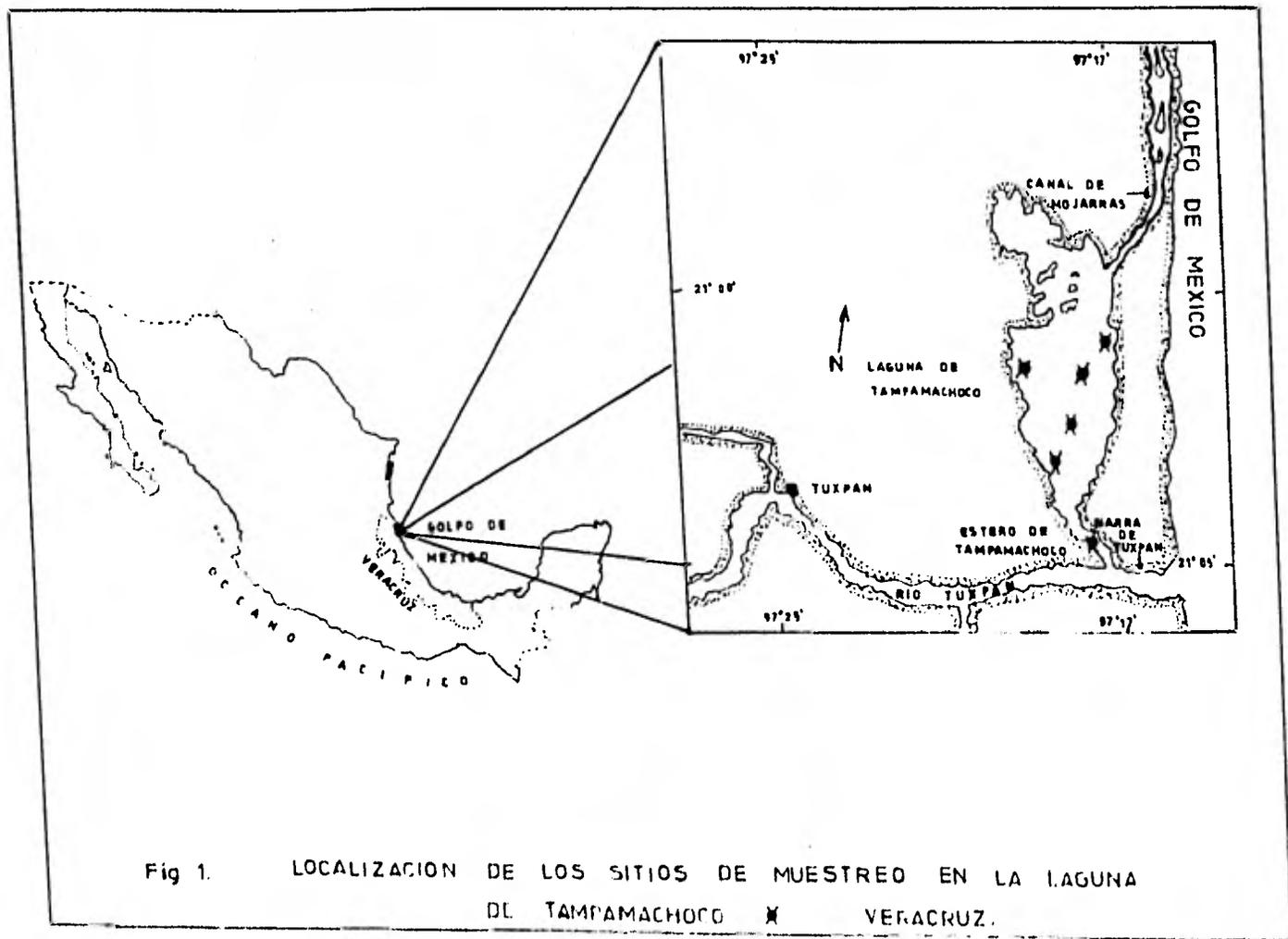
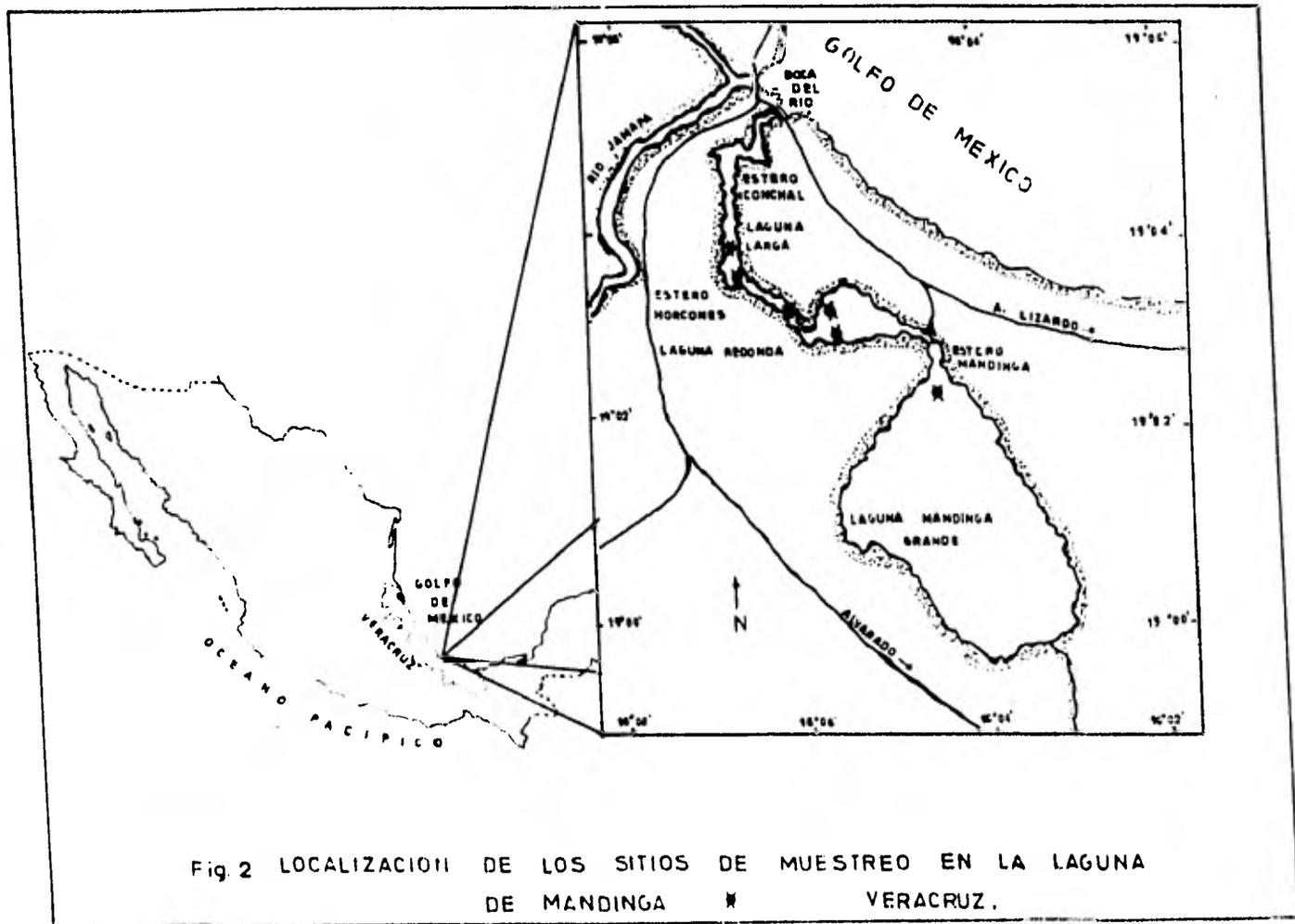


Fig 1. LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA LAGUNA DE TAMPAMACHOCO X VERACRUZ.



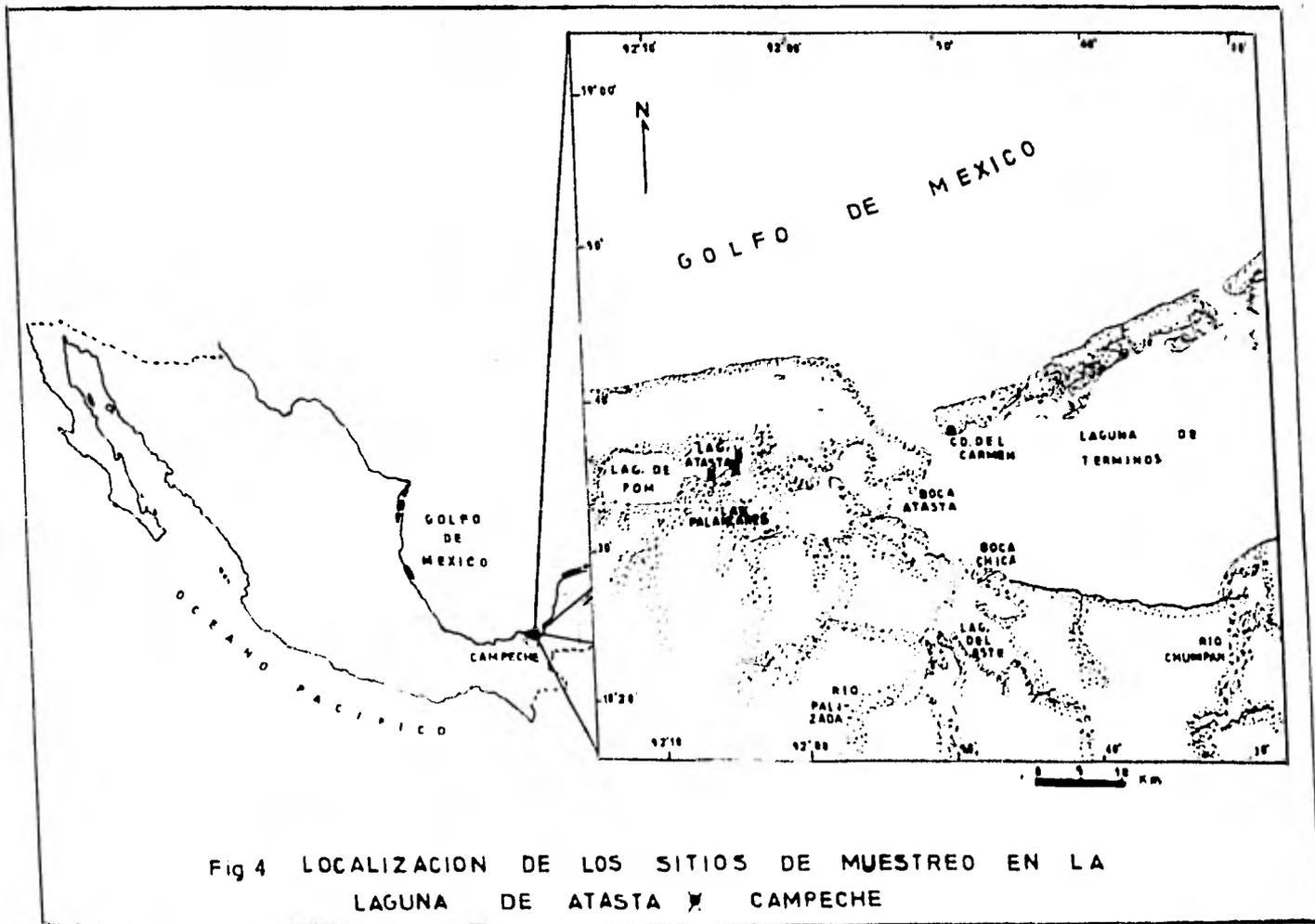


Fig 4 LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA LAGUNA DE ATASTA CAMPECHE

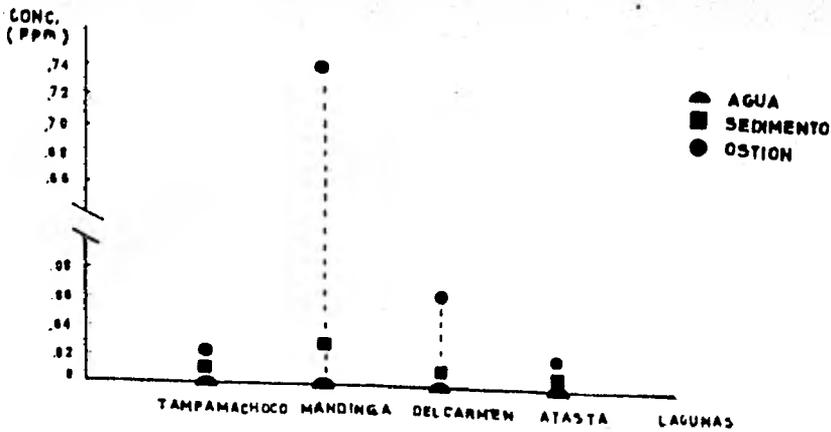


Fig.5 VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN AGUA, SEDIMENTO Y OSTION

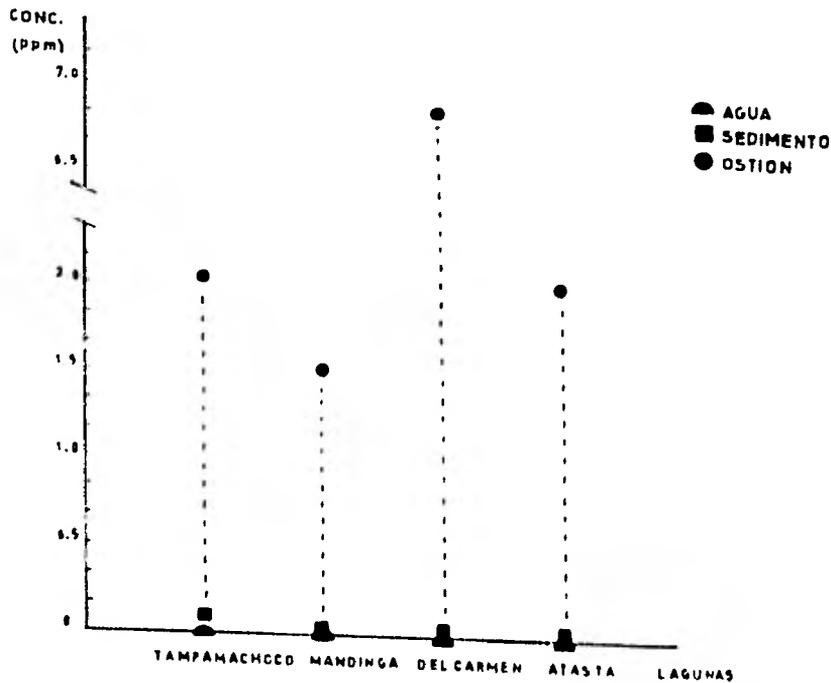


Fig. 6 VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO EN AGUA, SEDIMENTO Y OSTION

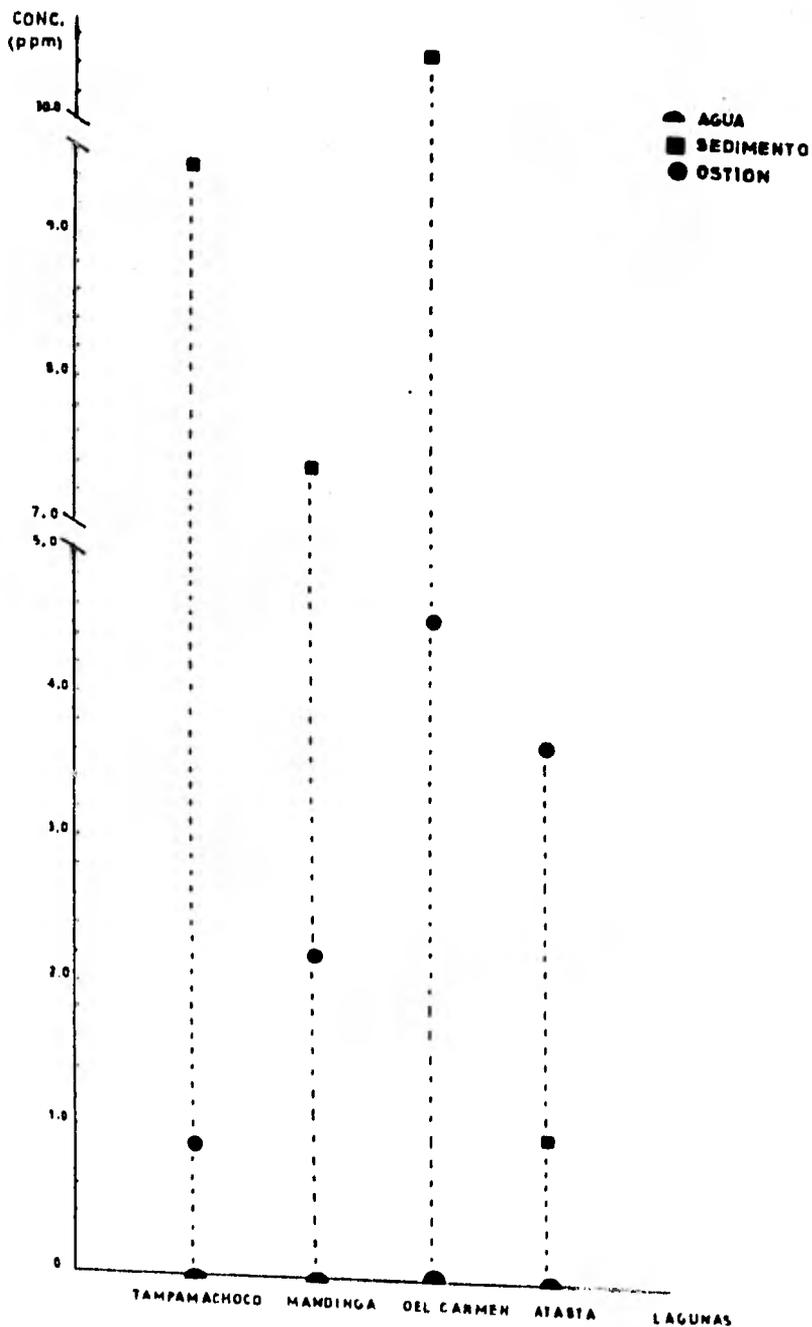


Fig. 7 VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE CROMO EN AGUA, SEDIMENTO Y OSTION

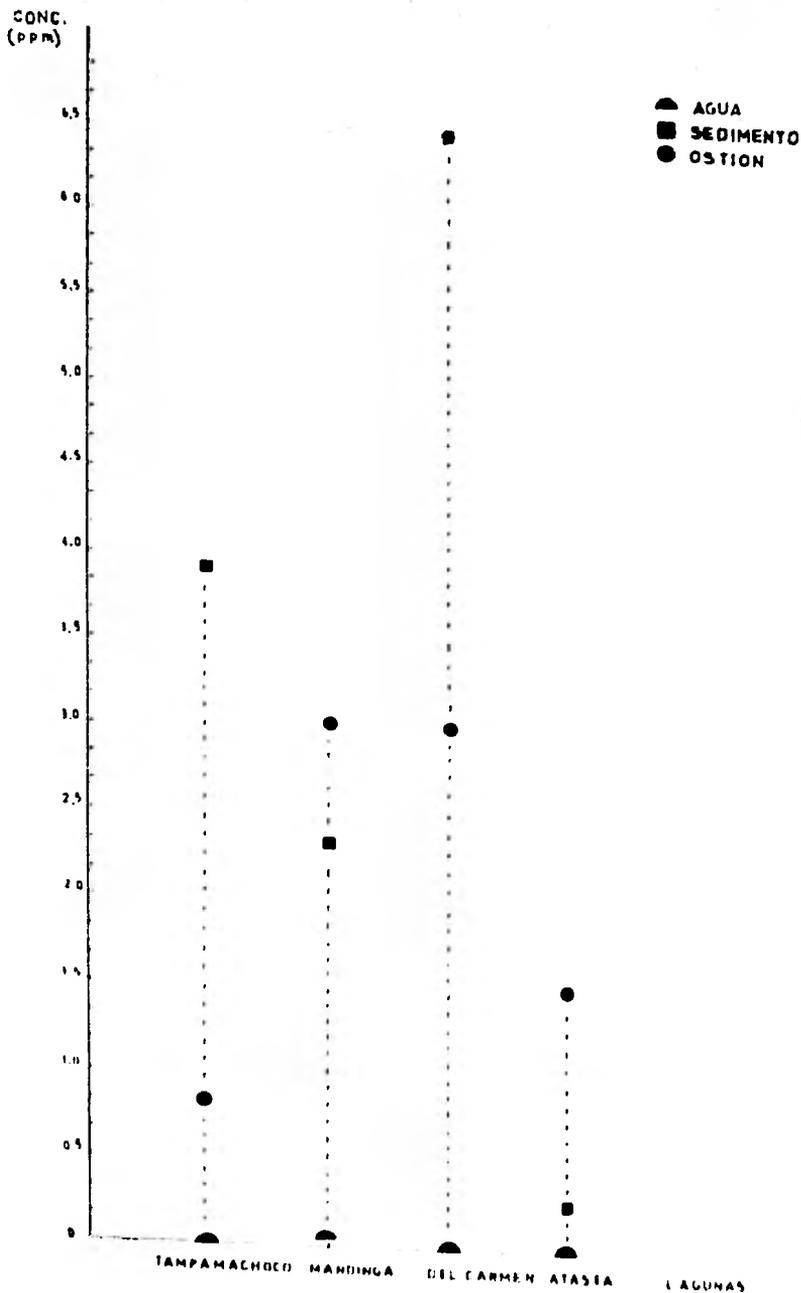


Fig. 8 VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN AGUA, SEDIMENTO Y OSTION

- - - - - TAMPAMACHOCO
 - - - - - MANDINGA
 - - - - - DEL CARMEN
 ATASTA
 L.P. LIMITE PERMISIBLE

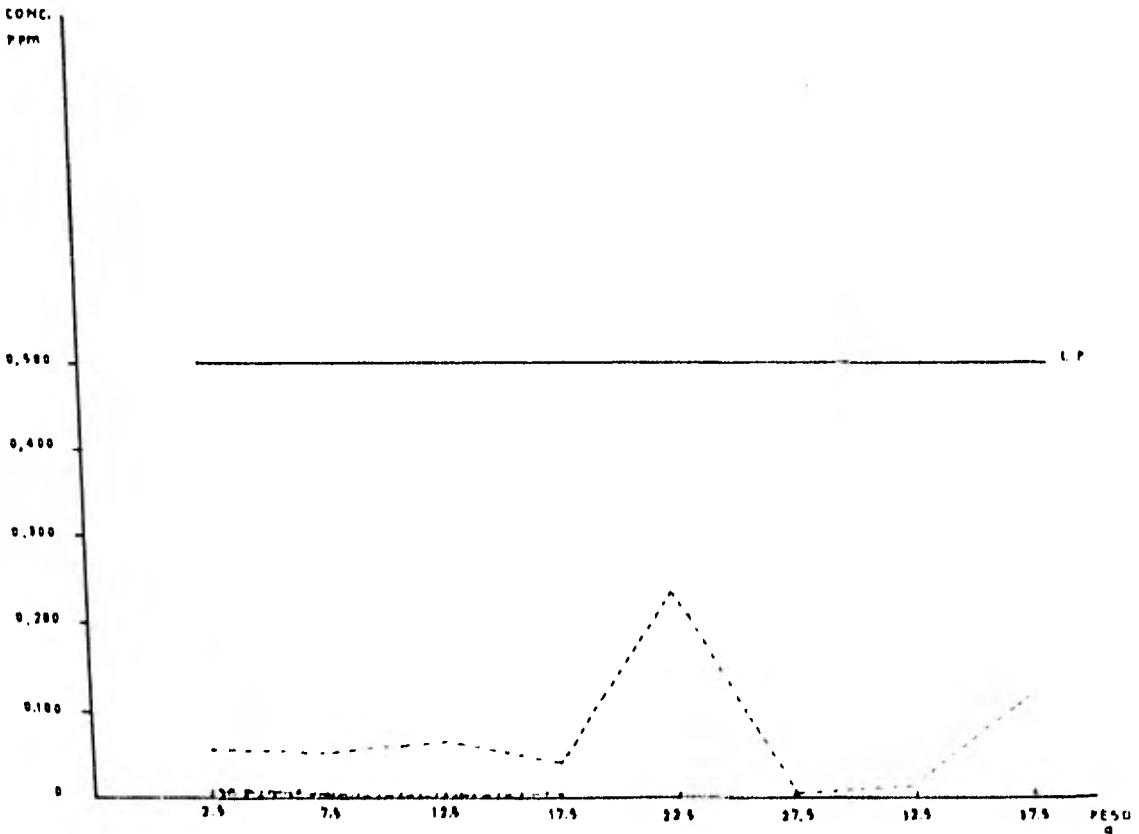


Fig. 9. RELACION ENTRE LOS NIVELES DE MERCURIO Y EL PESO DEL OSTION EN CADA UNA DE LAS LAGUNAS

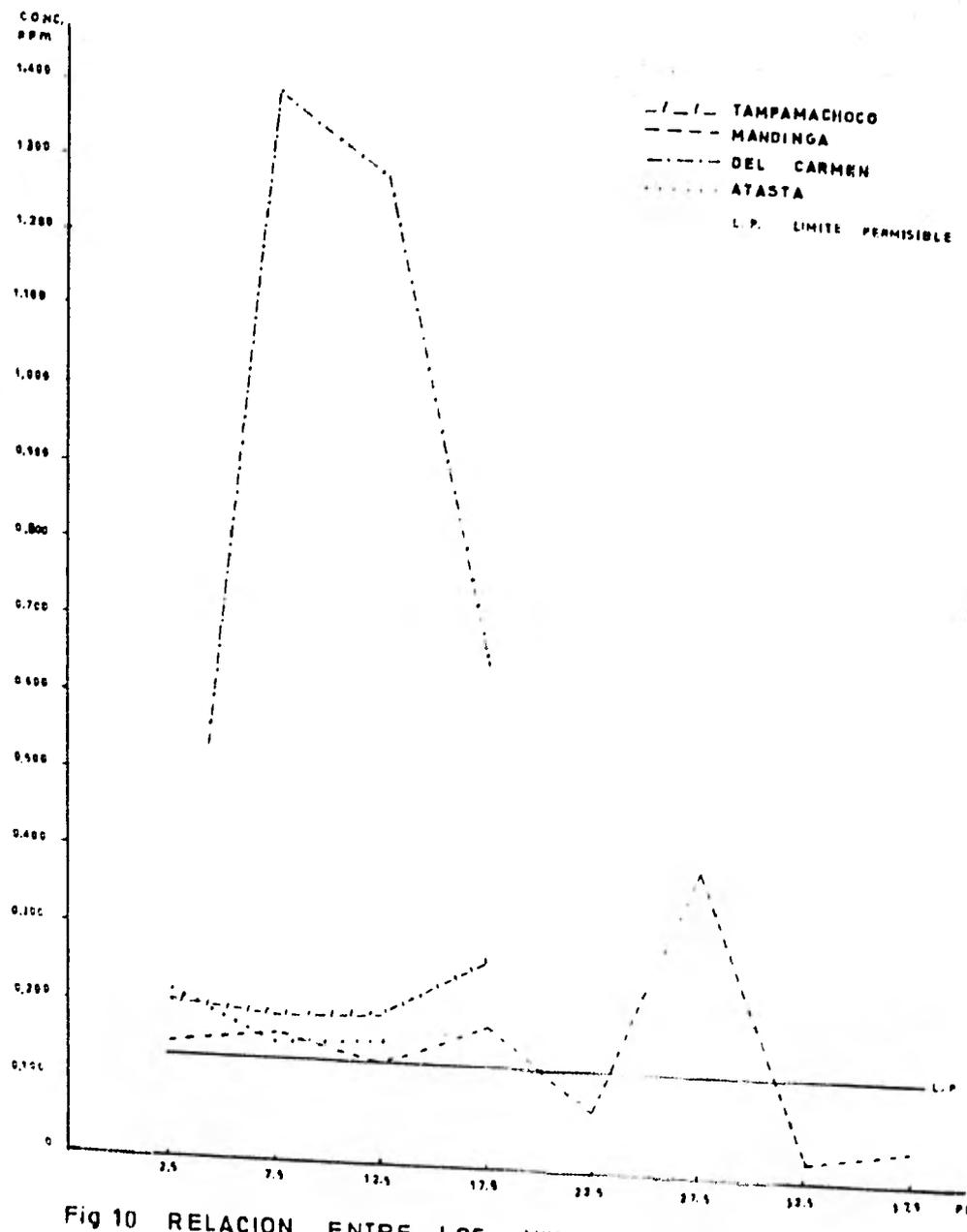


Fig 10 RELACION ENTRE LOS NIVELES DE CADMIO Y EL PESO DEL OSTION EN CADA UNA DE LAS LAGUNAS

- - - - TAMPACHOCO
 - - - - MANDINGA
 - - - - DEL CARMEN
 ATASTA
 L.P. LIMITE PERMISIBLE

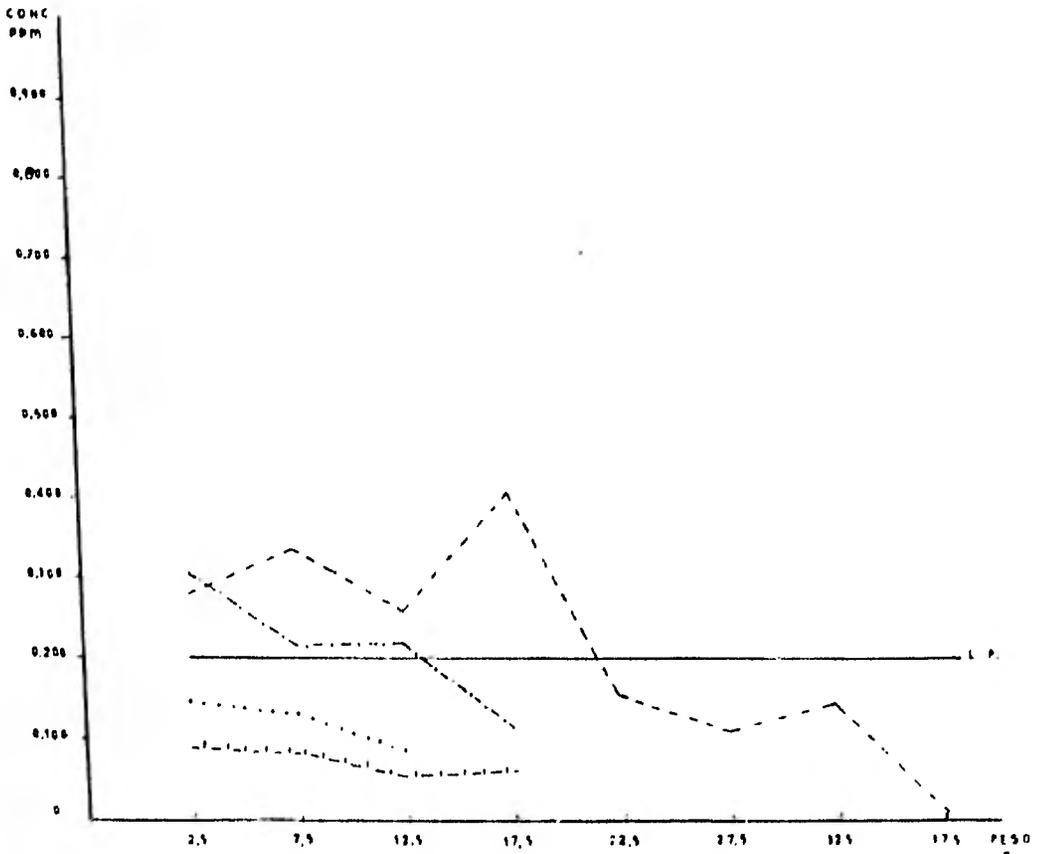


Fig 11 RELACION ENTRE LOS NIVELES DE PLOMO Y EL PESO DEL OSTION EN CADA UNA DE LAS LAGUNAS

- - - TAMPAHOCO
 - - - MANDINGA
 - - - DEL CARMEN
 ATASTA

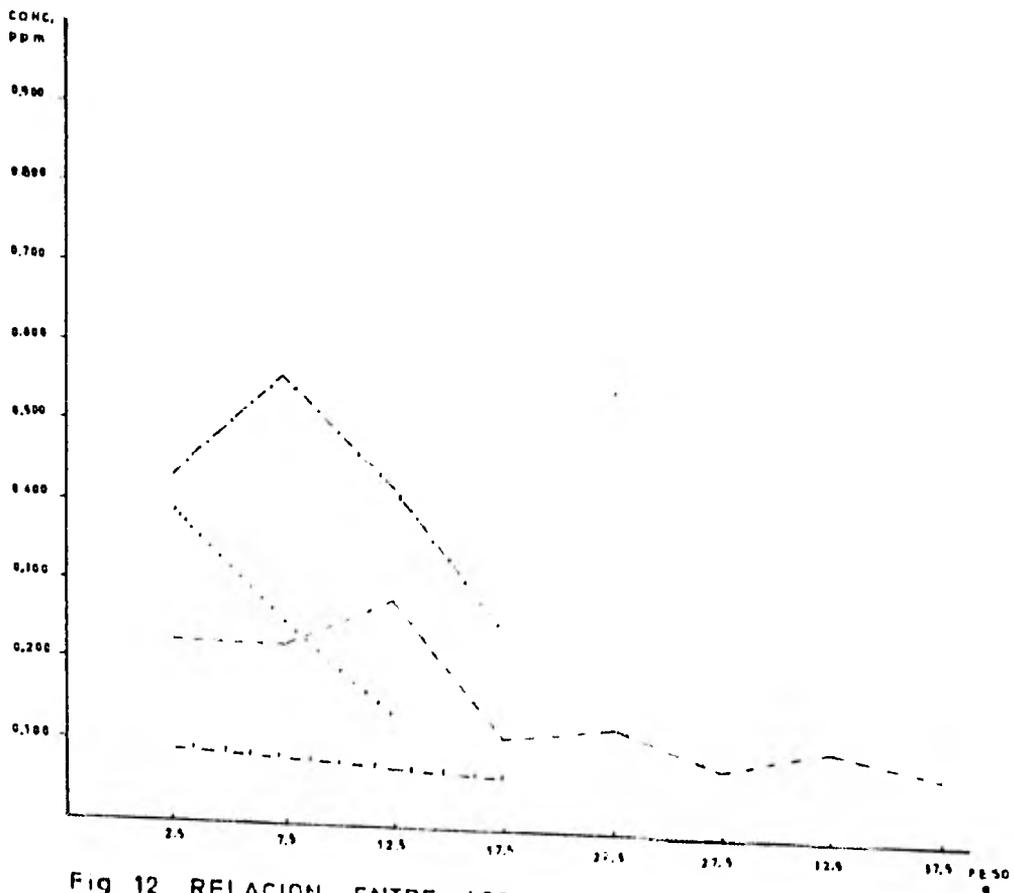


Fig 12 RELACION ENTRE LOS NIVELES DE CROMO Y EL PESO DEL OSTION EN CADA UNA DE LAS LAGUNAS