

17/59/80

UNAM

FACULTAD DE QUIMICA

43

**Variación Estacional en la Concentración de
Elementos Metálicos en Ostiones de la
Laguna de Términos, Campeche, México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

EDGARDO ANTONIO HICKS GOMEZ.

235

1 9 7 6



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.

CLAS 70511
AGE 1956
FECHA 1956
PROC U-1
236



QUIMICA

PRESIDENTE Francisco Fernández Noriega

VOCAL Enrique Calderón García

SECRETARIO Carmen Rivero de Reyes

Jurado asignado
originalmente
según el tema

1er.SUPLENTE Jorge Reyes López

2do.SUPLENTE Liliana Saldivar

Sitio donde se desarrolló el tema: Centro de Ciencias del Mar y
Limnología U.N.A.M.

Nombre completo y firma del sustentante: Edgardo Antonio Hicks Gómez

Nombre completo y firma del asesor del tema: Enrique Calderón García

Nombre completo y firma del supervisor técnico: Dr. Enrique Franco Mandelli

"Mis agradecimientos al Dr. Enrique F. Mandelli por sus valiosas sugerencias.

También quiero agradecer la colaboración de la Srita. Clementina Ramírez del Departamento de Absorción Atómica del C.I.E.-C.C.A. de la S.R.H. por su ayuda amigable ; asimismo, agradezco las facilidades proporcionadas por la mencionada institución".

El presente trabajo de investigación - fue realizado en el laboratorio de Química Marina y Contaminación del Centro de Ciencias del Mar y Limnología U.N.A.M., bajo la dirección del Dr. Enrique F. Mandelli.

I N D I C E

	Pág.
Resumen	1
Introducción	2
Consideraciones Generales:	
a) Bioacumulación y toxicidad por me tales en el medio ambiente marino	7
b) Descripción del área	12
Materiales y Métodos	16
Resultados y Discusión	25
Conclusiones	36
Figuras	37
Bibliografía	43

Abstract.

Examination of samples of oysters can be useful in providing an index of coastal metal pollution. Studies were initiated to determine the concentration of the following metals: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, Ca, K, Mg, Na, in oysters (Crassostrea virginica) from Laguna de Terminos, Campeche, Mexico. The concentrations of heavy metals found was low and the results suggest that the metal concentrations may be attributed to natural rather than man induced effects. Seasonal variations for some metals were observed during the experiment.

Resumen.

El análisis de metales en ostiones puede aportar datos sobre el índice de contaminación por metales en aguas costeras y estuarinas. Los niveles naturales encontrados para ostiones (Crassostrea virginica) de la Laguna de Términos, Campeche, México, fueron obtenidos para los siguientes metales: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, Ca, K, Mg, Na. La concentración de metales pesados fue baja y corresponde a una área libre de actividades humanas por lo que los niveles encontrados son debidos más a efectos naturales que a contaminaciones producidas por el hombre. También algunas variaciones estacionales fueron observadas durante el experimento.

I N T R O D U C C I O N

La concentración de metales pesados en el medio ambiente marino ha tomado gran importancia debido al desarrollo industrial actual y su consecuencia directa: la contaminación de aguas costeras y estuarinas. Podría decirse que el exceso de sustancias potencialmente tóxicas, tales como los metales pesados (Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Mn) deben ser detectados, para así poder prevenir daños ecológicos.

Actualmente, se cuenta con un considerable número de trabajos en esta área de investigación, habiéndose determinado, que las concentraciones de metales pesados son significativamente más altas en la biósfera marina que en la hidrósfera. Los moluscos, por ejemplo, son particularmente capaces de concentrar metales pesados a niveles variables, pero siempre tales niveles resultan más altos que los del medio ambiente.

Los primeros trabajos en este campo fueron referidos únicamente a pocos metales, tales como: cinc, cobre, cadmio; como se observa en los trabajos de: Chipman (1958), Mc Farren (1961), y Drinnan (1966). Asimismo: Golbberg (1957), Broocks y Rumsby (1965), han contribuido al con

cimiento sobre las concentraciones de metales pesados que normalmente se acumulan en algunos organismos marinos de diferentes áreas.

En cuanto al esfuerzo realizado en la interpretación de resultados sobre bioacumulación y utilización de metales por plantas y animales marinos, debemos mencionar los trabajos de: Amstrong y Atkins (1950), Bowen y Sutton (1951), Schubert (1954), Korringa (1952), Lehninger (1950), y Williams (1953).

Los trabajos más recientes sobre bioacumulación de metales pesados por organismos marinos, corresponden a: Pringle et al. (1968), Segar (1971), Topping (1972) y Ratkowsky et al. (1974) los cuales determinaron los rangos de concentración de metales pesados en diversos organismos marinos tanto en ambientes naturales, como en ambientes modificados por las actividades humanas.

La habilidad de los moluscos para concentrar metales dentro de su medio ambiente, los hace útiles como indicadores biológicos de la calidad de las aguas que habitan (Quayle, 1969) (Ratkowsky, et. al. 1974). Esto lo demuestra la relación que existe entre las concentraciones de metales pesados bioacumulados, en aguas costeras o estuarinas libres de actividades humanas y las concentraciones de los mismos, en organismos sésiles desarrollados en la proximidad de áreas al

tamente urbanizadas (Ratkowsky, et al. 1974). De ésto, se puede concluir, que el análisis de los tejidos de estos organismos, aporta una información valiosa sobre los índices de contaminación por metales en áreas costeras (Ratkowsky, et al. 1974). Es de especial importancia el caso de -- los metales altamente tóxicos como son: Hg, Pb, Cd, Cr (Blancow, 1972), puesto que la determinación de las concentraciones de estos y otros metales en organismos marinos tiene, además del interés científico, un enfoque eminentemente relacionado con la salud pública.

Todo lo anterior, aunado a la existencia - realmente mínima de información, sobre la distribución de metales pesados en organismos de las - costas mexicanas, ha dado lugar a la realización de este estudio.

En la investigación se utilizaron ostiones de la especie Crassostrea virginica, de bancos naturales, localizados en la Laguna de Términos (Estado de Campeche, México) (Figura 1 y 2). Dicha laguna costera no ha sido afectada por actividades humanas, de manera que, se considera -- inalterada.

Los datos, sobre bioacumulación de metales pesados por ostiones del área afín, son de gran importancia, como punto de comparación, para -- otras zonas del Golfo de México ya afectadas por

procesos de industrialización y urbanización.

La especie escogida para este propósito, -- presenta ventajas, ya que se desarrolla abundantemente a lo largo del litoral mexicano del Golfo de México, además, los datos obtenidos podrán ser comparados con los obtenidos por otros autores (Pringle, et al. 1968) y (Ratkowsky, et al. 1974) cuyos trabajos han sido referidos a especies taxonómicamente afines como son: C. gigans y C. commercialis.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE BIOACUMULACION Y
TOXICIDAD POR METALES EN EL MEDIO AMBIENTE MARI-
NO

La biósfera marina está continuamente ex-
puesta a los cambios de concentración en las
substancias presentes en el medio ambiente donde
se desarrolla (Jones, 1964). Los metales pesa-
dos normalmente se encuentran en pequeñas concen-
traciones en la biósfera ("indicios"), pero los
mecanismos por los cuales esto sucede, así como
la función bioquímica exacta que éstos desempe-
ñan en el metabolismo, no ha sido totalmente di-
lucidada (Brooks y Rumsby, 1965), (Lenhiger, --
1950). Sin embargo, han sido propuestos los si-
guientes mecanismos de bioacumulación:

A) Por ingestión directa de materiales sus-
pendidos en el agua de mar (Armstrong y Atkins,
1950).

B) Ingestión de elementos vía preconcentra-
ción en el alimento (Bowen y Sutton, 1951).

C) Ingestión de complejos metálicos, con en-
laces coordinados de moléculas orgánicas apropia-
das (Schubert, 1954).

D) Incorporación de complejos metálicos en
vista a necesidades fisiológicas (Williams, 1953)
y (Lenhinger, 1950).

E) Intercambio iónico en la interfase agua-tejidos (Korringa, 1952).

Cuando las concentraciones de metales pesados en el medio ambiente marino son altas, su -- acumulación puede resultar tóxica a los organismos (Jones, 1964). Por ejemplo, metales tales -- como: Hg, Au, Ag, Cd, Pb; son altamente tóxicos aún en pequeñas concentraciones (Affleck, 1952). El cobre, metal esencial y necesario como constituyente fisiológico, es de elevada toxicidad -- cuando se suministra en exceso; lo mismo sucede con otros elementos esenciales como son: Fe, Zn, Ni y Co.

Los metales pesados, al formar sales, se -- convierten en formas muy estables, por lo que en solución constituyen un serio problema de contaminación ya que no pueden ser eliminados fácilmente por oxidación, precipitación, o cualquier otro proceso natural (Pringle, et al. 1968); la persistencia de los elementos metálicos tóxicos en el tiempo y espacio, puede continuar por años, después de que los procesos de contaminación han cesado.

Los mecanismos más importantes de la acción tóxica por exceso de metales, están relacionados con la inactivación de diversos sistemas enzimáticos, así como con la desnaturalización de proteínas esenciales (Passow, 1961).

La afinidad de los metales por los grupos reactivos de diversas proteínas, depende de la electronegatividad como: Au, Ag, Hg, Cu, tienden a asociarse fácilmente con grupos reactivos de proteínas, como lo son los grupos amino, imino, y sobre todo con los grupos sulfhidrilo.

El orden de reactividad de los elementos metálicos es:

Hg>Cu>Sn>Pb>Ni>Co>Cd>Fe>Zn>Mn>Mg>Ca>Sr>Ba .

La persistencia de los elementos unidos a los grupos reactivos, depende de la estabilidad de los enlaces formados, por lo que la toxicidad depende también de la estabilidad de los quelatos formados; el orden de estabilidad de los quelatos formados es:

Hg>Cu>Ni>Pb>Co>Zn>Cd>Fe>Mn>Mg>Ca .

Los órdenes anteriores nos proporcionan una idea clara sobre la toxicidad por metales, en orden de actividad (Pringle, et. al. 1968).

Elementos tales como: Au, Cd, Cu, Hg y Li, pueden afectar el transporte pasivo celular; e incluso el activo, llegando en algunos casos a romper las membranas celulares, precipitando metalo-lipo-proteínas (Passow, 1961).

Finalmente, para tener un criterio común, con respecto a la toxicidad ocasionada por ele-

mentos en el medio ambiente marino, Bowen (1966), propone grupos y órdenes de importancia para los elementos, 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 moderado:

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

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE LA LAGUNA DE TERMINOS
(ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO).

La Laguna de Términos se encuentra localizada en el litoral del Golfo de México (Figura 1). Entre los meridianos $91^{\circ}15'$ y $92^{\circ}00'$ longitud oeste; y los paralelos $18^{\circ}25'$ y $19^{\circ}00'$ de latitud norte (Figura 2).

Es una típica laguna litoral o albufera (Tamayo, 1948) sus condiciones morfológicas indican un estado de senectud (Yañez, 1962). Tiene una superficie aproximada de 190 Km^2 y una profundidad media de 3 metros.

Está limitada, al norte por la Isla del Carmen y al sur por la zona continental, donde se encuentran: la Laguna del Este, la desembocadura de los ríos Mamantel, Candelaria y sus afluentes que tienen una área de captación de $23\,040 \text{ Km}^2$ (Tamayo, 1949). Asimismo en la parte sur, desembocan el río Chompin y sus afluentes, cuya cuenca comprende, $1\,874 \text{ Km}^2$; con un volumen de escurrimiento anual de 1 368 millones de metros cúbicos (Tamayo, 1949). Por el oriente: desembocan el río Sabancuy y cursos de agua menores (Vivo, 1953). Por el occidente: desembocan los ríos Chepe y Palizada, que forman parte de la red hidrológica de los ríos Mexcalapa, Grijalva

y Usumacinta; también al occidente se encuentran las lagunas y esteros de Pon, Atasta y Puerto Rico; todas ellas se comunican entre sí, aportando a la Laguna de Términos aguas de escurrimiento - (García Cubas, 1891).

La Laguna de Términos, está comunicada al mar por 2 bocas: la boca de Ciudad del Carmen y la boca de Paso Real o Isla Aguada, que es la entrada noreste de la laguna (Figura 2).

Las mareas, son irregulares, con máximos de 70 cm en las sicigias; durante las lluvias, las mareas son más fuertes. La pleamar se origina - alrededor del medio día y por lo general sólo se registra una marea cada 24 horas (García Cubas, 1891).

La marea introduce agua a la laguna por las bocas, particularmente, por la boca de Paso Real (Ayala, 1963), esta agua se distribuye en la laguna, especialmente en la porción oriental de la misma, con una corriente en la sección posterior de la Isla del Carmen, con rumbo oriente-poniente.

La tendencia de distribución de materiales en suspensión y sedimentos, demuestran que generalmente se produce una corriente tendiente a salir por la boca de Ciudad del Carmen, esto lo demuestra el agua turbia, en gran parte del canal, así como la formación de un delta invertido, con

sedimentos terrígenos en mar abierto, que se localiza frente a la mencionada boca (Yañez, 1962).

Las playas de la laguna, son pantanosas y poco profundas, predominan manglares en sus riberas, principalmente en los esteros próximos al vaso de la laguna (Zarur, 1961).

En la zona costera interior especialmente en la parte sud-oriental de la Isla del Carmen, Paso Real, Isla Aguda, y zona oriental de la laguna, predominan las parcelas de pastos marinos, representados por: Thalassia testudinum y Halodule wrightii.

La vegetación en las márgenes de la laguna es de tipo tropical.

En la zona de influencia de los ríos se encuentran bancos de ostiones, representados por Crassostrea virginica, estos bancos se localizan en la laguna de Puerto Rico, Boca de Atasta, Palizada Vieja y laguna de Panlau (Figura 2). A ellos precisamente hemos de referirnos en este estudio.

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

El material biológico estudiado, corresponde a cuatro sitios geográficos (Figura 2), los cuales fueron sometidos a muestreo, durante los meses de: julio, septiembre y noviembre del año de 1974 y febrero de 1975.

Los ostiones recolectados en cada sitio, fueron mantenidos en refrigeración hasta su llegada al laboratorio, a una temperatura de -5°C , posteriormente, el tejido de 100 ejemplares (sin edad determinada) fue removido de sus conchas, homogenizado, liofilizado y digerido.

Para la digestión de cada muestra se emplearon dos tratamientos de solubilización a base de reflujo, utilizando para cada tratamiento una mezcla compuesta por ácido nítrico (HNO_3)⁽¹⁾ 7 ml y ácido perclórico (HClO_4)⁽²⁾ 5 ml (Pagenkopf, 1972), ambos tratamientos se hicieron sobre un gramo de tejido (peso seco) y cada uno se prolongó por 56 horas, a una temperatura de $88-90^{\circ}\text{C}$ (3). Finalmente se concentró la muestra por eva

(1) HNO_3 "Pro analysi" Laboratorios Merck.

(2) HClO_4 "Backer analysed" Reactivo.

(3) Temperatura indicada en el empleo del ácido perclórico.

poración, reduciéndose el volumen final a un mililitro (Pagenkopf, 1972), éste fue trasvasado - cuantitativamente a matraces aforados, llevándose el aforo a 100 ml, con agua deionizada⁽¹⁾.

El mismo procedimiento se siguió con cada muestra por triplicado, a fin de lograr mayor -- confiabilidad en los resultados.

Como todo el tratamiento fue realizado en material de vidrio, fue necesario un tratamiento especial que evitara errores causados por contaminación inherente al material. El tratamiento consistió en:

- 1o. Lavar el material con detergente.
- 2o. Tratar con mezcla crómico-nítrica.
- 3o. Enjuagar abundantemente con agua deionizada.
- 4o. Secar a 140°C durante 2 horas.

La calidad del tratamiento fue corroborada utilizando material de teflón libre de metales. Consideramos que el tratamiento mencionado es su ficientemente aceptable y podemos recomendarlo - en el caso de usar material de vidrio en determi naciones de metales pesados.

El análisis de las muestras fue realizado - de acuerdo a las técnicas, procedimientos y con- diciones instrumentales indicadas en los manua--

(1) Agua dionizada $\Omega = 15$ megohmios.

les de Perkin-Elmer y Varian-Techtron; se utilizó en la determinación un espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin-Elmer modelo 403, dotado con horno de grafito HGA-2000, corrector automático de deuterio y balanza electrónica para determinaciones con pesada directa. El instrumento fue calibrado con soluciones estándar de metal puro⁽¹⁾.

Los límites de detección obtenidos y calculados para el tejido seco de los organismos se dan en la tabla 1.

En la tabla 2, se dan los resultados de los cálculos estadísticos que fueron realizados a fin de obtener los índices de confiabilidad para cada determinación, observándose también los valores de dispersión de los resultados obtenidos con cada elemento.

(1) Laboratorios Merck.

TABLA 1

Espectrofotometría de Absorción Atómica

Elemento	Límite de detección PPM (mg/Kg)
Cd	1.0
Co	6.0
Cr	2.0
Cu	2.0
Fe	5.0
Hg	0.01*
Mn	2.0
Ni	4.0
Pb	0.3**
Zn	1.0
Ca	8.0
K	1.5
Mg	2.0
Na	9.0

* Técnica de vapor frío (Perkin-Elmer, 1971).

** Técnica microanalítica con horno de grafito (Perkin-Elmer, 1973).

TABLA 2

	PPM (Peso seco)	Media Aritmética	Desviación Estándar	% D.E.
Cd	6.00	5.34	1.35	25
	5.00			
	7.01			
	2.97			
	5.79			
	5.23			
Co	3.10	3.04	0.13	4
	2.89			
	3.13			
	3.09			
	3.13			
	2.90			
Cr	3.00	4.02	1.17	29
	5.00			
	5.00			
	2.97			
	2.89			
	5.23			

	PPM (Peso seco)	Media Aritmética	Desviación Estándar	% D.E.
Cu	143.79	153.62	15.92	10
	143.76			
	133.91			
	162.16			
	177.28			
	160.84			
Fe	503.30	504.01	14.81	2
	511.20			
	487.78			
	494.30			
	497.97			
	529.51			
Hg	0.055	0.061	0.014	23
	0.055			
	0.074			
	0.073			
	0.056			
	0.056			
Mn	29.01	29.85	0.90	3
	30.51			
	30.54			
	28.72			
	29.43			
	30.87			

	PPM (Peso seco)	Media Aritmética	Desviación Estándar	% D.E.
Ni	24.01			
	27.01			
	22.03			
	26.75	22.94	4.51	19
	23.16			
	14.65			
Pb	0.91			
	1.51			
	3.62			
	3.40	2.19	0.86	39
	1.66			
	2.04			
Zn	1 285.17			
	1 114.85			
	1 076.12			
	1 064.29	1 101.24	95.09	8
	1 036.86			
	1 030.14			
Ca	20 012			
	21 908			
	23 537			
	18 028	22 488	3 755	16
	29 048			
	22 394			

	PPM (Peso seco)	Media Aritmética	Desviación Estándar	% D.E.
K	3 281.97			
	3 181.27			
	3 185.09			
	3 348.19	3 281.80	96.89	2
	3 261.92			
	3 432.39			
Mg	2 174.30			
	2 292.21			
	2 302.22			
	2 315.00	2 306.56	74.72	3
	2 378.70			
	2 376.83			
Na	8 128.88			
	8 217.29			
	8 317.31			
	8 315.01	8 326.63	235.45	2
	8 197.26			
	8 784.01			

R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N

La concentración de elementos metálicos en organismos marinos varía notablemente de especie a especie (Ratkowsky, et. al. 1974) y aún en organismos de la misma especie (Brooks y Rumsby, - 1965) es por esto que en el presente estudio en cada muestra se emplearon 100 ejemplares de ostiones, determinándose cada muestra por triplicado.

El estudio fue realizado durante 8 meses, - con el objeto de determinar variaciones estacionales en las concentraciones de metales acumulados por ostiones de la Laguna de Términos, Campeche, Méx. La especie elegida para este estudio fue Crassostrea virginica. Los resultados obtenidos son comparables con los reportados por -- otros autores (Ratkowsky, et. al. 1974), (Pringle et. al. 1968), quienes realizaron trabajos - semejantes al aquí descrito en especies taxonómicamente afines, como son C. gigans y C. commercialis.

A continuación se discuten los resultados - obtenidos:

A) Los metales de transición:

Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Hg y Pb.
Tabla 3, figuras 3, 4 y 5.

B) Los metales alcalinos:
Na y K.
Tabla 4, figura 6.

C) Los metales alcalino térreos:
Mg y Ca.
Tabla 4, figuras 5 y 6.

A) Metales de transición. - Presentan interesantes variaciones estacionales para el caso de los bancos de ostiones localizados en Boca de -- Atasta y Palizada Vieja (Figura 2), ya que los - datos obtenidos para Laguna de Puerto Rico son - insuficientes, debido a que en el mes de noviembre los bancos de ostiones murieron repentinamente y por una baja considerable de la salinidad en el medio (Tabla 4), (Figura 6).

Las variaciones estacionales pueden obser-- varse claramente en las figuras 3, 4, 5 y 6, donde se hace aparente desplazamiento del Fe, Mn y Cr por Zn, Cu y Cd. Los valores del Pb y Hg (Figura 5) no sufrieron variaciones significativas, tampoco los valores de Co y Ni.

El incremento notable para los valores del Zn, Cu y Cd durante el mes de noviembre, sugie-- ren un aumento de la concentración de estos elementos en el medio donde los ostiones se desarrolaron.

llan, esto probablemente se deba a que los ríos durante esta época aumentan su caudal, consecuentemente, el material aportado por los ríos tiene apreciables concentraciones de Zn, Cu y Cd en comparación a los otros metales de transición.

Además de las variaciones estacionales observadas, los datos obtenidos aportaron una valiosa información, sobre los niveles naturales, en el caso de una área libre de interacción con actividades humanas. Estos datos "base" son de utilidad para determinaciones futuras, ya que podrán ser comparados con los obtenidos en áreas donde los procesos de industrialización estén avanzados. Con esta comparación podremos determinar el grado de contaminación por metales en regiones costeras del litoral del Golfo de México.

Estos aspectos y algunas generalidades sobre el papel bioquímico de los metales en moluscos son discutidos en los siguientes párrafos:

Cadmio.

Los valores obtenidos (4.8 a 7.5 ppm) son sensiblemente altos en comparación con la bioacumulación de este metal en moluscos de otras regiones (Ratkowsky, et al. 1974), esto probablemente sea debido a la composición de los suelos por los cuales atraviesen los ríos que descargan sus aguas en la Laguna de Términos.

Cobalto.

Los valores se mantuvieron siempre por debajo de los límites de detección, por lo que ninguna conclusión puede hacerse al respecto. Este elemento debe existir en los moluscos, interactuando en sistemas enzimáticos esenciales como son: ribonucleótido-reductasa, homocisteína-transferasa y metil malonil-G-A-mutasa (Lenhinger, -- 1972).

Cromo.

Los valores obtenidos son relativamente bajos (<2 a 5.6 ppm). El papel bioquímico del cromo es bien conocido, en organismos superiores se ha demostrado su función en la enzima fosfoglucomutasa (Vallee, 1963). En su forma trivalente es un verdadero metal biológico esencial, pues parece estar íntimamente relacionado con la absorción de glucosa y su utilización; así como con la eliminación de colesterol.

Cobre.

Los valores determinados son bajos (106 a - 287 ppm) propios de zonas inalteradas por procesos humanos, semejantes valores a los aquí reportados fueron obtenidos por (Ratkowsky, et al. -- 1974) trabajando con C. commercialis y C. gigans, y por (Pringle, et. al. 1968) con C. gigans, en el caso de zonas no afectadas por procesos humanos.

Este metal presenta especial interés en el caso de contaminación de aguas costeras y estuarinas por actividades humanas, ya que las altas concentraciones de este metal, en ostiones desarrollados cerca de áreas afectadas son características. Los incrementos determinados en áreas afectadas van del 500% en adelante, en comparación con los niveles normalmente encontrados -- (Ratkowsky, et al. 1974). Datos que concuerdan con lo antes mencionado, fueron obtenidos por -- Topping (1972), trabajando con otro molusco ---- Mytilus edulis en áreas libres de actividades y áreas ya afectadas por procesos humanos.

Hierro.

Los valores encontrados son variables (1102 a 256 ppm) (Figura 4). Su papel fisiológico es importante en estos organismos; complejos porfirínicos y sistemas de citocromos han sido identificados (Kawaii, 1959) así como uroporfirina I y II (Nicholas y Confort, 1949).

Manganeso.

Este metal es normalmente encontrado en moluscos en concentraciones semejantes a las aquí reportadas y aun más altas (Schelske, 1964). Su papel bioquímico está bien establecido (Smith, - 1951).

Níquel.

Este elemento debe encontrarse normalmente en niveles bajos como los aquí reportados (<4 a 10 ppm) "probablemente" su concentración mínima (<4 ppm) esté relacionada con necesidades fisiológicas pues es requerido en varios sistemas enzimáticos: Arginasa (Greenberg, 1960), Carboxilasas (Speck, 1949).

Cinc.

Este metal al igual que el cobre, presenta incrementos notables sobre los valores naturales, en el caso de desarrollarse los moluscos próximos a áreas afectadas por procesos humanos, estos incrementos van del 400% en adelante. Los valores reportados en el presente trabajo resultaron ser bajos con respecto a los obtenidos por otros autores (Pringle, et al. 1968) (Brooks y Rumsby, 1965), (356 a 1259 ppm). Esto puede deberse a que especialmente el cinc varía considerablemente de especie a especie y de individuo a individuo (Segar, 1971).

Plomo.

Este elemento fue detectado en concentraciones relativamente bajas (Tabla 3) y las comparaciones con los datos obtenidos por otros autores lo demuestran (Topping, 1972), ya que las variaciones para sitios naturales en otros estudios -

fueron de 6 a 20 ppm (Brooks y Rumsby, 1965) y - en nuestros estudios los valores nunca excedieron 3 ppm.

Mercurio.

Con respecto a este elemento, los valores - que detectamos son indiscutiblemente de una área libre de toda actividad humana (0.01 a 0.08 ppm).

La función fisiológica de este elemento no ha sido comprobada, por lo que las concentraciones determinadas se deben únicamente al fenómeno de bioacumulación. Lo mismo sucede en el caso - del plomo.

B) Metales alcalinos. - Los dos elementos de terminados, Na y K presentaron una variación estacional bien definida (Figura 6) y simultánea; esta variación fue debida al ingreso de aguas -- dulces en la laguna, consecuencia de la época de lluvia, los datos obtenidos para la salinidad de las aguas están correlacionados con los datos pa -- ra Na y K (Tabla 4). Los moluscos siempre tie -- nen concentraciones de sodio semejantes al medio y los valores reportados lo demuestran.

C) Metales alcalino térreos. - Los datos ob -- tenidos para Mg, no sufrieron variaciones consi -- derables, mientras que los valores para calcio -- presentaron un aumento constante (Figuras 5 y 6),

de estos datos ninguna conclusión clara puede ser obtenida, excepto que existe un aporte considerable de calcio a la laguna por las aguas de los ríos durante los últimos meses del año.

TABLA 3

Z o n a	F e c h a	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
		<u>+25%</u>	<u>+4.2%</u>	<u>+29%</u>	<u>+10%</u>	<u>+2%</u>	<u>+23%</u>	<u>+3.02%</u>	<u>+19%</u>	<u>+39%</u>	<u>+8%</u>
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Julio 1974	6.3	6	3	180	782	—	40	7	1.6	676
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Septiembre 1974	5.2	6	2	167	744	—	37	4	1.3	557
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	5.3	6	2	188	730	—	71	5	2.3	460
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Septiembre 1974	5.7	6	5.6	106	584	0.01	47	10	—	356
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	4.8	6	2.0	121	599	0.05	39	10	—	439
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	4.5	6	4.2	225	581	0.06	29	5.6	—	710
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	*—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	7.5	6	2	187	256	0.05	18	5	2.4	861
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	7.0	6	3.0	287	393	0.06	20	5	1.4	1259
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Febrero 1975	*—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Febrero 1975	5.0	6	3	132	464	0.08	59	7	1.6	590
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Febrero 1975	5.0	6	5	137	496	0.05	56	7.5	3.0	538
Laguna de Panlau.		6.0	6	12	162	1102	0.05	66	11	0.9	629

* Las poblaciones naturales de C. virginica desaparecieron debido al ingreso de aguas dulces.

TABLA 4

Zona de Muestreo	F e c h a	Ca ± 16 %	K ± 2 %	Mg ± 3 %	Na ± 2 %	S ^o /oo Superficie
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Julio 1974	10 525 11 666 10 529	3 117 4 269 3 842	3 136 3 557 3 983	17 991 26 451 27 904	13.88 14.29 14.83
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja.	Septiembre 1974	5 830 7 382 7 298	8 192 7 355 11 909	4 363 4 247 2 253	21 402 21 237 8 940	16.00 15.13 3.63
Laguna de Puerto Rico. Atasta. Palizada Vieja.	Noviembre 1974	— 12 818 13 906	— 3 225 1 548	— 1 335 1 597	— 2 885 3 987	4.37 9.70 16.78
Laguna de Puerto Rico. Boca de Atasta. Palizada Vieja. Laguna de Panlau.	Febrero 1975	— 13 587 17 917 21 445	— 8 581 8 159 7 146	— 3 620 3 566 4 450	— 20 511 19 480 22 748	13.35 17.55 26.99 26.72

C O N C L U S I O N E S

Conclusiones.

1o. Los datos que se presentan en este trabajo corresponden a una área geográficamente localizada en una zona libre de alteraciones debidas a la actividad humana. Tales datos podrán emplearse como patrón de comparación entre las varias zonas localizadas a lo largo de la costa del Golfo de México, sitios éstos en donde los procesos de industrialización y urbanización ya están avanzados. De la comparación podrán obtenerse resultados que se utilicen en la investigación de los grados de contaminación por metales en algunas zonas costeras de México.

2o. Las variaciones estacionales observadas durante el presente estudio, aportaron valiosa información sobre los rangos de variabilidad "normal" en las concentraciones de metales encontrados en ostiones. Estas variaciones fueron significativas para Cd, Cr, Fe, Mn, Cu, Zn, Na, K, Mg y Ca, pero no lo fueron para Ni, Co, Pb y Hg.

3o. Los ostiones desarrollados en la proximidad de la desembocadura de ríos, aportan una información clara, sobre las concentraciones de metales que los ríos transportan, asimismo es especialmente importante el caso de ríos cuyo cauce atraviesa por ciudades o zonas industriales.

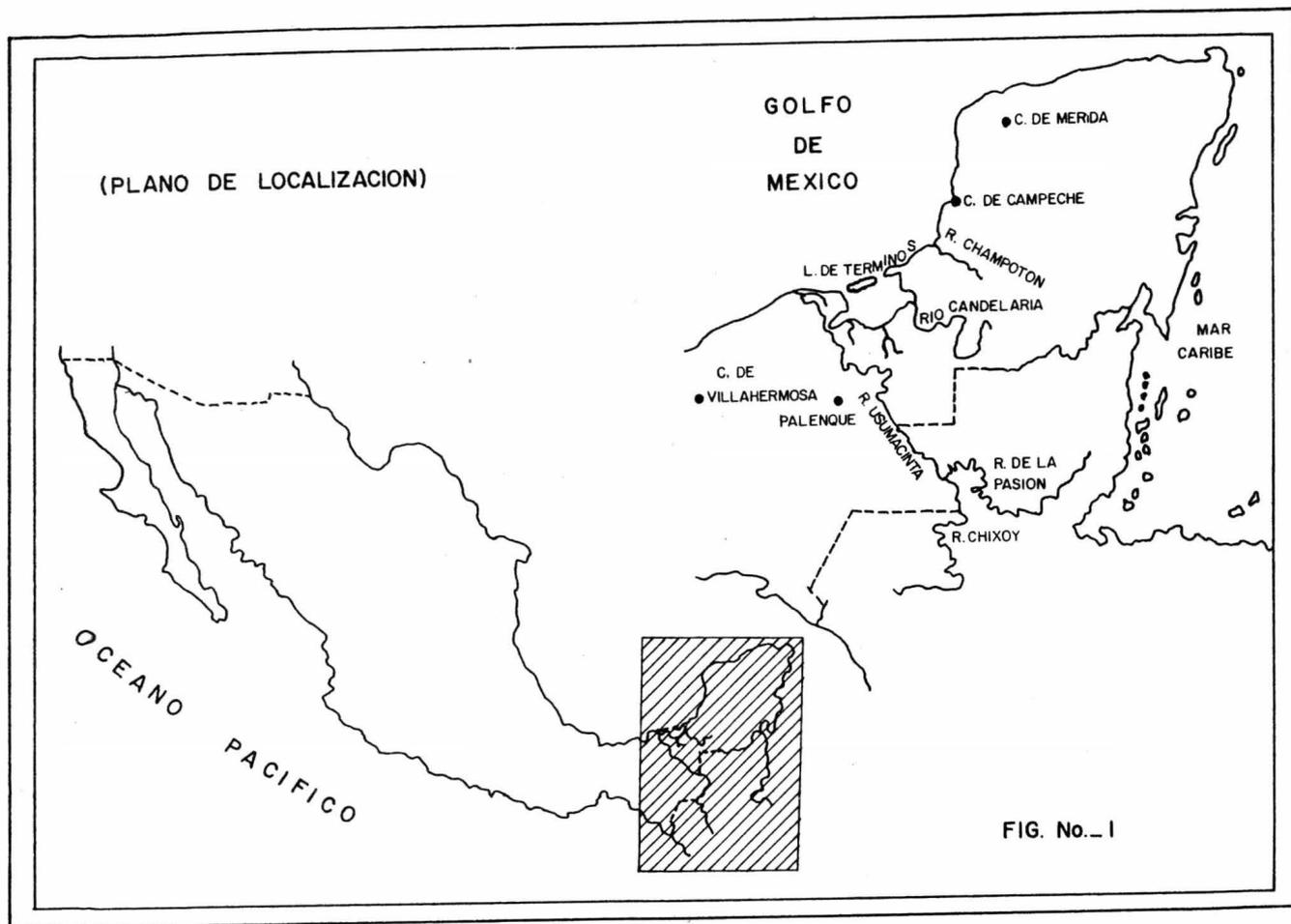
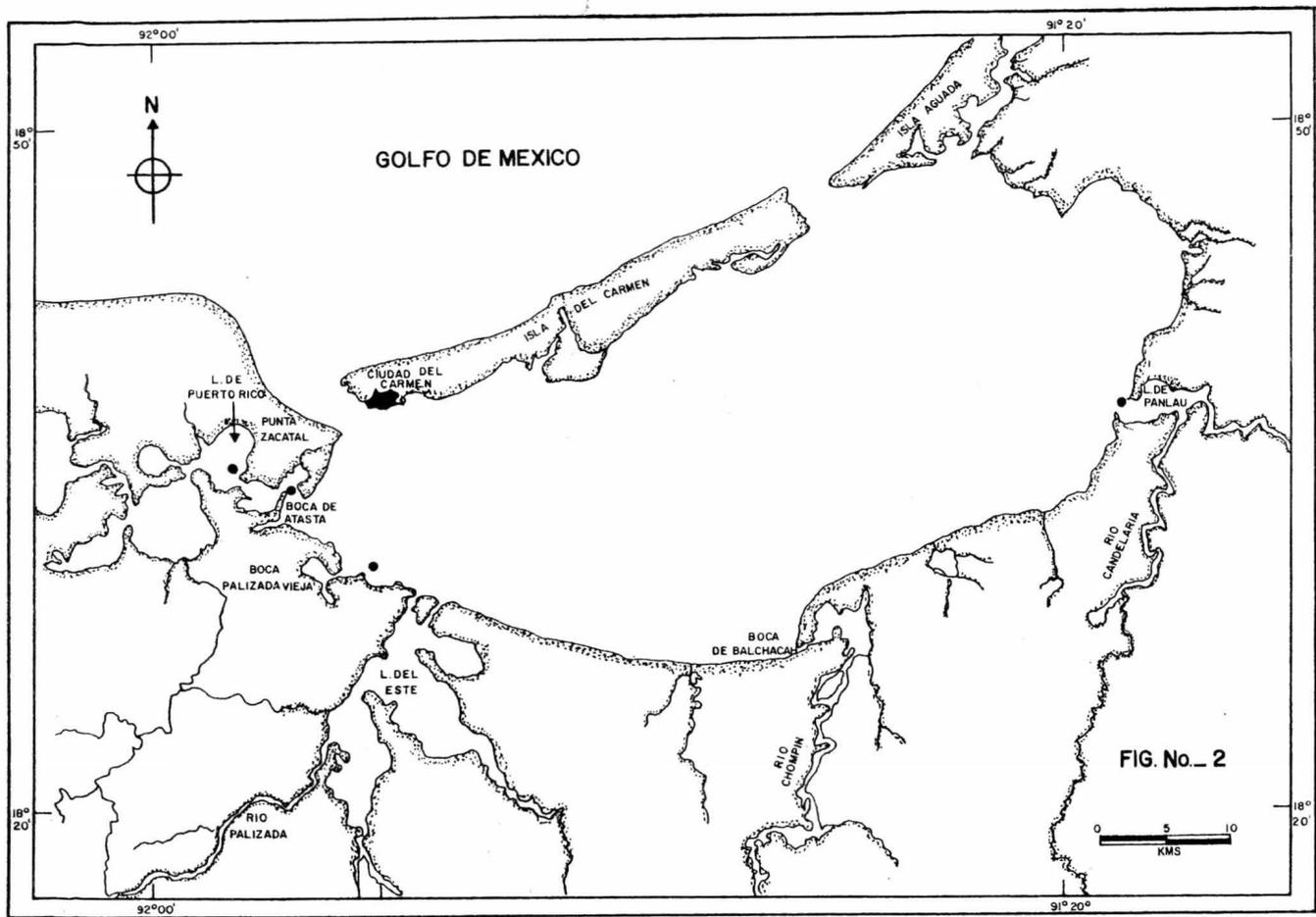
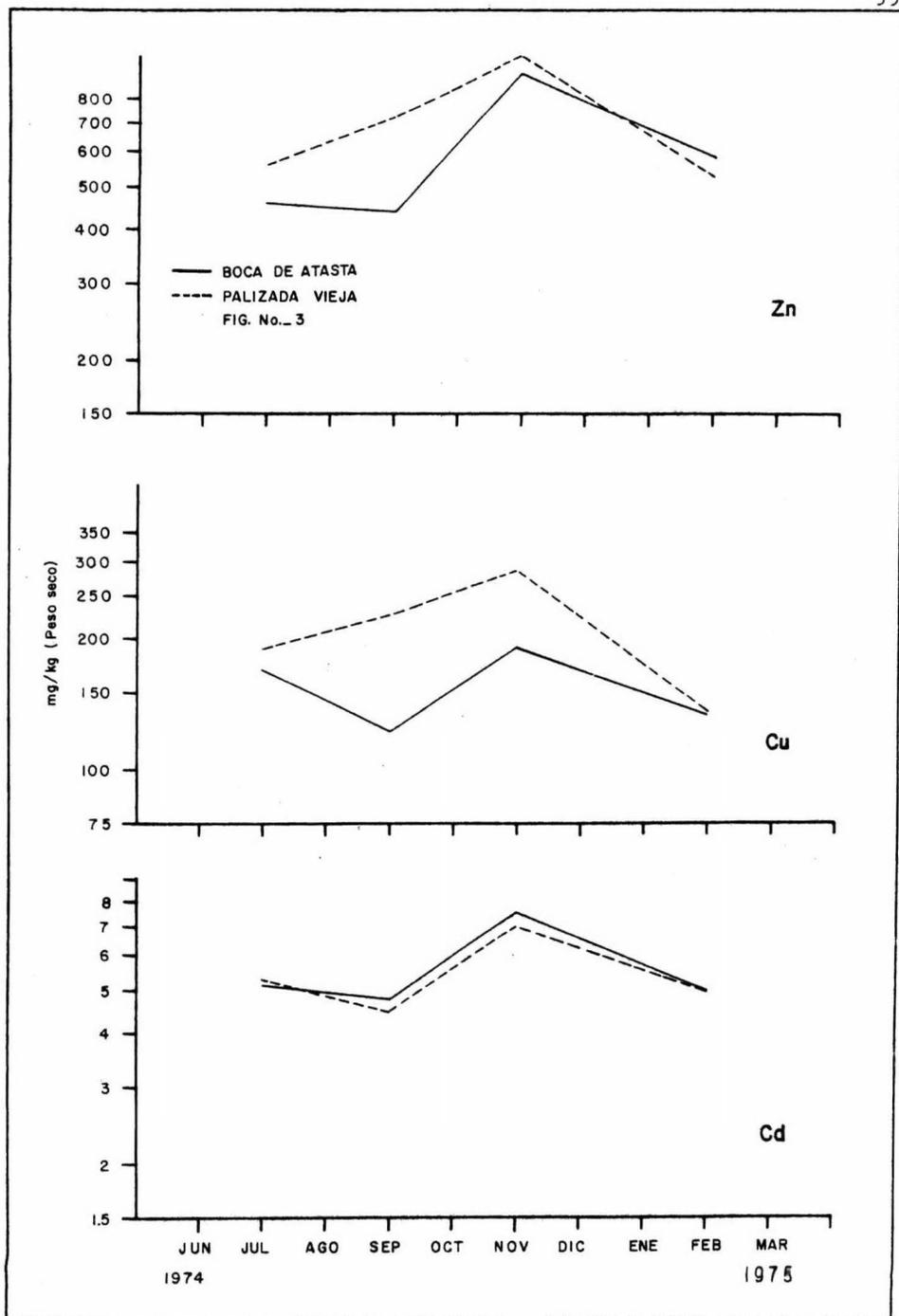
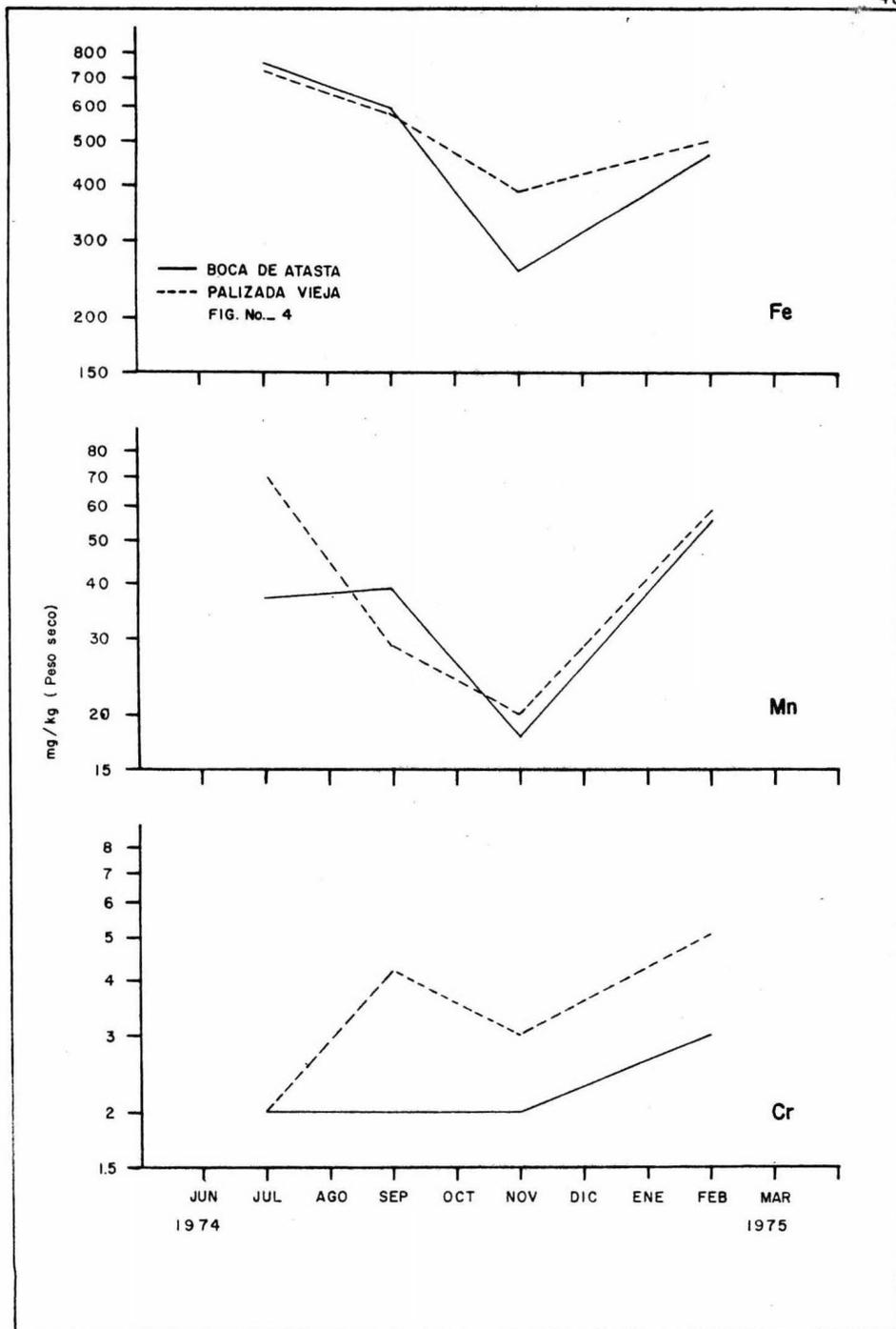
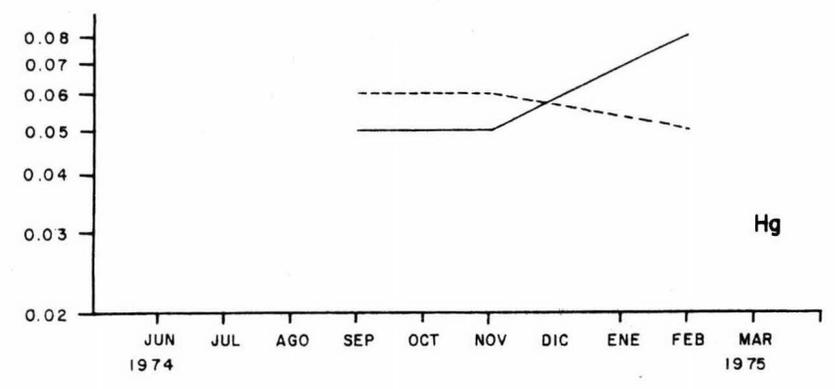
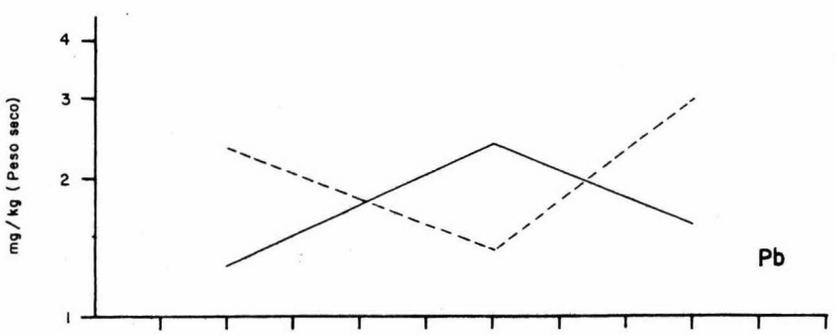
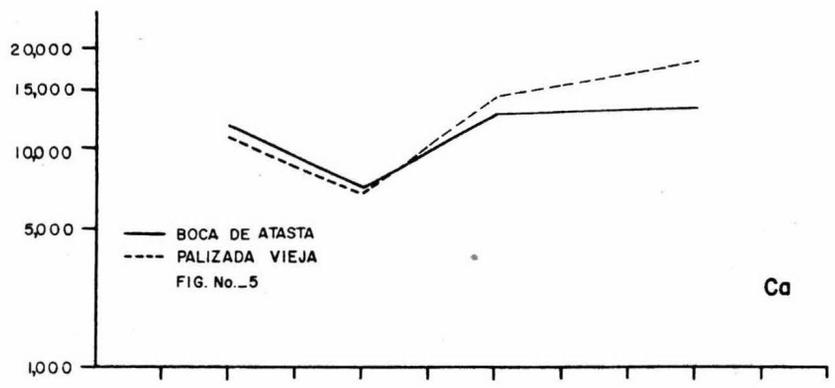


FIG. No. 1









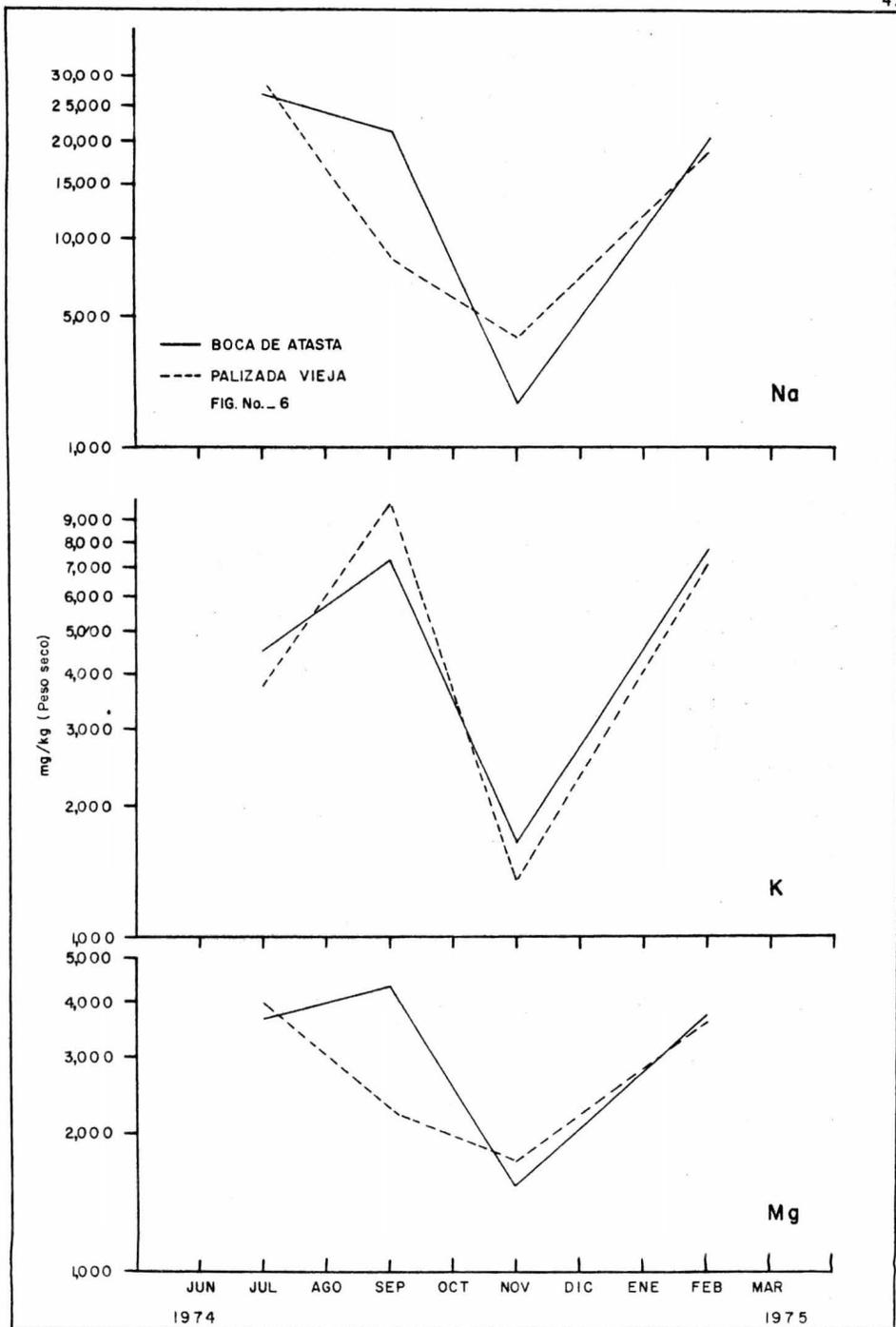
JUN 1974 JUL AGO SEP OCT NOV DIC ENE FEB MAR 1975

— BOCA DE ATASTA
- - - PALIZADA VIEJA
FIG. No. 5

Ca

Pb

Hg



B I B L I O G R A F I A

- Affleck, R.J. 1952 .
Zinc poisoning in a trout hatchery.
Aust. J. mar Freshwat. Res. 3 : 142 .
- Armstrong, F.A.J., and Atkins, W.R.G. 1950 .
The suspended matter of sea water.
J. mar. biol. Ass. U. K. 29 : 139 .
- Ayala Castañares A. 1963 .
Sistemática y Distribución de los Foraminí-
feros Recientes de la Laguna de Términos, -
Campeche, México.
Inst. de Geología, U.N.A.M. Boln. 67 pt. 3:
13 .
- Blancow, N.W. 1972 .
Martindale the extra Pharmacopoeia; Incorpo
rating Squire's Companion.
26th. ed. Pharmaceutical Press, London. p.
270, 473, 558.
- Bowen, V.T., and Sutton, D. 1951 .
Mineral constituents of marine sponges.
J. Mar. Res. 10 : 153 .
- Bowen, H.J.M. 1966 .
Trace Elements in Biochemistry.
Academic Press, London and New York.

- Brooks, R.R., and Rumsby, M.G. 1965 .
The Biochemistry of Trace Element uptake by
some New Zealand bivalves.
Limnol. Oceanogr. 10: 521 .
- Chipman, W.A., Rice, T., and Price, T.J. 1958 .
Uptake and accumulation of radioactive Zinc
by marine plankton, fish and shellfish.
Fish. Bull. U.S.F. wildl. Serv. 135 : 279 .
- García Cubas, A. 1891 .
Diccionario Geográfico, Histórico Bibliográ-
fico de los Estados Unidos Mexicanos.
Of. Tipogr. Sría. Fomento, México. t. 5, p.
564.
- Goldberg, E.D. 1957 .
The Biochemistry of Trace Elements.
Treatise of marine Ecology and Palaeoecolo-
gy.
Ecology, J.W. Hedgpeth ed.
Bull. geol. Soc. Am. 1 ; memoir 67.
- Goldberg, E.D. 1961 .
Marine Geochemistry.
Anual. Rev. Phys. Chem. 12 : 29 .
- Greenberg, D.M. 1960 .
Arginase.
Boyer, P.D., Lardy, H., Myrbock ed.
The Enzymes. 4 : 257 .
Academic Press, London and New York.

Jones, J.R.E. 1938 .

The relative toxicity of salts of Lead, Zinc and Copper to the Stickleback (Gasterastus aculeatus L.) and the effect of Calcium on the toxicity of Lead and Zinc salts.

J. exp. Biol. 15 : 394 .

Jones, J.R.E. 1964 .

Fish and River Pollution.
Butterworth Press, London.

Kawai, K. 1959 .

The Cytochrome System in marine Lamellibranch tissues.

Biol. Bull. 117 : 125 .

Korringa, P. 1952 .

Recent advances in Oyster Biology.

Q. Rev. Biol. 27 : 266 .

Lehninger, A.L. 1950 .

Role of Metal Ions in Enzyme Systems.

Physiol. Rev. 30 : 393 .

Lehninger, A.L. 1972 .

Bioquímica.

Ed. Omega, Barcelona. p. 181 .

Mc. Farren, E.F., Campbell, J.E., and Engle, J. B. 1961 .

The occurrence of Copper and Zinc in Shell--fish.

Proceedings, 4th. Shellfish Sanitation Workshop.

U.S. publ. Hlth. Serv. appendix R, p. 229 .

Nicholas, R.E.H., and Comfort, A. 1949 .

Acid soluble pigments of moluscan shells.

Biochem. J. 45 : 208 .

Pagenkopf, G.K., Newman, D.R., and Woodriff, R. 1972.

Lead determination using Graphite Furnace.

Analyt. Chem. 44 : 2248 .

Passow, H., Rothstein, A., and Clarkson, T.W. 1961.

The general Pharmacology of the Heavy Me---tals.

Pharmac. Rev. 13 : 185 .

Perkin-Elmer. 1971 .

Atomic Absorption Spectroscopy using a Fla--meless Atomic Absorption Technique.

Norwalk, Connecticut, U.S.A.

Pringle, B.H., Hissong, D.E., Katz, E.L., and Mu
lawka, S.T. 1968 .

Trace Metals accumulation by Estuarine mo-
llusks.

J. sanit. engng. Div. Am. Soc. civ. Engrs.

N° SA-3, 94 : 455 .

Quayle, D.B. 1969 .

Pacific Oyster Culture.

Fish. Res. Bd. Can. 169 : 120 .

Ratkowsky, D.A., Thrower, S.J., and Eustace, I.J.
1974.

A numerical study of the concentration of -
some Heavy Metals in Tasmanian oysters.

J. Fish. Res. Bd. Can. N° 7, 31 : 1165 .

Schelake, C.L. 1964 .

Ecological implications of radioactivity
accumulated by mollusks.

Ecology. 45 : 149 .

Schubert, I. 1954 .

Interaction of Metals with small molecules
in relation to Metal Protein Complexes.

Chemical Specificity in Biological Interac-
tions.

Gurd F.R.N. ed., Academic Press, New York.

p. 114 .

- Segar, D.A., Collins, J.D., and Riley, J.P. 1971 .
The distribution of the Major and some Minor
Elements in marine animals.
J. mar. biol. Ass. U.K. 15 : 131 .
- Smith, E.L. 1951 .
The specificity of certain Peptidases.
Adv. Enzymol. 12 : 191 .
- Tamayo, J. 1949 .
Datos para la Hidrología de la República Me-
xicana.
Inst. Panam. Geogr. Hist. México. 2 T. p.
448 .
- Topping, G. 1973 .
Heavy Metals in shellfish from Scottish Wa-
ters.
Aquaculture. 1 : 379 .
- Vallee, B.L. 1961 .
Molecular Basis of Enzyme Action and Inhi-
bition.
5th. Proc. Intern. Congr. Biochem.
Moscow. 4 : 162 .
- Vivo, J.A. 1953 .
Geografía de México.
Fondo de Cultura Económica.
México. p. 338 .

Williams, R.P.J. 1953 .

Metal ions in Biological Systems.

Biol. Rev. 28 : 381 .

Yañez, A. 1962 .

Batimetría, Salinidad, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México.

Inst. de Geología. U.N.A.M. Boln. 67, pt. 3:
47 .

Zarur, M.A. 1961

Estudio Biológico preliminar de la Laguna - de Términos, Campeche, México.

Tesis Profesional, U.N.A.M.