

Buol



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**"METALES TRAZA BIODISPONIBLES EN EL OSTION
Crassostrea gigas Y EN BIODEPOSITOS DE LA ZONA DE
MARICULTIVO DE BAHIA SAN QUINTIN, BAJA CALIFORNIA"**



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

RENE PRO GARCIA

ENSENADA, B.C. SEPTIEMBRE DE 1990.

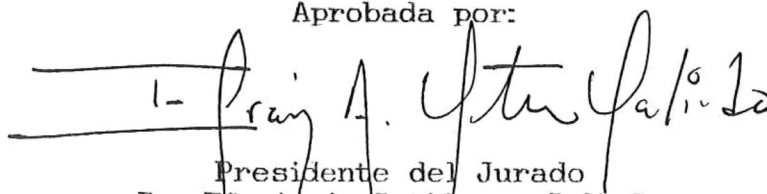
" METALES TRAZA BIODISPONIBLES EN EL OSTION *Crassostrea gigas*
Y EN BIODEPOSITOS DE LA ZONA DE MARICULTIVO DE BAHIA SAN
QUINTIN, BAJA CALIFORNIA"

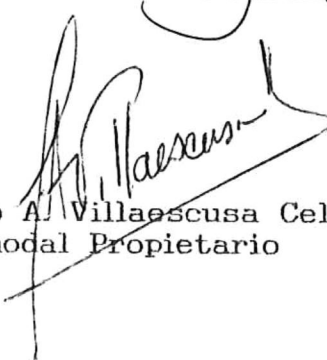
TESIS

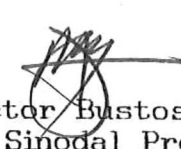
QUE PRESENTA

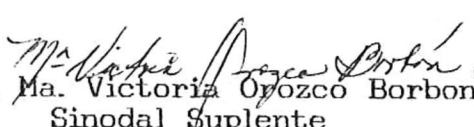
RENE PRO GARCIA

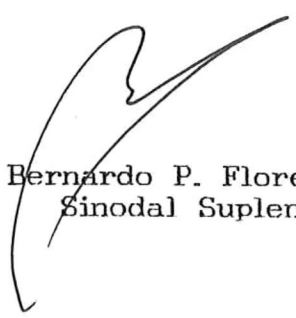
Aprobada por:


Presidente del Jurado
Dr. Efraín A. Gutiérrez-Galindo


Oc. Julio A. Villaescusa Celaya
Sinodal Propietario


Oc. Héctor Bustos Serrano
Sinodal Propietario


Oc. Ma. Victoria Orozco Borbon
Sinodal Suplente


Oc. Bernardo P. Flores Baez
Sinodal Suplente

RESUMEN

En este estudio se investigó durante 1989 (febrero-julio) el patrón de comportamiento del nivel de Al, Cd, Cu, Mn y Zn bio-disponibles en el tejido total del ostión *Crassostrea gigas* de talla comercial (90-136 mm) y en el período de crecimiento (51-99 mm) en la zona ostrícola de bahía San Quintín, Baja California. Se investiga además el enriquecimiento de los metales en la fracción biodisponible del sedimento del biodepósito de los ostiones. Los resultados muestran mayores concentraciones de Al, Cd, Cu, Mn y Zn en los ostiones en período de crecimiento (643.54 µg/g peso seco, 10.35 µg/g, 40.47 µg/g, 101.7 µg/g y 232.98 µg/g), que en los organismos de talla comercial (306.22 µg/g, 7.78 µg/g, 26.8 µg/g, 64.72 µg/g y 203.82 µg/g). Este hallazgo se atribuye a diferencias en la tasa de acumulación y/o excreción ó a diferencias en el peso de los organismos. Para ambas tallas de ostión se observó una cinética de acumulación de Al>Zn>Mn>Cu>Cd. La investigación señala que la variación temporal en la acumulación de estos elementos en los ostiones cultivados en bahía San Quintín se encuentra relacionada con variaciones fisiológicas (peso), productividad (clorofila "a", seston) y de la calidad físico química de las aguas costeras adyacentes a la bahía. Este estudio indica también que la formación de los biodepósitos en la zona de cultivo de bahía San Quintín, contribuyen al enriquecimiento de Al, Cd, Cu, Mn y Zn en los sedimentos. Unicamente el Cd presentó niveles superiores (0.7 - 1.4 µg/g peso húmedo) al nivel permitido (1.0 µg/g peso húmedo) por las instituciones internacionales (FAO-ONU) en moluscos bivalvos.

DEDICATORIA

A mis padres, Roberto y Evelia, mi más grande tesoro,
gracias por su apoyo y paciencia y, sobre todo su
amor y entrega para nosotros sus hijos.

A mi Abuelo, Don Chico, por su ejemplo de fuerza
y preseverancia en la vida.

A mis hermanos, Roberto, Maria de Los Angeles,
Rafael, Lupita, Kukis, Dora y Carlos Alberto,
por su cariño, amistad y apoyarme en todo momento.

A Guadalupe, Fuente de inspiración y motivación en
mi vida, gracias por estar siempre conmigo.
TE AMO.

A Doña Ramona, que me abrió las puertas de su hogar
cuando más lo necesitaba.

A G R A D E C I M I E N T O S

- Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado y la beca otorgada que hicieron posible la realización de este trabajo.
- A la Sociedad Cooperativa Bahía Falsa por todas las atenciones y las facilidades otorgadas para realizar los muestreos
- Al Dr. Efrain A. Gutiérrez-Galindo por su amistad y acertada dirección y comentarios acerca de este trabajo.
- Al Oc. Julio Alberto Villaescusa , por su valiosísima ayuda y por estar siempre en disposición para hacer posible la realización de mi trabajo de tesis.
- Al Cubano Jorge A. Gonzales Armenteros, pieza fundamental de este estudio, por empezar juntos este trabajo, por su amistad y sus consejos y enseñanzas para la culminación de este trabajo de tesis.
- Al P.O. Vicente Ortega Lara ("cuernavaquita"), por su apoyo brindado en los muestreos y trabajo de laboratorio.
- Al profesor Gilberto Flores M. por su desinteresada ayuda para realizar este proyecto así como sus comentarios y consejos al inicio de este estudio.
- Al personal del laboratorio de Hidrología, José Segovia, Francisco Delgadillo ("pilinki") y Albino Muñoz por las facilidades brindadas para la realización de análisis químicos en el laboratorio.
- A mis grandes amigos y compañeros de casa, por todos los momentos que compartimos juntos a lo largo de la carrera, Jesús Sánchez ("en-anivoro", te perdono lo del gansito), Adolfo Bustamante ("pelón" me agarraste confianza y fuiste muy gandalla), Luis Fernando Durand ("cocoliso" estas sorreando por la ventana), Jesús Pedro Moreno ("guero" aunque no te salio el pescado con leche) y Mario Ramses ("negro" dame dinero para el pan), por las muestras de amistad y compañerismo.

A los compañeros de la XXV generación "Pepe Le Piu", a todos ellos gracias, por mantener siempre esa valiosa amistad que cosechamos a lo largo de 5 años, especialmente a Cesar, Santos, Israel, Margarita, Ana María, Chico, Heriberto Toño, Botello, Panchito, Rolando, Pedro Cesar, que con ellos compartí la mayor parte de mi carrera.

Y agradezco muy especialmente a la Familia Lanz Paredes, por abrirme las puertas de su hogar, por su cariño y apoyo brindado y por todas las atenciones y consideraciones hacia mi persona. MUCHAS GRACIAS.

A todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron y estuvieron pendientes, a todos ellos GRACIAS.

INDICE

1 INTRODUCCION	1
2 MATERIALES Y METODOS	7
2.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	7
2.2 PROCESAMIENTO DE MUESTREO Y ANALISIS QUIMICO	9
2.3 ANALISIS DE METALES TRAZA EN LAS MUESTRAS COLECTADAS	11
2.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS	14
3 RESULTADOS	15
3.1 MATERIAL DE REFERENCIA CERTIFICADO POR LA NBS (USA)	15
3.2 METALES TRAZA EN EL OSTION <i>C. gigas</i>	15
3.3 RELACION INTERMETALICA EN OSTION COMERCIAL Y EN CRECIMIENTO	23
3.4 METALES TRAZA EN LA FRACCION BIODISPONIBLE Y TOTAL DEL SEDIMENTO	23
3.5 VARIABLES QUIMICO BIOLOGICAS	30
4 DISCUSIONES	34
5 CONCLUSIONES	41
6 BIBLIOGRAFIA	43

LISTA DE TABLAS

TABLA I.	Comparación de las concentraciones de metales traza ($\mu\text{g/g}$) obtenidas en este trabajo, con los valores certificados.	16
TABLA II.	Concentraciones promedio ($n=3$) de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) y características biométricas medidas en el ostión <i>Crassostrea gigas</i> de bahía San Quintín, B.C. durante 1989.	17
TABLA III	Variación temporal de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el ostión <i>Crassostrea gigas</i> comercial. Las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes. ($P > 0.05$).	22
TABLA IV	Variación temporal de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el ostión <i>Crassostrea gigas</i> en crecimiento. Las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).	22
TABLA V	Análisis de correlación simple para metales traza en el ostión <i>Crassostrea gigas</i> ($P > 0.05$) $n=12$	25
TABLA VI	Valores promedios ($n=2$) de la concentración de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción biodisponible del sedimento superficial colectado en bahía San Quintín B.C. durante 1989.	26
TABLA VII	Valores promedios ($n=2$) de la concentración de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción total del sedimento superficial colectado en bahía San Quintín B.C. durante 1989	27

TABLA VIII	Coeficiente de correlación simple de Pearson entre metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción biodisponible y total del sedimento superficial colectado en la estación 1.	29
TABLA IX	Coeficiente de correlación simple de Pearson entre metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción biodisponible y total del sedimento superficial colectado en la estación 2.	29
TABLA X	Valores promedios ($n=2$) de las variaciones químico biológicas medidas en las aguas de cultivo de <i>Crassostrea gigas</i> en bahía San Quintín, Baja California, durante 1989.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de estudio en bahía San Quintín, Baja California México.....	8
Figura 2. Comportamiento temporal de Al, Zn, Cu, Cd y Mn estudiados en <i>C. gigas</i> de bahía San Quintín, Baja California.....	18
Figura 3. Características biométricas del ostión de bahía San Quintín, Baja California.....	19
Figura 4. Enriquecimiento de Al, Cu y Zn en la fracción biodisponible de los sedimentos del biodepósito del ostión cultivado en bahía San Quintín, Baja California.....	28
Figura 5. Influencia de los biodepósitos en la acumulación de Al y Mn en el cultivo de ostión <i>C. gigas</i> en bahía San Quintín, Baja California.....	31
Figura 6. Variables químico biológicas medidas en la zona ostrícola de bahía San Quintín, Baja California.....	33

1. INTRODUCCION.

México cuenta con aproximadamente 2 850 000 hectáreas de lagunas costeras y esteros, repartidos a lo largo de 11,500 km de litoral, áreas que por sus características naturales resultan en algunas ocasiones idoneas para la reproducción, crianza y alimentación de moluscos, peces ó crustaceos. La utilización de estas aguas para la realización de desarrollos acuaculturales han representado un recurso de gran magnitud, (Yañez-Arancibia, 1982). Sin embargo el uso de estas agua debe ser planificada y con una proyección a largo plazo para evitar que el impacto del desarrollo industrial y demográfico provoque graves efectos en estas áreas marinas.

Dentro del Estado de Baja California, la bahía San Quintin, ha resultado propicia para el desarrollo de la acuacultura y es para el ostión *Crassostrea gigas* donde más auge ha tomado la comercialización y exportación hacia Estados Unidos de este producto por parte de las cooperativas pesqueras regionales. Esta bahía representa una de las regiones con mayor potencial para esta actividad ostrícola, debido a su clima, hidrología y orografía (Ruiz-Dura, 1977)), además por la riqueza de sus aguas producto de los eventos de surgencias estacionales en el área (Alvarez-Borrego y Chee-Barragan, 1976). Actualmente la sociedad cooperativa de

Bahía Falsa, lleva a cabo la explotación del ostión *C. gigas* en esta bahía. Esta sociedad cuenta con 500 hectáreas cultivadas alcanzando actualmente 1200 toneladas anuales (organismo con concha) de este molusco (comunicación personal, Soc. Coop. Bahía Falsa 1990).

Según antecedentes, cada año grandes cantidades de metales traza son introducidos al océano por fuentes naturales ó antropogénicas. El uso industrial de los metales ha provocado que la movilización antropogénica en algunos casos sea mayor a la natural, siendo el aporte antropogénico el que más daño ecológico causa (Forstner y Salomon, 1984). Lantzy y Mackenzie (1979) señalan que los metales traza se encuentran en la atmósfera, agua y corteza terrestre y son removidos por fenómenos naturales (precipitación pluvial, erosión) y mecanismos antropogénicos (desechos industriales y domesticos). Oullete (1981) señala que el Al, Mn y Fe entran al medio marino principalmente a través de interperismo del sustrato mineral y el subsecuente transporte generado por lluvias, del material particulado.

El estimar los niveles de contaminación de un medio ambiente, como lo que se pretende en este estudio, nos permite conocer la disponibilidad de los recursos naturales para consumo humano y el efecto sobre el medio. Phillips (1976) destaca que una forma

de estimar los niveles de contaminación de metales traza que entran en los ciclos del medio marino es utilizando organismos indicadores que tengan la característica de bioacumular estos elementos. Los moluscos bivalvos son los que con mayor frecuencia se utilizan como bioindicadores debido a que reúnen todas las características para ser considerados como tal, pues tienen una amplia distribución geográfica, son abundantes, toleran amplios rangos de condiciones ambientales y son buenos acumuladores de compuestos químicos, (Farrington, 1983). Poseen ventajas sobre las determinaciones de metales en el agua y en el sedimento ya que reflejan más apropiadamente las condiciones ambientales del medio (Dunstan, et al., 1980). Además las características biológicas de estos organismos los hacen ideales como centinelas de contaminación por metales traza (Martin et al., 1988). Tanto el ostión *C. gigas* como el mejillón *Mytilus sp.*, dentro de un gran grupo de organismos marinos han sido objeto de múltiples investigaciones en las que ha quedado de manifiesto la capacidad de estos organismos para indicar la presencia de metales traza y compuestos orgánicos sintéticos (Goldberg, 1975; Goldberg et al., 1978; Farrington, 1983; Gutiérrez-Galindo et al., 1984). Una de las características de estos organismos, es la facilidad que tienen para concentrar una gran variedad de compuestos provenientes de las aguas a las cuales se encuentran expuestos (Phillips y Segar, 1986). Considerando

la anterior, así como la importancia económica y alimenticia que representan estos organismos, es recomendable conocer los niveles de los tóxicos en los mismos, lo que permite además poder estimar la calidad química de las aguas a las que se encuentran expuestos estos organismos.

La intención de investigar en este trabajo los niveles de metales traza en los ostiones cultivados en bahía San Quintín, adquiere también importancia a partir del conocimiento de los efectos de estos elementos en la salud humana. En el ser humano han sido señalados efectos renales y osteomalasia producidos por el Cd, osteodistrofia debida al Al, así como degeneración hepatolenticular producida por Cu (OMS, 1987). En moluscos bivalvos, en particular en los ostiones el efecto de estos elementos ha sido señalado, el Cu en niveles elevados afecta la capacidad de resistir condiciones extremas (stress) y en ocasiones tiene efectos letales (Calebrese et al., 1973) y provoca cambios morfológicos (Bryan, 1971). El Zn por su parte provoca desarrollos anormales en larvas de *C. gigas* (Martin et al., 1981).

Considerando la importancia ostrícola y de otras especies que representan las aguas de la bahía San Quintín en Baja California, el estudio que se describe a continuación otorga un panorama de la calidad química por metales traza que presentan las aguas y.

los biodepósitos del área de cultivo de esta bahía. Estudios señalan que los sedimentos juegan un papel importante dentro del ciclo de los metales traza en el medio acuático (Ndiorkwere, 1984). En este trabajo se investiga:

A) Las concentraciones de Al, Cd, CU, Mn y Zn en el tejido total del ostión *C. gigas* comercial y en crecimiento, con la finalidad de estimar el riesgo a la salud pública por su consumo y las posibilidades de la exportación de este producto.

B) Relacionar las concentraciones de los metales traza y el crecimiento del ostión *C. gigas* durante un período de cultivo de cinco meses (febrero-junio) para observar la variabilidad de acumulación de estos tóxicos por los ostiones.

C) Evaluar las concentraciones de metales traza biodisponibles (Al, Cd, Cu, Mn y Zn) en el sedimento de la zona y relacionarlos con las concentraciones de estos elementos en los ostiones.

D) Relacionar la biodisponibilidad de los metales traza con variables químico biológicas (fosfatos, clorofila, seston orgánico e inorgánico).

E) Y finalmente evaluar si las formaciones de biodepósitos en la zona ostrícola de bahía San Quintín contribuye al enriquecimiento de estos elementos en los sedimentos.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del Area de Estudio.

La bahía de San Quintín está localizada en la costa noroccidental de Baja California entre los $30^{\circ} 24' N$ y $30^{\circ} 30' N$ y $115^{\circ} 57' W$ y $116^{\circ} 01' W$. Se encuentra a una distancia de 300 km. al sur de la frontera México-E.U.A., tiene un área de 41.6 Km. cuadrados y se comunica al mar por un estrecho canal (Chavez de Nishikawa y Alvarez-Borrego, 1974) (figura 1). Esta bahía está dividida en dos brazos, Este y Oeste, al brazo Oeste se le conoce como bahía Falsa y al Este como bahía San Quintín. Con excepción de los canales estrechos de hasta 7 metros de profundidad, la mayor parte de la bahía tiene menos de 3 metros de profundidad. Los sedimentos en general, tienen una textura homogénea, siendo esto resultado de la acción del oleaje y las corrientes y están compuestos predominantemente de arenas, limos y arcillas (Gorsline y Stewart, 1962).

La bahía se encuentra adyacente al valle agrícola de San Quintín donde se desarrolla una agricultura tecnificada mediante el empleo de riego, maquinaria semillas mejoradas y agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas). En este valle se cultiva principalmente tomate, papa y chile en una superficie aproximada de 8,000 hectáreas.

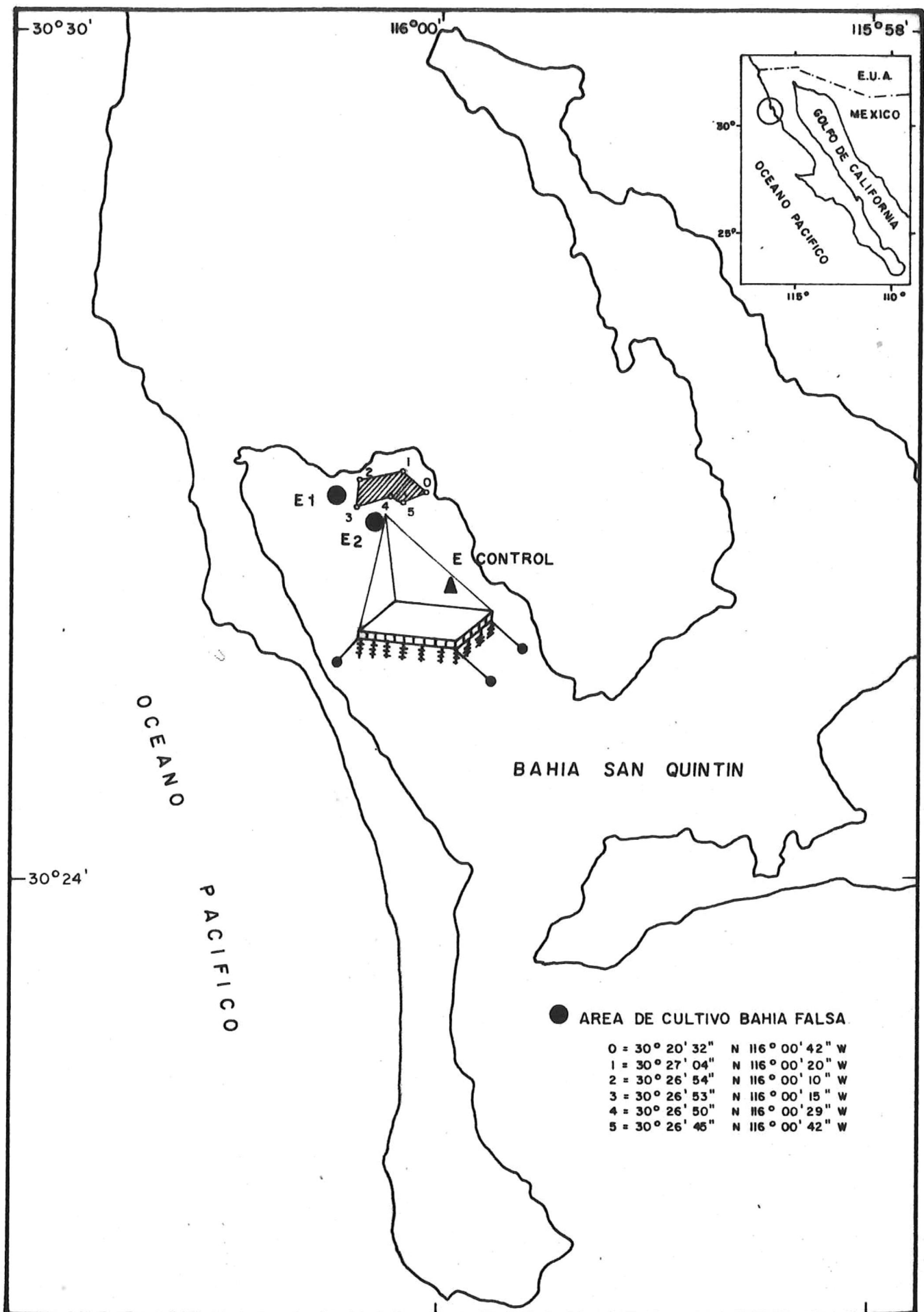


FIG. 1- ZONA DE ESTUDIO EN BAHIA SAN QUINTIN, BAJA CALIFORNIA MEXICO.

2.2 Procedimiento de Muestreo y Análisis Químico.

De febrero a julio de 1989 se realizaron colectas mensuales en las balsas y sartas de cultivo de bahía Falsa del ostión *C. gigas*, de talla comercial con un intervalo de talla de 90 a 136 mm (E1), y en crecimiento iniciando con organismos de 51 mm en febrero y con una talla máxima de 99 mm en junio (E2).

La colecta se efectuó manualmente utilizando guantes de tela y cuchillo de acero inoxidable, ya que la contaminación por este metal ha mostrado ser insignificante (Grooves, 1977). Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico y transportadas al laboratorio donde fueron almacenadas a -20°C , hasta su análisis químico y biométrico.

Se obtuvieron también muestras de sedimentos, en las estaciones 1 y 2 de colecta de ostión, y en una tercera estación control nunca antes utilizada para los cultivos ostrícolas. Esta última estación fué de referencia para observar el enriquecimiento de los metales analizados en el biodepósito del sedimento formados bajo las balsas de cultivo. Las muestras de sedimento fueron colectadas con nucleadores de polipropileno. Se obtuvo un perfil de 15 cm. del cual fue analizada la sección superficial (5 cm.), sección en la que se presentan según antecedentes los cambios

más recientes en el área (Forstner y Salomon, 1980).

Durante todo el período de muestreo se registraron variables químico biológicas (fosfatos, clorofila "a" y seston orgánico e inorgánico). Para la determinación de los fosfatos, fueron tomadas muestras de agua superficial. El agua fue colectada en frascos de polietileno de 250 ml. los cuales fueron enjuagados 3 veces con agua de mar antes de tomarse la muestra, y se conservaron congeladas a -20° C hasta su posterior análisis. El tratamiento de estas muestras fue efectuado de acuerdo a la técnica descrita por Strickland y Parsons (1972). Para la determinación de clorofila "a" se colectaron muestras de agua en botellas de polipropileno. Las muestras fueron mantenidas en obscuridad y filtradas inmediatamente con filtros de fibra de vidrio (Whatman GF/C) de $0.2\ \mu\text{m}$ de tamaño de poro. Estos filtros fueron guardados en recipientes de plástico cubiertos con papel aluminio, congelados a -20° C y analizados mediante la técnica de Strickland y Parsons (1972).

Para evaluar la cantidad de material susceptible de ser filtrado por los organismos, y capaz de interferir en las concentraciones de metales en solución del medio, se tomaron muestras de agua (1 lt.) para determinar el seston total. El seston total se reporta en peso seco del material particulado en suspensión. Se utilizaron filtros nucleopore de 47 mm de diámetro y $0.45\ \mu\text{m}$ de tamaño de

poro. Los filtros fueron posteriormente tratados para separar la materia orgánica e inorgánica particulada oxidada con H_2O_2 , de acuerdo al método descrito por Banse et al., (1963).

2.3 Análisis de Metales Traza en la Muestras Colectadas.

La determinación de los metales traza, se efectuó en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la U.A.B.C.. Laboratorio especialmente diseñado (presión positiva con aire limpio), para el análisis químico de metales traza. El material utilizado de plástico y/o vidrio fue lavado en una solución de detergente libre de fosfatos (dejado en esta por una semana), enjuagado 3 veces con agua destilada y 3 veces con agua deionizada. El material de plástico permaneció por una semana más en una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 50 %, y después enjuagado nuevamente con agua destilada y deionizada. El lavado del material de vidrio fue similar, solo que en lugar de emplear HCl, se utilizó ácido nítrico (HNO_3) al 50 % por espacio de 3 días.

Los organismos fueron descongelados y lavados individualmente, bajo un flujo de agua destilada y deionizada. Se utilizó un cepillo de cerdas plásticas para remover todo el material adherido. Posteriormente los organismos se disectaron con bisturí de acero

inoxidable limpio.

Se utilizaron 3 replicas integradas de 15 organismos por muestra, de la cuales a una se le registro el peso y la talla. Estas réplicas permiten una mejor estimación de la media de la población, además se disminuye la varianza muestral (Gordon et al., 1980). El tejido de las réplicas fueron homogeneizadas en un homogeneizador "virtis 45", equipado con navajas de titanio.

La digestión del tejido para la determinación de Mn, Cu, Cd, Zn y Al se realizó de acuerdo al método modificado y utilizado en el programa de vigilancia sistemática de contaminación de California, E.U.A. (Mussel Watch) descrito por Stephenson et al., (1979). De la muestra homogenizada se tomó una submuestra de 5 g., se colocaron en vasos de precipitados de 30 ml. y se le agregaron 5 ml de ácido nítrico "ultrex". Se cubrieron las muestras con vidrio de reloj y se dejó en contacto con el ácido por espacio de 12 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se sometieron a calentamiento a 45°C durante una hora, después a 70°C y finalmente a 100°C hasta obtener las muestras casi a sequedad. Se le agregó al residuo 1 ml. de agua deionizada y se disolvió después con 20 ml de ácido nítrico "ultrex" al 1 % y se transfirió a botellas de polipropileno de 30 ml. El análisis de metales se realizó en un espectrofotómetro

de absorción atómica IL 251 y un Thermo Jarrel Ash Smith Hieftje 12. Los metales Zn, Cd, Cu y Mn, se determinaron con llama de aire-acetileno, y el Al con llama de aire-óxido nitroso.

El análisis de sedimento, de la fracción total, se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Breder (1982), y de la fracción biodisponible, con el método propuesto por Chester (1981).

Para evaluar cualquier posible contaminación de las muestras se analizaron periódicamente blancos de reactivos así como material de referencia estandar de la NBS-USA (Hojas de Cítrico, Hígado de Bovino y Sedimento Estuarino).

2.4 Análisis Estadístico de los Datos.

Para determinar la tendencia temporal de los metales traza medidos en el ostión *C. gigas* se realizó un análisis de varianza de una vía, previo a este análisis se efectuaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza (prueba "t" de box).

Para clasificar las diferencias se efectuó un análisis "a posteriori" de Student Newman-Keuls (SNK) (Sokal y Rohlf, 1979). En el Cd para el ostión en crecimiento y del Al y Cu del ostión comercial, que no presentaron heterocedasticidad, esta fue ajustada mediante una transformación logarítmica (Log^{10}). Para conocer el grado de asociación entre las diferentes variables estudiadas (metales y variables químico biológicas), se efectuó un análisis de correlación producto-momento de Pearson (Nie et.al, 1970).

3. RESULTADOS.

3.1 Material de Referencia Certificado por la National Bureau of Standards (NBS), EUA

En la Tabla I se presenta la comparación de las concentraciones de metales de la NBS obtenidas en este estudio en el material de referencia (1577, 1572 y 1646).

En general los valores obtenidos en el laboratorio del I.I.O. se encuentran dentro del rango de los niveles certificados establecidos por la NBS.

3.2 Metales Traza en el Ostión *C. gigas*

Las concentraciones de Al, Cd, Cu, Mn y Zn, así como las variables de talla y peso en el ostión *C. gigas* comercial y en crecimiento se muestran en la tabla II, figuras 2 y 3.

Para el ostión comercial el Al presentó un intervalo de concentración (peso seco) que va de un mínimo de 93.79 $\mu\text{g/g}$ en mayo a un máximo de 306.22 $\mu\text{g/g}$ en junio. Para el ostión en crecimiento el Al varió de un mínimo de 158.12 $\mu\text{g/g}$ en junio a 643.54 $\mu\text{g/g}$ en febrero (tabla II, fig. 2) con razones máximo/mínimo de 3.26 y 4.13 respectivamente.

Tabla I. Comparación de las concentraciones de metales ($\mu\text{g/g}$ peso seco) de la NBS obtenidas en este estudio, con los valores certificados.

ESTANDAR	Al	Cd	Cu	Mn	Zn
NBS 1572 Hojas de Cítrico	92 $\pm$ 15	0.03 $\pm$ 0.01	16.5 $\pm$ 1	23 $\pm$ 2	29 $\pm$ 2
Valor IIO-UABC	77 $\pm$ 1.1	0.127 $\pm$ 0.04	11.9 $\pm$ 1	19.3 $\pm$ 13	17.9 $\pm$ 5.8
NBS 1577 Higado de Bovino	*NC	0.44 $\pm$ 0.06	158.7 $\pm$ 7	9.9 $\pm$ 0.08	123 $\pm$ 8
Valor IIO-UABC	43.1 $\pm$ 29	0.54 $\pm$ 0.01	124.4 $\pm$ 20	8.2 $\pm$ 1.9	75.4 $\pm$ 33
NBS 1646 Sedimento Estuarino	NC	NC	18 $\pm$ 3	375 $\pm$ 20	138 $\pm$ 6
Valor IIO-UABC	**NA	NA	18.3 $\pm$ 7.1	297 $\pm$ 29.5	105.6 $\pm$ 17.8

*NC= No Certificado

**NA= No Analizado

Tabla II. Concentración promedio (n=3) de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) y características biométricas medidas en el ostión *Crassostrea gigas* de bahía San Quintín, B.C. durante 1989.

OSTION	MES	LARGO (mm)	PESO (g)	Al	Cd	Cu	Mn	Zn
COMERCIAL	FEB	101.68	11.30	254.18	5.87	21.36	50.51	203.82
	MAR	97.31	15.63	122.03	5.12	15.07	28.96	136.3
	ABR	136.0	28.82	112.83	4.42	26.80	44.35	170.47
	MAY	104.33	28.34	93.79	4.38	14.86	22.24	154.54
	JUN	90.38	7.27	306.22	7.78	20.62	64.72	157.1
	JUL	93.26	11.68	238.72	7.6	18.80	47.05	158.24
CRECIMIENTO	FEB	51.12	1.70	643.54	9.33	28.42	61.9	215.27
	MAR	66.49	1.73	420.6	10.06	22.18	64.17	187.1
	ABR	76.26	4.20	365.01	10.35	40.47	101.7	232.98
	MAY	85.24	9.08	163.81	5.59	19.03	8.78	191.63
	JUN	99.0	10.27	158.12	7.11	19.43	56.4	157.06

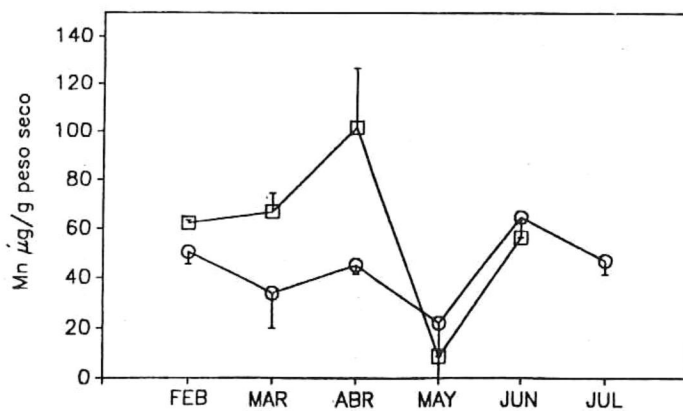
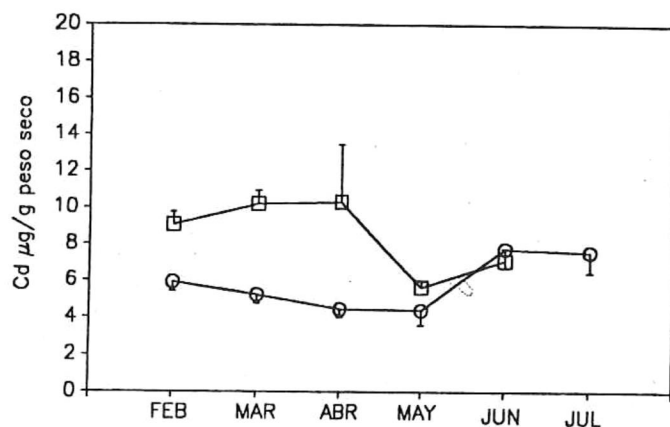
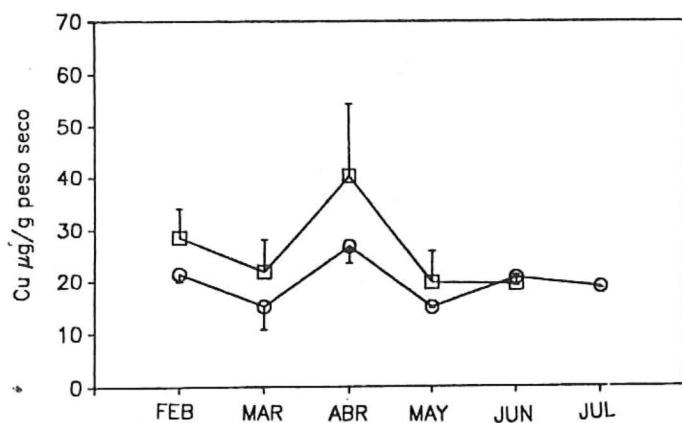
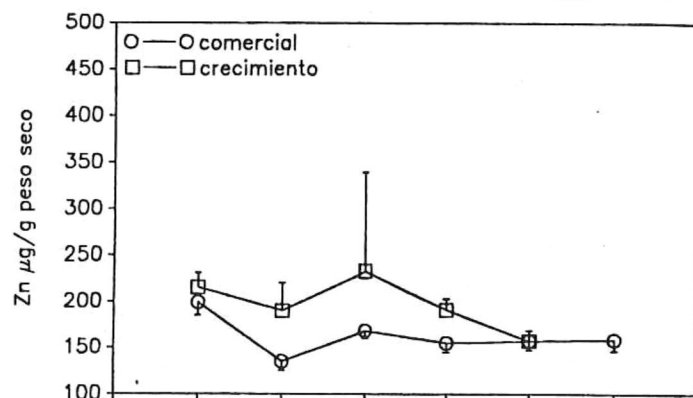
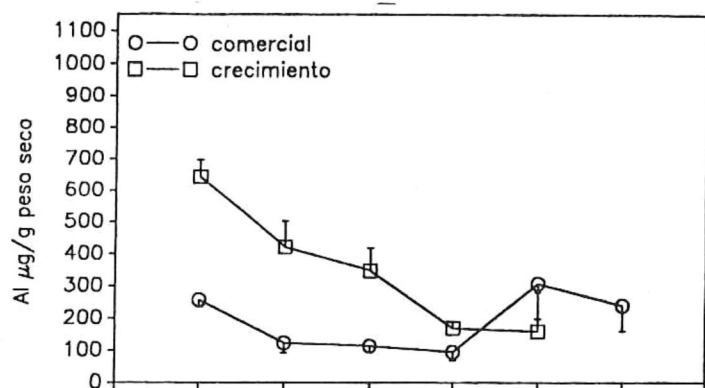


FIG. 2 . Comportamiento temporal de Al, Zn, Cu, Cd y Mn en C. gigas de bahía San Quintín, Baja California.

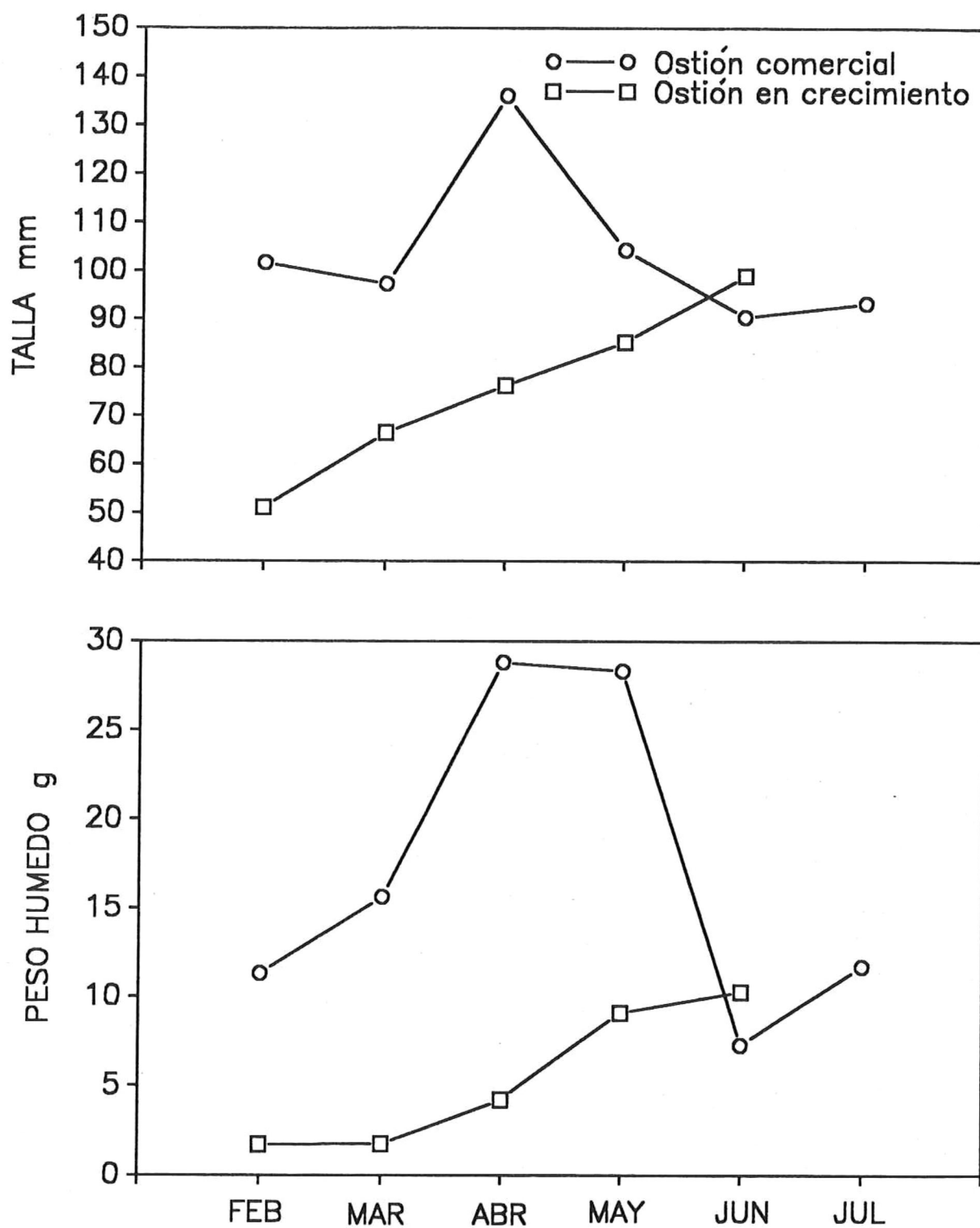


FIG. 3. Características biométricas del ostión C. gigas de bahía San Quintín, Baja California.

El ANOVA mostró diferencias temporales significativas para el Al en los ostiones de talla comercial y en crecimiento (tablas III y IV).

En el ostión comercial el cadmio registró los valores más bajos para todos los metales estudiados con niveles que van de 4.38 $\mu\text{g/g}$ en mayo a 7.78 $\mu\text{g/g}$ en junio y una razón máximo/mínimo de 1.77. En el ostión en crecimiento el Cd presentó un intervalo de 5.59 $\mu\text{g/g}$ en mayo a 10.35 $\mu\text{g/g}$ en abril, con una razón máximo/mínimo de 1.85 (tabla II, Fig. 2). El Cd presentó diferencias temporales significativas en el ostión comercial (tabla III) y diferencias temporales no significativas en el ostión en crecimiento (tabla IV).

Para el ostión comercial en el mes de abril el Cu presentó su máxima concentración de 26.8 $\mu\text{g/g}$ y en mayo la mínima de 14.86 $\mu\text{g/g}$ con una razón máximo/mínimo de 1.8, y diferencias temporales significativas (Tabla III). El ostión en crecimiento presentó concentraciones superiores al comercial con 40.47 $\mu\text{g/g}$ en abril y 19.03 $\mu\text{g/g}$ en mayo y una razón máximo/mínimo de 2.12 (tabla II, figura 2) y diferencias temporales no significativas (Tabla IV).

El Mn alcanzó niveles máximos de 64.72 $\mu\text{g/g}$ en junio y 22.24 $\mu\text{g/g}$ en mayo para el ostión comercial. Para el ostión en crecimiento el mínimo coincidió en el mes de mayo con 8.78 $\mu\text{g/g}$ y el máximo

se registró en el mes de abril con 101.7 $\mu\text{g/g}$ (tabla II, Figura 2). Las razones máximo/mínimo fueron de 2.9 y 11.8 respectivamente. El ANOVA muestra diferencias temporales significativas en la concentración de Mn en los ostiones comerciales y en crecimiento (tablas III y IV).

Para el Zn, el ostión comercial registró un intervalo de 136.3 $\mu\text{g/g}$ en marzo a 203.82 $\mu\text{g/g}$ en febrero, mientras que el ostión en crecimiento varió de 157.06 $\mu\text{g/g}$ en junio a 232.98 $\mu\text{g/g}$ en abril (tabla II, Figura 2). Se observó una razón máximo/mínimo muy similar de 1.49 y 1.48 respectivamente. El ostión comercial presentó diferencias temporales significativas de Zn (tabla III) mientras que el ostión en crecimiento no presentó diferencias temporales de este elemento (tabla IV). En general la secuencia de concentración de metales estudiados en *C. gigas* para ambas tallas fué de $\text{Al} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Cd}$, para todo el período de muestreo.

Tabla III. Variación temporal de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el Ostión *Crassostrea gigas* comercial. Las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

MES	Al ***	Cd ***	Cu ***	Mn *	Zn ***
FEB	254.18 a	5.87 b	21.36 b	50.51 ab	203.82 a
MAR	122.03 b	5.12 b	15.07 c	28.96 a	136.30 b
ABR	112.82 b	4.42 b	26.80 a	44.35 ab	170.47 b
MAY	93.79 b	4.38 b	14.86 c	22.24 b	154.54 b
JUN	306.22 a	7.78 a	20.62 b	64.72 a	157.10 b
JUL	238.72 a	7.60 a	18.80 b	47.05 ab	158.24 b

n=12

* $P \leq 0.05$

*** $p \leq 0.001$

Tabla IV. Variación temporal de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el ostión *Crassostrea gigas* en crecimiento. Las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes.

MES	Al **	Cd NS	Cu NS	Mn ***	Zn NS
FEB	653.54 a	9.33	28.42	61.90 b	215.27
MAR	420.6 ab	10.061	22.18	64.17 b	187.10
ABR	365.01 ab	10.35	40.47	101.69 a	232.98
MAY	163.81 b	5.59	19.63	8.78 c	191.63
JUN	158.12 b	7.11	19.43	56.4 b	157.06

n=12

** $P \leq 0.01$

*** $P \leq 0.001$

3.3 Relación Intermetálica en Ostión Comercial y en Crecimiento.

El análisis de correlación simple de Pearson, entre metales medidos en el ostión *C. gigas* se presenta en la tabla V. Para ambas tallas de ostión observamos relaciones muy similares. En el ostión comercial el Al fué correlacionado significativamente con el Cd, Mn y Zn y el Mn con el Al, Cd y Cu. En el ostión en crecimiento el Al se relacionó significativamente con el Cd, Cu y Zn, y el Cd lo hizo con el Cu, Mn y Zn, el Cu también se relacionó de igual manera que el Mn.

3.4 Metales Traza en la Fracción Biodisponible y Total del Sedimento.

Los niveles de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) medidos en la fracción biodisponible y total del sedimento superficial se presentan en las tablas VI, VII y figura 4 respectivamente. Los resultados muestran un enriquecimiento de Al, Mn, y Zn en la fracción biodisponible de los sedimentos del biodepósito de los ostiones comerciales y en crecimiento de las estaciones 1 y 2 comparados con la estación control. Para las tres estaciones estudiadas el Al y Mn presentaron los niveles más altos tanto en la fracción biodisponible como total (tablas VI y VII). Durante junio y julio no se detectaron niveles de Cd en ambas fracciones en las tres

estaciones analizadas. En la fracción biodisponible el Cd y Cu mostraron sus niveles máximos (1.0, 1.0, 0.4 y 13.4, 13.2, 7.5 $\mu\text{g/g}$) en el mes de febrero para las tres estaciones. El Mn en la fracción total, alcanzó su máxima concentración en febrero (84.5, 409.6, 435.5 $\mu\text{g/g}$). El aluminio biodisponible alcanzó valores máximos en la estación 1, de 241.50 $\mu\text{g/g}$ mientras que la fracción total presentó 1342.6 $\mu\text{g/g}$) en la estación 2, ambos en el mes de junio. Para el cobre total su máxima concentración fue 22.08 $\mu\text{g/g}$ en el mes de abril en la estación 2 , y su valor mínimo fue en el mes julio de 1.71 $\mu\text{g/g}$ en la estación tres.

El análisis de correlación entre metales de la fracción biodisponible y total para la estación 1 y 2 se muestra en las tablas VIII y IX respectivamente. Se observan para ambas estaciones niveles de correlación alta y significativa entre el Al y Cd en las dos fracciones. En la estación 1 el Cu, Mn, y Zn, de la fracción biodisponible se relacionaron con la fracción total del Al (tabla VIII).

Tabla V. Análisis de correlación simple para metales traza en el ostión *Crassostrea gigas* ($P < 0.05$) $n=12$

OSTION COMERCIAL					OSTION EN CRECIMIENTO								
Al	Cd	Cu	Mn	Zn	Al	Cd	Cu	Mn	Zn				
Al					Al								
Cd					0.826					0.875			
Cu					0.551					0.832			
Mn					0.889					0.748	0.555	0.643	0.647
Zn					0.632					0.695	0.528		

$n = 12$ Ostion comercial (febrero-julio)

$n = 10$ Ostion en crecimiento (febrero-junio)

Tabla VI. Valores promedios (n=2) de la concentración de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción biodisponible del sedimento superficial colectado en bahía San Quintín B.C. durante 1989.

ESTACION	MES	Al	Cd	Cu	Mn	Zn
1	FEB	159.94	1.029	13.425	31.339	11.719
	MAR	122.83	0.871	3.686	19.832	9.265
	ABR	116.56	1.029	2.556	13.582	8.3
	MAY	146.45	0.995	6.713	18.698	10.58
	JUN	241.53	ND*	5.375	40.756	11.447
	JUL	161.32	ND	3.353	20.637	6.413
2	FEB	157.14	1.029	13.194	24.639	11.20
	MAR	131.84	0.807	3.409	21.153	9.18
	ABR	143.46	0.882	3.835	30.67	8.60
	MAY	164.36	0.799	9.259	32.126	10.16
	JUN	234.15	ND	4.805	35.777	10.94
	JUL	190.54	ND	3.779	39.169	8.15
CONTROL	FEB	26.5	0.441	7.45	10.09	5.208
	MAR	21.165	0.388	0.71	8.54	5.66
	ABR	43.1	0.294	1.27	13.101	5.98
	MAY	19.55	0.644	6.25	10.13	9.505
	JUN	21.82	ND	0.442	11.06	3.97
	JUL	41.68	ND	0.172	11.86	1.84

*ND= No Detectado

Tabla VII. Valores promedios (n=2) de la concentracion de metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción total del sedimento superficial colectado en bahía San Quintín B.C. durante 1989

ESTACION	MES	Al	Cd	Cu	Mn	Zn
1	FEB	1099.95	2.214	17.29	284.48	23.06
	MAR	722	1.873	19.40	163.83	39.66
	ABR	644.44	1.37	13.75	232.75	23.46
	MAY	739.17	1.37	13.44	241.38	39.41
	JUN	1103.4	ND*	18.57	234.20	50.27
	JUL	728.15	ND	9.08	239.37	25.06
2	FEB	1022.2	2.056	16.76	409.56	24.23
	MAR	722.2	1.74	19.39	284.48	38.99
	ABR	755.25	1.83	22.08	310.46	41.34
	MAY	1000.98	1.06	12.76	306.03	32.89
	JUN	1342.67	ND	18.06	215.02	47.026
	JUL	835.65	ND	8.11	169.11	32.72
CONTROL	FEB	266.6	1.104	9.66	435.34	12.45
	MAR	222.2	0.791	6.47	396.55	27.67
	ABR	266.45	1.064	7.92	64.65	23.68
	MAY	744.35	1.066	11.7	73.27	45.45
	JUN	186.17	ND	3.68	73.97	22.51
	JUL	132.2	ND	1.71	78.46	8.64

*ND= No Detectado

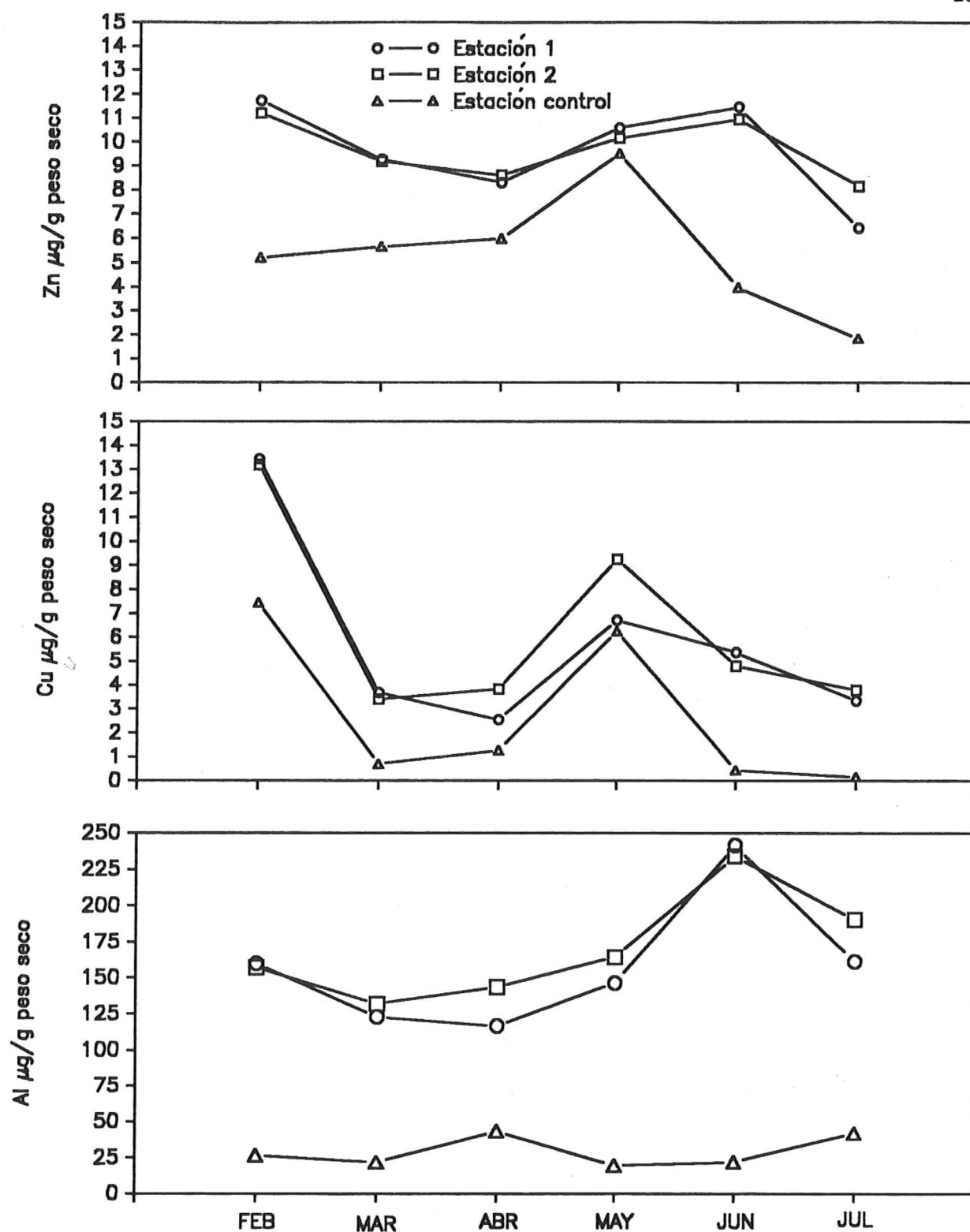


FIG. 4. Enriquecimiento de Al, Cu y Zn en la fracción biodisponible de los sedimentos del biodepósito del ostión cultivado en bahía San Quintín, Baja California.

Tabla VIII. Coeficiente de correlación simple de Pearson entre metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción biodisponible y total del sedimento superficial colectado en la estación 1.

		Fracción Biodisponible				
		Al	Cd	Cu	Mn	Zn
Fracción Total	Al	0.766		0.672	0.888	0.749
	Cd	-0.625	.909			
	Cu					0.755
	Mn			0.598		0.646
	Zn	0.599				

n= 12

r= 0.514 (P< 0.05)

* Tabla IX. Coeficiente de correlación simple de Pearson entre metales traza ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en la fracción biodisponible del sedimento superficial colectado en la estación 2.

		Fracción biodisponible				
		Al	Cd	Cu	Mn	Zn
Fracción Total	Al	0.585				0.615
	Cd	-0.698	0.692		-0.603	
	Cu		0.518			
	Mn		0.737	0.713		0.533
	Zn			-0.732		

n= 12

r= 0.514 (P< 0.05)

En la figura 5 se muestra la influencia de los biodepósitos en la acumulación de Al y Mn en el ostión *C. gigas* de la bahía de San Quintín

3.5 Variables Químico Biológicas.

En la tabla X y figura 6 se muestran los valores promedios ($n=2$) de las variables químico biológicas medidos en las aguas de la zona de cultivo de *C. gigas* en bahía San Quintín. Los fosfatos alcanzaron sus máximos valores ($0.93 \mu\text{g at/l}$) en abril y los mínimos valores en julio ($0.03 \mu\text{g at/l}$). Para las tres estaciones examinadas la clorofila "a" presentó sus valores máximos en el mes de febrero, con concentraciones de 2.3 mg/m^3 , 2.29 mg/m^3 y 4.46 mg/m^3 respectivamente. Los valores mínimos de clorofila se registraron en el mes de julio (menor de 1 mg/m^3). El seston orgánico se incrementó mayormente en el mes de junio para las tres estaciones, observándose en la estación 2 la máxima concentración (28.6 mg/l). El seston inorgánico alcanzó sus máximas concentraciones en el mes de mayo para las estaciones 1 y 3, con valores de 6.2 mg/l y 3.5 mg/l respectivamente.

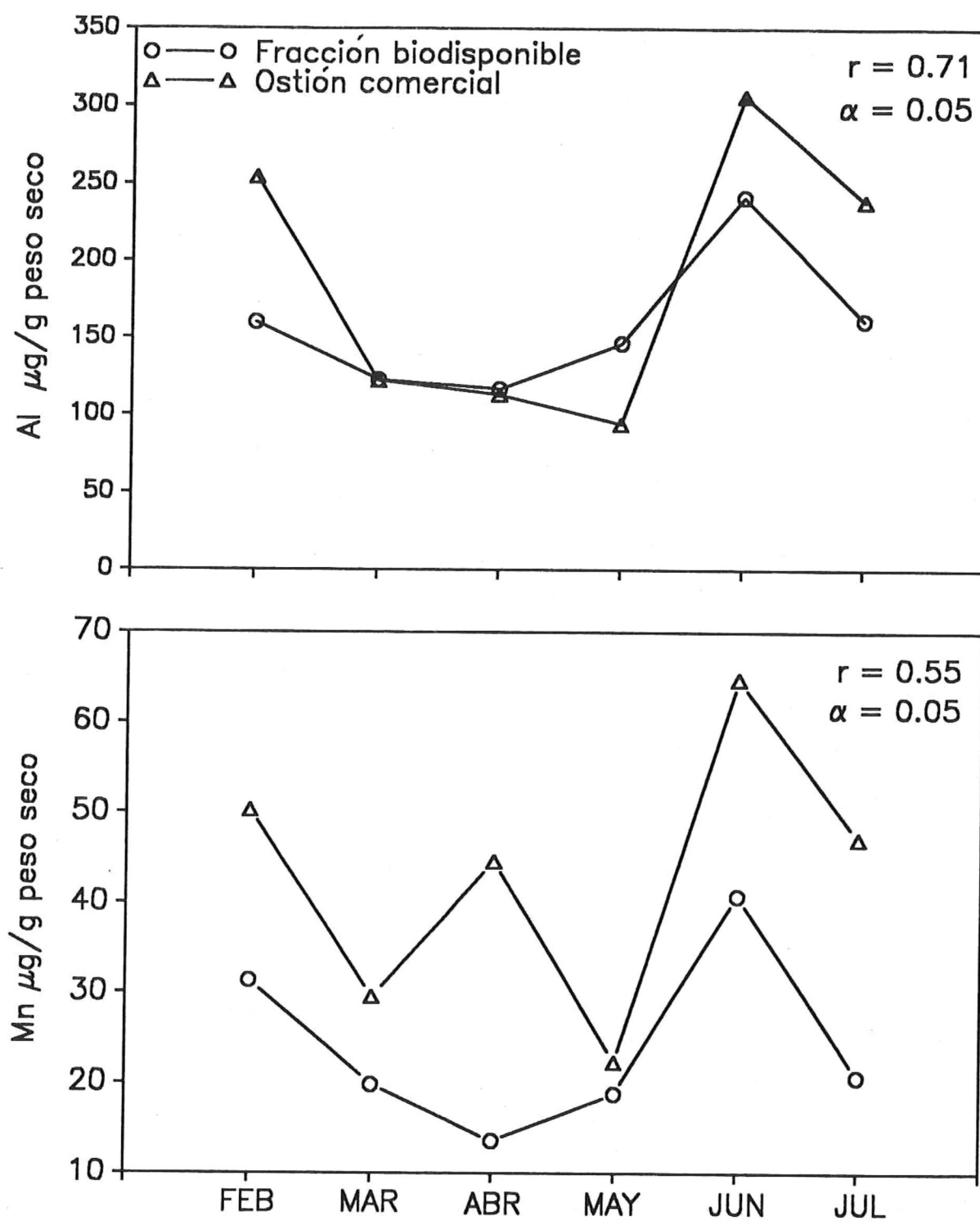


FIG. 5 Influencia de los biodepósitos en la acumulación de Al y Mn en el cultivo de ostión *C. gigas* en bahía San Quintín, Baja California.

Tabla X. Valores promedios (n=2) de la variables químico biológicas medidas en las aguas de cultivo de *Crassostrea gigas* en bahía San Quintín durante 1989.

ESTACION.	MES	PO ₄ μAt/l	CLOROFILA "a". mg/m ³	SESTON INORG. mg/l	SESTON ORGAN. mg/l
1	FEB	0.186	2.308	0.2	17.6
	MAR	0.358	2.317	ND	16.3
	ABR	0.872	1.527	2.5	8.2
	MAY	0.740	1.363	6.2	11.8
	JUN	0.253	1.408	ND	20.0
	JUL	0.032	0.086	3.2	12.0
2	FEB	0.530	2.293	2.0	27.2
	MAR	0.368	1.757	0.2	16.8
	ABR	0.931	0.548	2.6	8.3
	MAY	0.808	0.896	2.1	13.7
	JUN	0.301	1.840	5.2	28.6
	JUL	0.037	0.020	1.1	11.6
CONTROL	FEB	0.122	4.469	ND	17.6
	MAR	0.118	1.987	1.3	15.8
	ABR	0.957	1.507	2.5	5.2
	MAY	0.776	1.624	3.5	8.9
	JUN	0.386	2.302	ND	25.6
	JUL	0.039	0.072	ND	9.4

ND= No Detectado

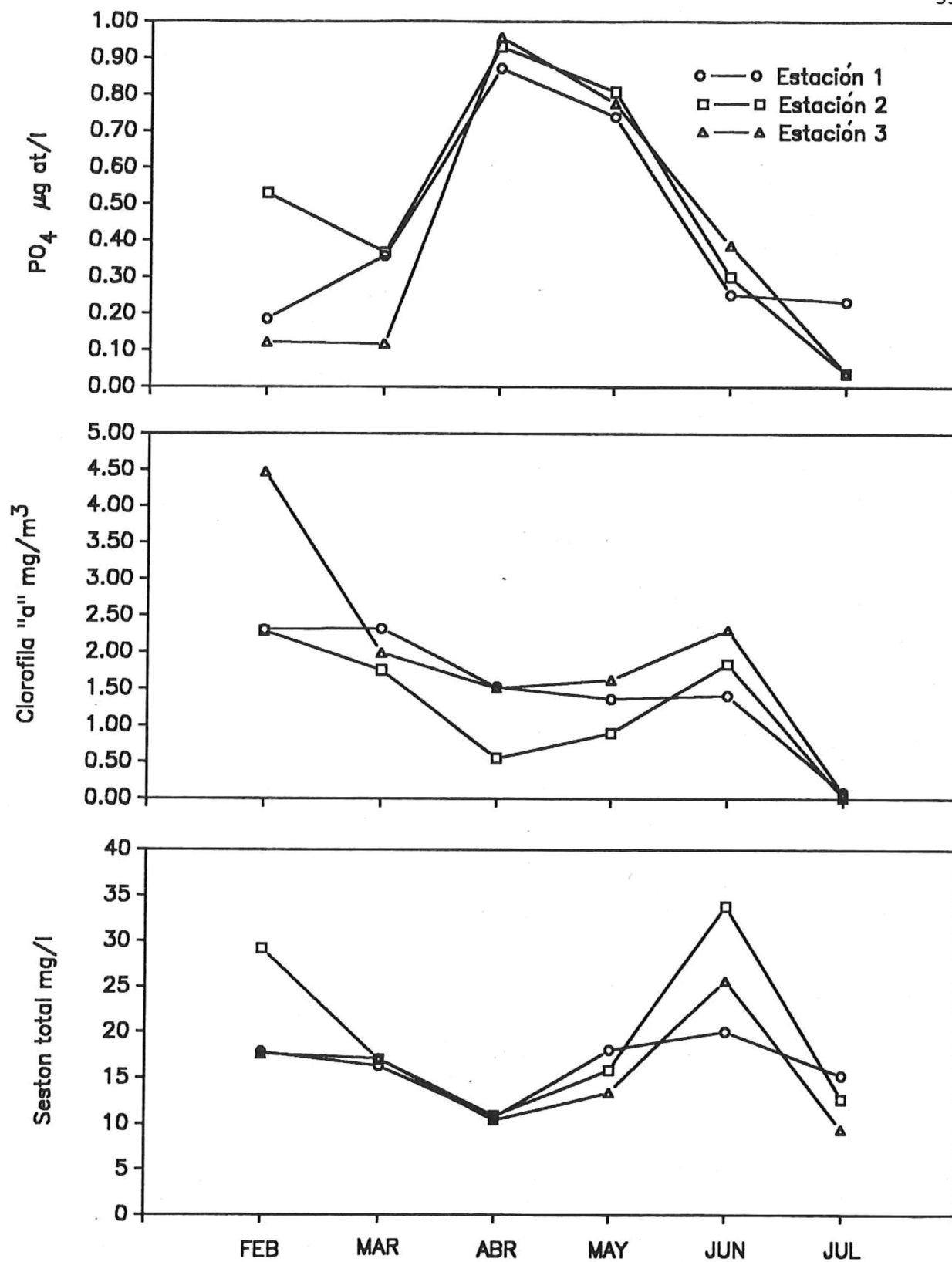


FIG. 6. Variables químico biológicas medidas en la zona ostrícola de bahía San Quintín, Baja California

4. DISCUSION:

En general, los resultados de esta investigación muestran mayores concentraciones de Al, Cd, Cu, Mn y Zn en los ostiones *C. gigas* del período de crecimiento, que los ostiones de talla comercial (tabla II, figura 2). Este hallazgo puede explicarse a diferencias en la tasa de acumulación y/o excreción de los elementos por los organismos ó bien debido a diferencias en el peso en las distintas tallas de los ostiones analizados. Tanto en el ostión comercial como en crecimiento se observa una cinética relativa de acumulación de Al>Zn>Mn>Cu>Cd. Esta secuencia de acumulación fué similar a la observada por Gutiérrez-Galindo et al., (1990) en la almeja *Chione californiensis* (Al>Zn>Cu>Mn>Cd>Cr>Ag) del golfo de Santa Clara Sonora, y parecida a la secuencia de acumulación medida en la almeja *Corbicula fluminea* (Al>Zn>Mn>Cu>Cr>Ag) colectada en el valle agrícola de Mexicali B.C. Este comportamiento sugiere que puede existir un patrón regionalizado de los metales traza en la parte norte de la península de Baja California.

En los ostiones en crecimiento el nivel máximo de cadmio (10.3 µg/g peso seco) se presentó en abril, mientras que para el ostión comercial el nivel máximo (7.8 µg/g peso seco) se observó durante junio. Estos niveles máximos de cadmio medidos en *C. gigas* coinciden con la mayor intensidad de los fenómenos de surgencias que se

producen durante primavera-verano en las aguas costeras adyacentes a la zona de estudio (Alvarez-Borrego y Chee-Barragan, 1976). Ciertos antecedentes han establecido que las aguas de surgencias en la región de San Quintín pueden ser una fuente de transporte de cadmio a las aguas superficiales (Lares-Reyes, 1988).

En lo referente a la variación temporal de las concentraciones de los distintos elementos medidos en el ostión comercial, el estudio muestra niveles máximos de Al (306.22 $\mu\text{g/g}$), Cd (7.78 $\mu\text{g/g}$) y Mn (64.72 $\mu\text{g/g}$) durante junio (figura 2). Durante este mismo mes estos niveles máximos de metales coincidieron con valores bajos de peso (figura 3), con valores relativamente altos de seston orgánico y clorofila "a" y con valores bajos de fosfatos (indicador de surgencias en la zona de estudio) tal como se aprecia en la figura 6. Durante este período es posible que factores fisiológicos y ambientales se encuentren interactuando sobre los niveles de los metales en los organismos. En cuanto a los niveles mínimos de Al (93.79 $\mu\text{g/g}$), Mn (22.24 $\mu\text{g/g}$), Cu (14.86 $\mu\text{g/g}$) y Cd (4.38 $\mu\text{g/g}$), en *C. gigas* comercial se presentaron en mayo. Mes que coincidió con valores altos de peso (figura 3), con niveles bajos de clorofila "a" (1.36 mg/g^3) y seston orgánico (11.8 mg/l) (figura 6). Atribuyendose estos mínimos de metales a un proceso de dilución de los elementos

en el tejido de los organismos y/o a la disminución de la bio-disponibilidad de los distintos metales en forma particulada orgánica. Boyden (1974, 1977), en sus estudios con el ostión *Ostrea edulis* y *C. gigas* encuentra una relación inversa entre la concentración de Cd, Cu, Zn y el tamaño de los ostiones. Martincic et al., (1986) y Talbot (1986) señalan que el Cu en los ostiones *Ostrea edulis* y *Saccrostrea cucullata*, decrece en concentración durante el período de desove debido a la disminución del peso del organismo.

En cuanto al patrón temporal de las concentraciones de los elementos en los ostiones en período de crecimiento se detectaron niveles máximos de Cd (10.3 $\mu\text{g/g}$), Cu (40.5 $\mu\text{g/g}$), Mn (101.7 $\mu\text{g/g}$) y Zn (232.98 $\mu\text{g/g}$) durante abril (figura 2). Estos niveles máximos de los elementos coincidieron con valores bajos de clorofila "a" (0.548 mg/m^3) y seston orgánico (8.3 mg/l) y con niveles altos de fosfatos (0.931 $\mu\text{g at/l}$) medidos en el mismo mes (figura 6). Estas características químico biológicas del agua, sugieren que los metales en forma disuelta dominan sobre la forma particulada facilitando la acumulación de estos elementos por los ostiones. Las concentraciones mínimas de Cd, Cu y Mn en *C. gigas* en crecimiento se presentaron durante mayo (Figura 2) y se observa en este mes un ligero aumento del peso en el organismo con respecto al medido en el mes de abril (Figura 3). Posiblemente los procesos que afectan

los niveles mínimos de los metales, en los ostiones en crecimiento sean los mismos que se explican con anterioridad para los niveles mínimos medidos en los ostiones comerciales.

El Cu fué el único elemento que presentó un patrón de acumulación temporal similar para ambas tallas de ostión (comercial y en crecimiento). Las máximas concentraciones ($26.8 \mu\text{g/g}$ y $40.47 \mu\text{g/g}$) se detectaron en abril y las mínimas concentraciones se midieron en mayo ($14.86 \mu\text{g/g}$ y $19.03 \mu\text{g/g}$) respectivamente (Figura 2). Este patrón de acumulación de Cu se atribuye posiblemente a una función fisiológica reguladora similar de los ostiones en cuanto a la biodisponibilidad del elemento ya que estos moluscos pueden responder de manera parecida a la variación temporal de las distintas especies químicas de Cu presentes en la aguas de bahía San Quintín. Según Luoma (1983), el Cu puede ser incorporado en los organismos por la ingestión de material particulado suspendido ó en forma disuelta en el agua. Martincic (1987), observó altos niveles de Cu asociados a incrementos de material orgánico particulado. Sin embargo, en nuestro estudio no coinciden los altos niveles de Cu con valores altos de material orgánico particulado.

Los resultados de esta investigación señalan que la variación temporal de la acumulación de Al, Cd, Cu, Mn y Zn, en los ostiones *C. gigas* de bahía San Quintín se encuentra estrechamente relacionada

con variaciones de factores fisiológicos (peso, productividad, clorofila "a", seston) y de la calidad fisicoquímica de las aguas costeras adyacentes a la bahía San Quintín, que dependen de la presencia e intensidad de los fenómenos de surgencia y de procesos de resuspensión del biodepósito por acción de corrientes de marea y las inducidas por el viento. Boyden y Phillips (1981) señalan que las concentraciones de Zn, Cu y Cd en el ostión *Crassostrea Virginica* son afectadas por variaciones temporales del peso del organismo. También señalan a la talla, sexo, forma química del metal y el lugar de colecta como factores que pueden influir en la variabilidad de los elementos traza en *C. virginica*.

En cuanto a los biodepósitos, este estudio demuestra que la formación de los mismos en la zona ostrícola de bahía San Quintín contribuyen al enriquecimiento de Cd, Cu y Zn hasta 2 veces con respecto a la estación control y de Al y Mn hasta 6 veces (figura 4). En las tres estaciones muestreadas los niveles de los metales estudiados en el sedimento presentaron una secuencia de concentraciones de Al>Mn>Zn>Cu>Cd. Martin y Meybeck (1979), mencionan que las concentraciones promedio de metales traza en el material particulado transportado por los principales ríos del mundo presentan una secuencia de acumulación de Al>Mn>Zn>Cu>Cd>Cr>Ag, secuencia similar a la observada en este estudio. Nishikawa (1977),

sugiere que los biodepósitos son parte de la cadena trófica detrital y pueden jugar un papel importante en la distribución de los metales traza en las lagunas costeras. Este autor señala niveles de Cu (27.1 $\mu\text{g/g}$ peso seco), Zn (94 $\mu\text{g/g}$) y Mn (208 $\mu\text{g/g}$) en los biodepósitos de *C. gigas* en la Bahía de Yaquina, Oregon, E.U.A.. Estos valores son 2, 8.5 y 5 veces mayores a los niveles de Cu, Zn y Mn medidos en *C. gigas* de Bahía San Quintín.

La formación de biodepósitos bajo las balsas de cultivo, es un proceso que impacta sobre las propiedades fisicoquímicas de los sedimentos. Rosental (1986) menciona que la biodisponibilidad de los metales traza en el sedimento depende de la especie química del metal y que estos elementos pueden estar en el detritus, partículas de las rocas y en el material particulado. DeGroot (1973) señala la existencia de una relación inversa entre el tamaño de partícula y la concentración del metal en el sedimento. Nuestros resultados señalan niveles mayores de metales traza tanto en la fracción biodisponible como total en las estaciones 1 y 2 (tablas VI y VII). El Al y Mn de la fracción biodisponible de los sedimentos del biodeposito presentaron una estrecha relación ($r= 0.71$ y 0.55) con el Al y Mn medidos en el ostión de talla comercial de la bahía San Quintín (Figura 5).

Implicaciones a la Salud Pública.

El interés de investigar las concentraciones del Al, Cd, Cu, Mn y Zn en el ostión *C. gigas* de la talla comercial y del ostión en período de crecimiento adquirió una importancia a partir de conocer la viabilidad de estos organismos para su comercialización y consumo en el mercado nacional e internacional.

Los resultados obtenidos en esta investigación señalan que la concentraciones de Al, Cu, Mn y Zn medidas en el ostión *C. gigas* de talla comercial y en crecimiento se encuentran dentro de los límites tolerables establecidos por las autoridades sanitarias internacionales (FAO-NAUEN, 1983). Sin embargo, para ambas tallas de ostión se midieron niveles de Cd ligeramente mayores (0.7 y 1.4 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo) al valor máximo recomendado (1.0 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo) por estas autoridades sanitarias internacionales en moluscos bivalvos destinados para el consumo humano.

Ya que a nuestro conocimiento no existen antecedentes de estudios sistemáticos sobre las concentraciones de los metales traza en los biodepósitos del sedimento y en el ostión *C. gigas* cultivado en bahía San Quintín, no podemos establecer en este estudio la magnitud de la evolución de la contaminación por estos elementos en las aguas marinas destinadas al ostricultivo en la bahía San Quintín, Baja California, México.

5. CONCLUSIONES.

1.- Esta investigación presentó mayores concentraciones de Al, Cd, Cu, Mn y Zn en *C. gigas* en período de crecimiento que los de talla comercial.

2.- Se Observó una cinética relativa de acumulación de Al>Zn>Mn>Cu>Cd para ambos ostiones examinados.

3.- En los biodepósitos del sedimento analizado en la zona de cultivo se observó una secuencia de concentración de Al>Mn>Zn>Cu>Cd.

4.- El estudio señala que la variación temporal de la acumulación de los metales en el ostión cultivado en bahía San Quintín, se encuentra estrechamente relacionada con variaciones de factores fisiológicos (peso), de productividad y de la calidad fisicoquímica de las aguas costeras adyacentes a la bahía, que presentan fenómenos intensos de surgencias.

5.- Todos los metales estudiados en los sedimentos de la zona de cultivo de bahía San Quintín, presentaron un enriquecimiento en la fracción biodisponible de los biodepósitos en relacion a los niveles de los elementos medidos en el sedimento de la estación control.

6.- El Al y Mn de la fracción biodisponible de los sedimentos de los biodepósitos presentaron una estrecha relación con el Al y Mn medidos en el ostión de talla comercial.

7.- De todos los metales analizados en *C. gigas* comercial y en crecimiento, únicamente el Cd presentó niveles ligeramente superiores (0.7 - 1.4 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo) al nivel permitido (1.0 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo) por las instituciones internacionales en moluscos bivalvos.

6. BIBLIOGRAFIA.

- Alvarez-Borrego S. y A. Chee-Barragan, 1976. Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas, Vol. (3)1.
- Banase, K., C.P. Falls and L.A. Hosbon, 1963. A gravimetric method for determining suspended matter in sea water using Millipore filters. Deep-Sea Research, Vol. 10 pp 939-942.
- Boyden, C.R., 1974. Trace elements content and body size in mollusc. Nature London. Vol. 251, 311-314.
- Boyden, C.R. 1977. Effect of size upon metal content of shelfish. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 57:675-714.
- Boyden C.R. y D.J.H. Phillips, 1981. Seasonal variation and inherent variability of trace element in oyster and their implications for indicator studies. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 5:29-40.
- Breder, R., 1982. Optimization studies for reliable trace metal analysis in sediment by atomic absorption spectrometric methods. Fresenius Z Anal Chem. 313:395-402.
- Bryan, B.W., 1971. The effects of heavy metal (other Than Mercury) on marine and estuarine organism. Proceedings. Real. Soc. of london B 177, 389-410.
- Calebrese, A., R.S. Collier, D.A. Nelson y J.R. MacInnes, 1973. The toxicity of heavy metals to embryos of the american oyster *Crassostrea Virginica*. Mar. Biol. 18, 162-166

- Chavez de Nishikawa, A.G. y S. Alvarez-Borrego, 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. Ciencias Marinas. 1(2): 31-32.
- Chester, R. and F.G. Voutsinou, 1981. The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediments. Mar. Pollut. Bull. Vol. 12 No. 3, pp. 84-91
- De Groot, A.J., 1973. Occurrence and behavior of heavy metal in river deltas, with special reference to the Rhine and Ems river in north sea. Science, PP. 308-325.
- Dunstan, I.C., A. DeForest, y R. W. Pettits. 1980. *Mytilus edulis* as an indicator of trace metal pollution in naval dockyard waters with preliminary results from Williamston naval dockyard, Victoria, Australia. Rep. Mater. Res. Lab. (Aust.) 20 pp.
- Farrington, J.W., 1983. Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution: The mussel (and Oyster) watch. Oceanus 26 (2): 18-26.
- Forstner, U. and W. Salomon, 1980. Trace metal analysis on polluted sediment. Part I: Assessment of sources and intensities. Environmental Technology Letters, Vol. 1, pp 494
- Forstner, U. y W. Salomon, 1984. Metal in the hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Goldberg, E.D. 1975. The mussel watch: a first step in global marine monitoring. Mar. Pollut. Bull. 6 :111-118.
- Goldberg, E.D., V.T. Bowen, J.W. Farrington, G. Harvey, J.H. Martin, P.L. Parker, R.W. Risebrough, W. Robertson , E. Schneider y E. Gamble. 1978. The mussel watch. Environm. conserv. 5 : 101-125.
- Goldberg, E.D., 1983. U.S. mussel watch: 1977-1978, Result on trace metal and radionuclides. Estuar. Coast. and Shelf Science. Vol. 16:69-93.

- Gordon, M., G.A. Knauer and S.H. Martin, 1980. *Mytilus californianus* as bioindicator of trace metal pollution: Variability as statical considerations. Mar. Poll. Bull., Vol. 11, No. 7
- Gorsline, D.F. and R.A. Stewart, 1962. Benthic marine explotation of bahía San Quintín, Baja California, 1960-1961. Marine and Quaternary Geology. Pacific Naturalist, 2:283-314
- Grooves, R.D., 1977. Enviromental studies South Texas outer continental shelf biology and chemistry. Final Report To BLM.
- Gutiérrez-Galindo, E.A., Flores Muñoz G. and López Mendoza J.A. 1984. DDT in the cultured oyster *Crassostrea virginica* (Thunberg) in San Quintin Bay, Baja California. Ciencias Marinas 10 (3):17-30
- Gutiérrez-Galindo, E.A., Flores Muñoz G., Olguin Espinoza G. y Villaescusa Celaya J.A. 1990. biodisponibilidad de metales traza en almejas y mejillón del valle de Agrícola de Mexicali y Alto Golfo de California. En prensa. Ciencias Marinas
- Lantzy, R.J. y F.T. Mackenzie, 1979. Atmospheric trace metal: Global cycles and assessment of man's impact. Geochim. cosmochim. Acta, Vol. 43:511-525.
- Lares-Reyes, L., 1988. Variación temporal de cadmio y mercurio biodisponible en una zona de surgencias costeras. Tesis de maestría. CICESE.
- Luoma, S.N. 1983. Bioavility of trace metals to aquatic organism. The Science of the total environmental. 28:1-22
- Martin, J.H. and M. Meybeck, 1979. Elemental mass-balance of material carried by major world river. Mar. Chem. Vol. 7: 173-206.

- Martin, M., M.D. Stephenson, R.D. Smith, E.A. Gutiérrez-Galindo and G. Flores-Muñoz, 1988. Use of silver in mussel as a tracer of domestic wastewater discharge. Mar. Poll. Bull. Vol. 19:(10) 512-520.
- Martincic D., H.W. Nurnberg and M. Branica, 1986. Bioaccumulation of heavy metal by bivalves from Limski Kanal (North Adriatic Sea). II. Copper distribution between oyster, *Ostrea edulis* and ambient water. Marine Chemistry, 18: 299-319
- Martincic, D., Z. Stoeppler and M. Branica, 1987. Trace metal in selected organism from Adriatic Sea. Mar. Chem. Vol. 22: 207-220.
- Nauen, C.C. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, food and agriculture organization of united nations.
- Ndiorkwere, C.L. 1984. An investigation of the heavy metal content of sediments and algae from the river Niger and Nigerian Atlantic Coastal Waters. Environ. Pollut. Series B. No. 7 pp 247-254
- Nie, N.H., D.H. Bent, y C.H. Hull, 1970. Statical package for the social sciences. McGaw-Hill, San Francisco. 343 pp.
- Nishikawa, K.A., 1977. Trace element in oyster biodeposit. Thesis, Oregon State University.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 1987. Trace elements in human healt and disease: Symposium report. P. Gradjean (ed) Environm. Healt No.26 134 pp.
- Oullete, T.R., 1981. Seasonal variation of trace metal in the mussel *Mytilus californianus*. Environ. Conserv. Vol. 18(1): 53-58.

- Phillips, D.J.H., 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as a indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. effects of enviromental variables on uptake of metals. Mar. Biol. Vol. 38:59-69.
- Rosental, R., G.A. Eagle y M.J. Orren, 1986. Trace metal distribution in different chemical fractions of nearshore marine sediments. Estuar. Coast. Shelf Sci. 22 (3).
- Ruiz-Dura M.F., 1985. Recursos pesqueros de las costas de México. 2da. edición. Ed. Limusa, México.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf, 1979. Biometría, H. Blume ed. España. 832 pp.
- Stephenson, D.M., M. Martin, S.E. Lange, A.R. Flegal y H.J. Martin, 1979. Trace metal concentrations in the californian mussel *Mytilus californianus*. Water quality monitoring report. Vol. II, No. 7.
- Strikland, J.D. y T.R. Parsons, 1972. A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. CAN. 167:21-26.
- Talbot V. 1986. Seasonal variation of copper and zinc concentration in the oyster *Saccostrea cucullata* from the Dampier Archipelago, Western Australia: Implications for pollution monitoring. The Science of the total Environment, 57:217-230.
- Yañez-Arancibia A., 1982. Usos, recursos y colecta de la zona costera. Ciencia y desarrollo, No. 43:58-64. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.