

1
2 ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ZARAGOZA

"CUANTIFICACION DE LA CONCENTRACION DE PLOMO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN LA ALMEJA Chione Californiensis, DE LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S. DURANTE EL PERIODO DE MARZO A SEPTIEMBRE DE 1989."

REP. ZARAGOZA - U.N.A.M.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DIVISION DE CIENCIAS QUIMICAS Y APLICADAS SOCIEDAD DE BIOLÓGOS CAMPO 6

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

JOSE COSME AGUILAR BAZAN

Asesor: Dra. Aura Judith Pérez Zapata



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

I.	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCION	
A.	GENERALIDADES	2
B.	ANTECEDENTES.....	15
C.	LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	32
III.	OBJETIVOS	38
IV.	METODOLOGIA	
A.	DE LABORATORIO	39
B.	DE GABINETE	43
V.	RESULTADOS	45
VI.	ANALISIS Y DISCUSION	52
VII.	CONCLUSIONES	64
VIII.	SUGERENCIAS	67
XI.	BIBLIOGRAFIA	69

I RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo con muestras de almeja Chione californiensis las cuales fueron colectadas durante el periodo comprendido de marzo a septiembre de 1989, con un total de 9 colectas, con doble colecta en abril y julio, en la Bahía de la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México.

Se cuantificarón las concentraciones de plomo presentes en el organismo mencionado tanto en la parte blanda total como en alguno órganos por separado (branquias, manto, músculo aductor, pie, aparato digestivo y el remanente de la disección), para establecer la variación de las concentraciones en el tiempo y la posible influencia de algunos factores ambientales y climáticos en las mismas.

Las concentraciones de plomo encontradas fluctuaron entre 0.22 y 2.39 ug de Pb/g en peso seco. Muchos de los valores obtenidos se encuentran por arriba de los niveles permitidos por la OMS (1 ug/mg) y adoptados en México para especies comerciales de este tipo.

Se observó un incremento en las concentraciones de plomo durante el verano. No se presentó una diferencia significativa estadísticamente a 0.99 % de nivel de confianza entre cada uno de los órganos, sin embargo, se observaron mayores concentraciones de plomo en el manto, músculo aductor y en el aparato digestivo.

En cuanto el incremento de la concentración de plomo durante el verano, esta coincidió con los valores máximos de la temperatura (29 °C) y precipitación pluvial (200 mm) registrado en el cuerpo acuático durante 1989, por lo que se cree que estos están en función de la climatología y los fenómenos meteorológicos del lugar. El sistema de vientos con dirección Norte, de mayo a octubre registrado en la Bahía, es propicio para el transporte de residuos al provocarse corrientes en la misma. En el caso de la parte blanda completa, presentó una tendencia similar a las partes disecadas, siendo justificado por los factores climáticos antes mencionados.

II INTRODUCCION

Generalidades

El Hombre, elemento integrante de la biósfera, también se adapta a su ambiente mediante cambios tecnológicos y culturales. La influencia del hombre en la naturaleza ha sido muy amplia, compleja y con frecuencia ha conducido a cambios irreversibles. Estos cambios han ocasionado muy a menudo una degradación del ambiente, aunque la influencia del hombre sobre la biósfera data del periodo neolítico, el problema del deterioro de los ecosistemas por la contaminación ha aumentado a un ritmo alarmante durante las dos últimas décadas, (1).

Las desviaciones que sufren los sistemas ecológicos en diversos sentidos, son producto del inadecuado aprovechamiento integral de los factores físicos, químicos y biológicos que constituyen el medio, lo que provoca procesos degenerativos en el agua de arroyos, ríos, manantiales, lagos, estuarios y del propio mar, de igual manera el resultado de la contaminación tiene como consecuencia la reducción en el número o en la diversidad de la composición de la comunidad que se desarrolla en el Área afectada, al mismo tiempo que se inhabilita el aprovechamiento del medio como es el caso del ambiente acuático, (2).

El problema de la contaminación del agua se ha hecho más evidente por el establecimiento de núcleos industriales y urbanos en sus alrededores, que vierten sus desechos sin previo tratamiento,(3). A pesar del transporte de los contaminantes por las corrientes, sólo una pequeña fracción abandona las aguas profundas, quedando muchos de ellos almacenados en los sedimentos,(4) adsorbidos en partículas suspendidas, alterando el equilibrio del sistema y creando perturbaciones en sus componentes bióticos y abióticos,(5).

La contaminación atmosférica proviene de diversas fuentes, siendo las más importantes por su magnitud las siguientes: vehículos automotores, plantas de energía, actividades industriales, sistemas de calefacción, uso de aparatos domésticos y la disposición de desechos sólidos. Aún cuando existen otras fuentes de menor magnitud como lo son el uso de atomizadores, el humo de cigarrillos, la fuga de hidrocarburos, las gasolineras y otros,(FIG.1)

Los contaminantes pueden ser clasificados como primarios y secundarios. Los primarios son aquellos que permanecen en la atmósfera en la misma forma que cuando fueron emitidos por las fuentes de origen y los secundarios son aquellos que sufren cambios químicos en la atmósfera después de haber sido emitidos a ésta, o bien creados por reacciones que involucran contaminantes primarios,(6).

Los contaminantes primarios son: monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y

FIGURA 1 IMPORTANCIA DEL PLOMO ATMOSFERICO EN LA CONTAMINACION GLOBAL.

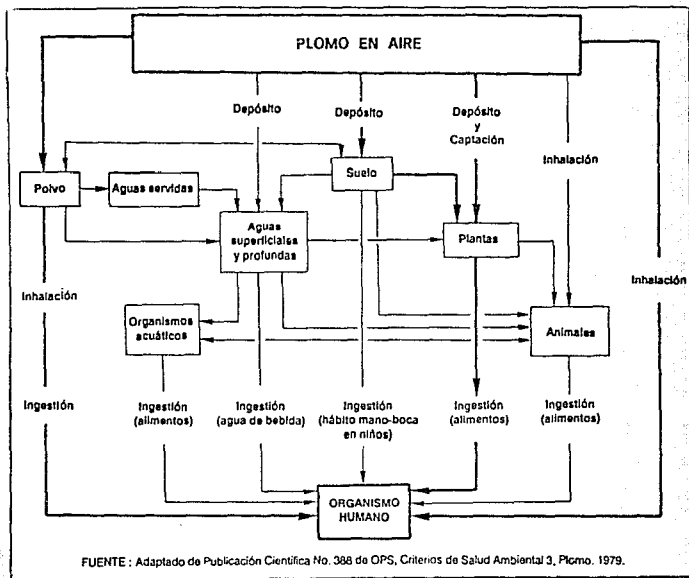
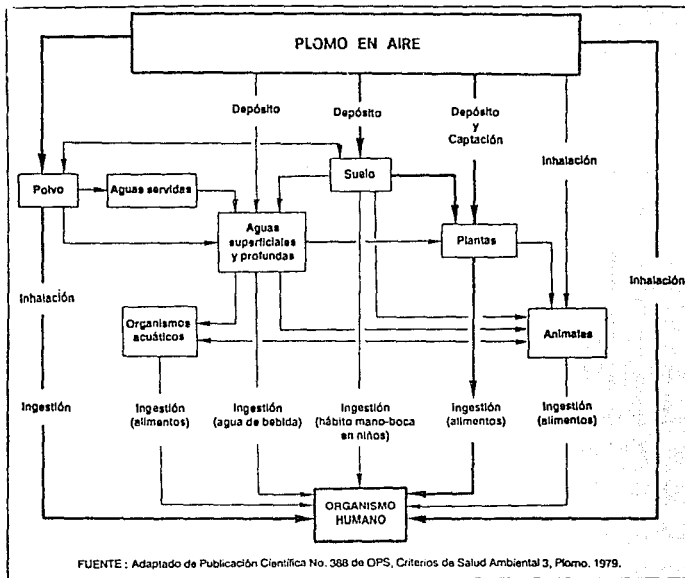


FIGURA 1 IMPORTANCIA DEL PLOMO ATMOSFERICO EN LA CONTAMINACION GLOBAL.



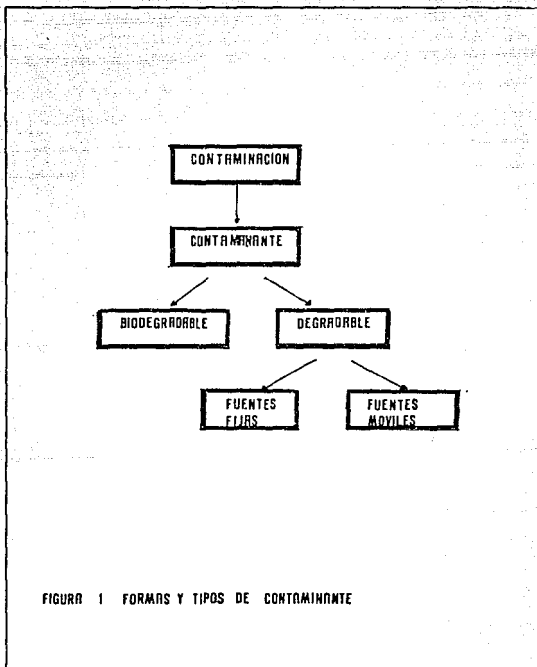


FIGURA 1 FORMAS Y TIPOS DE CONTAMINANTE

FUENTE: Martínez Cantú. Contaminación Ambiental 1992.

partículas suspendidas, se han identificado más de 110 contaminantes en la atmósfera entre los cuales existen más de 20 elementos metálicos en la fracción inorgánica y un gran número de hidrocarburos, ácidos y bases así como algunos compuestos y derivados de elementos en la fracción orgánica.

Los contaminantes secundarios se forman en reacciones que pueden ser: fotoquímicas entre radicales libres, de oxidación y reducción, de polimerización, de condensación catalítica y otras. Se ha reportado que la contaminación proviene de fuentes fijas (industrias) y fuentes móviles (vehículos automotores) siendo estos últimos los que producen 60% o más de la contaminación total en las ciudades, causando principalmente emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos, así como un gran porcentaje de óxidos de nitrógeno, mientras que las plantas de energía son causantes de aproximadamente 14% de la contaminación total, con emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas. Finalmente la disposición de los desechos sólidos contribuyen con porcentajes menores, (6).

Entre las principales fuentes de contaminantes que afectan a los sistemas acuáticos se encuentran: las aguas residuales, domésticas e industriales que contienen detergentes y otras sustancias químicas, materiales radioactivos, metales pesados y desechos sólidos, (5). Estos contaminantes y específicamente los metales pesados, pueden ocasionar alteraciones no sólo en la calidad del agua, sino también en los organismos al producir efectos que pueden

traducirse en alteraciones fisiológicas, morfológicas y en acumulación de residuos tóxicos en diferentes niveles tróficos; algunos de los organismos son de importancia alimenticia como peces, crustáceos moluscos y una gran variedad de otros organismos marinos, (7).

Desde el punto de vista económico tales alteraciones, hacen perder a las especies acuáticas su valor comercial al verse disminuida su calidad en sabor y tamaño, en organismos como los peces, el color puede ser un factor importante al respecto, cuando en sus tejidos se adhieren sustancias tóxicas como los detergentes, hidrocarburos, plagicidas y metales pesados que les proporcionan a los organismos colores diferentes a los naturales, (8).

De esta manera los contaminantes representan una amenaza potencial para los recursos marinos que debe ser evaluada con base en los peligros y daños que pueden ocasionar en los organismos marinos.

Los metales pesados son todos aquellos cuya densidad es superior a 4.5 g/ml ó su peso específico es superior a 6 g/ml. Las fuentes de los metales pesados son numerosas y entre ellas podemos citar a las siguientes: industrias de fosfato, limpieza de metales, bauxita, producción de cloro, industrias de recubrimiento galvánico, fabricación de acumuladores y de pinturas, (9).

En la actualidad la concentración de los metales pesados es significativamente más alta en los ecosistemas marinos que

en la hidrósfera. Muchos son los trabajos que se han hecho al respecto y los resultados fueron compilados por Vinogradov, (42), estos trabajos muestran muchas especies marinas que han sido estudiadas por sus contenidos de metales pesados, sin embargo estos estudios son parciales en cuanto al análisis de las concentraciones en especies marinas significativas.

Los metales pesados en su forma reducida son muy estables por lo que constituyen un serio problema de contaminación, ya que no pueden ser eliminados por oxidación, precipitación o cualquier otro proceso de la naturaleza y la persistencia de ellos dentro del medio ambiente puede continuar por años, (9). Los efectos nocivos más importantes causados por la acumulación de metales en los organismos son los relacionados con la actividad enzimática y la desnaturalización de las proteínas esenciales. Por lo anteriormente dicho la cuantificación de los metales pesados en los organismos cobra mayor importancia cada día sobre todo para estudios relacionados con la biología y ecología de una especie, además de conocer la interacción de los metales pesados con los metales traza esenciales.

Metabolismo y acumulación de metales pesados por los organismos marinos.

Algunos metales son oligo-elementos indispensables para organismos y plantas. Sus funciones son diversas: estructurales, catalíticas o electroquímicas, se admite que

casi todos los elementos menores esenciales poseen una o varias funciones a nivel celular, particularmente enzimática, (10). Numerosas enzimas contienen en efecto, metales pesados y pueden ser clasificadas en dos grupos: primero, las enzimas que poseen un metal débilmente ligado, el cual en ocasiones puede ser reemplazado por otro, segundo, las metal-enzimas, donde el metal activo esta fuertemente ligado (ejemplo, las metal-proteínas). Tal parece que muchos metales estan ligados orgánicamente al interior de la célula como un complejo ion-metal, es el caso del cobalto, el manganeso y el fierro en las plantas, (10). En cuanto se refiera al mercurio, al cadmio y plomo no existen evidencias de que sean benéficos o biológicamente necesarios para los seres vivos.

El fenómeno de "concentración biológica de un metal pesado" es el resultado de un proceso indirecto (principalmente absorción de metales por los organismos a través de la alimentación) o bien de un proceso fisicoquímico (adsorción directa de los metales a la superficie corporal del organismo). Sin embargo, es muy difícil definir como se efectúa la intoxicación en los organismos, ya que estos dos procesos no son necesariamente alternados o excluyentes.

La acumulacion de los iones metálicos en los organismos marinos depende de diversos factores: Los Biológicos (anatomía, metabolismo, sexo, edad.), Físicos (Temperatura) y los Físicoquímicos (naturaleza del estado fisicoquímico del metal, la concentración del ion en el medio, la salinidad, el pH y la demanda de oxígeno).

Varios estudios en eslabones de cadenas alimentarias marinas han demostrado que las concentraciones de metales pesados más elevadas son casi siempre encontradas en los organismos que ocupan los niveles tróficos primarios, (11).

En función de la salinidad diversos metales son más accesibles a la biomasa pelágica en las zonas de agua con baja salinidad. Las variaciones bruscas de salinidad afectan la tasa de filtración de algunos organismos (especialmente en los moluscos), igualmente, estas variaciones de salinidad dan lugar a ciertos cambios fisiológicos, por ejemplo, el cierre de valvas en los moluscos durante un tiempo prolongado, (12).

En función de la temperatura el cambio brusco de la misma puede interferir en el metabolismo de los organismos. Generalmente el aumento de la temperatura acelera el ritmo metabólico de estos.

La sensibilidad de los organismos marinos a los metales pesados varía de una especie a otra. La previsión de los efectos de dichos contaminantes se calcula a partir de la concentración del elemento químico que ocasiona la muerte del 50% de los organismos en un período de tiempo de 48 h. o bien de 96 h. Esta concentración se conoce como la LC 50 (lethal concentration 50) concentración letal para el 50% de la población. Ciertos autores prefieren utilizar el TLM (temps lethal moyen) tiempo letal promedio para una concentración del elemento que ocasiona la muerte total de la población, (12).

Sin embargo la información obtenida hasta hoy, en cuanto

al análisis de las concentraciones de metales pesados está fundamentada en el conocimiento de los niveles naturales de concentración de los elementos, en varios organismos acuáticos como peces y bivalvos (moluscos), además hay que agregar lo complejo que resulta el ambiente marino debido a los cambios que sufre a consecuencia de alteraciones físicas, químicas y biológicas como resultado de las grandes cantidades de desechos industriales y residuos contaminantes que son vertidos año con año, de manera que son pocos los organismos que se han analizado por su contenido de elementos.

En el presente trabajo el metal pesado que se trabajó fue el Plomo, este representa parte de un estudio más complejo de la concentración de metales pesados en la zona de estudio y de la biología de la almeja Chione californiensis.

El Plomo es un elemento especialmente importante debido a su amplia utilización en una gran variedad de procesos industriales así como el alto grado de toxicidad para los organismos vivos. Su resistencia a la corrosión atmosférica y a la acción de los ácidos, especialmente el sulfúrico hace que el plomo sea muy utilizado en la construcción, en las instalaciones de fábricas de productos químicos en tuberías y envolturas de cables, (14).

El Plomo se encuentra en el grupo IV A de la tabla periódica de los elementos junto con el Carbono, Silicio, Germanio y Estaño. Sus estados de oxidación son +2 y +4. Su número de valencia generalmente es de +2, pero también

reacciona con valencia de +4, sobre todo en compuestos orgánicos. El Plomo es un elemento que se encuentra en el aire (formando otros compuestos), suelo, agua, vegetales y animales. Sus fuentes naturales de origen son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de Plomo y las emanaciones volcánicas. Su proporción en la corteza terrestre es aproximadamente de 15.5 mg/k y la cantidad total se estima en 3.8×10^9 toneladas. Desde el punto de vista comercial los minerales más importantes son la galena, sulfuro de plomo, cerusita, carbonato de plomo y anglesita. La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales de zinc y en cantidades pequeñas con cobre, cadmio, fierro y otros. Las fuentes de origen natural del Plomo (actividad volcánica) emiten anualmente al ambiente 20,000 toneladas de este metal, (FIG. 2).

En la actualidad el Plomo es utilizado principalmente en la producción de acumuladores, baterías, pigmentos, insecticidas, reactivos químicos, soldaduras, aditivos antidetonantes para las gasolinas, alfarería y loza vidriada, así como en diversos objetos hechos a base de hoja laminada recubierta con Plomo, cubiertas para protección de rayos X, tuberías recubiertas y otros, (16).

Dentro de los metales pesados se considera que el Plomo tiene un mayor potencial tóxico, (15), debido a que es inhibidor de la actividad de las enzimas y esto constituye el fundamento de los diversos efectos tóxicos que produce, como

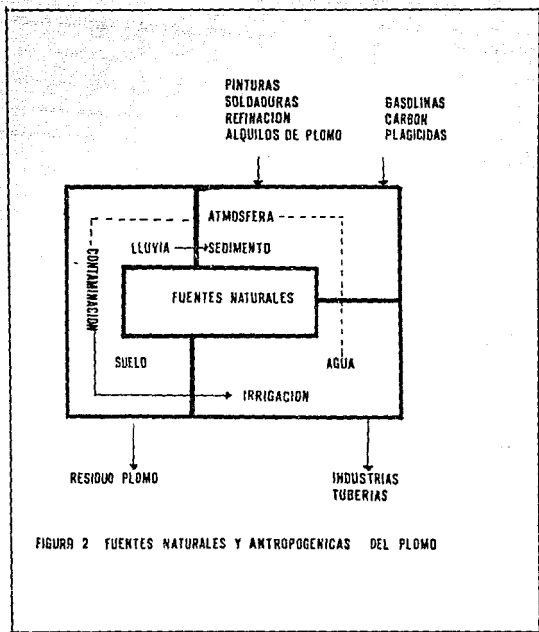


FIGURA 2 FUENTES NATURALES Y ANTROPOGENICAS DEL PLOMO

FUENTE: Criterios de Salud Ambiental 3, Plomo. 1979.

lo es entre otros la alteración de las funciones bioquímicas de la membrana celular. El agua en áreas no contaminadas presenta concentraciones bajas de plomo, 1 ug/l en aguas superficiales de los mares y alrededor de 8 ug/l en ríos, las concentraciones de Plomo en el agua de mar son más bajas que en el agua de ríos y lagos, (15). En aguas oceánicas superficiales se observan concentraciones de 0.05 ug/l a 0.4 ug/l y en aguas subterráneas de hasta 1000 m de profundidad se han reportado concentraciones de 0.03 ug/l, (16).

El Plomo presenta la característica de ser bioacumulable por una gran variedad de organismos como moluscos, crustáceos, peces, aves, mamíferos y plantas. De especial interés es la adsorción de derivados alquílicos de plomo, como el tetrametilo, tetraetilo y tetraetil metilo de plomo. Cuando las partículas de plomo de estos derivados se presentan en las descargas de los desechos urbanos, se mezclan con el agua de mar y se origina un mecanismo en la liberación de metales pesados: el de absorción y oxidación de los sulfuros metálicos y partículas orgánicas formando complejos solubles entre los metales y los ligandos orgánicos e inorgánicos, (35). Estas reacciones solubilizan una porción de los metales contenidos en los desechos y por otro lado al originarse un gradiente de salinidad ocurre un proceso contrario a la solubilización, la floculación, estos procesos junto con la dinámica de las aguas determinan el comportamiento de los metales pesados dentro del cuerpo de agua, (17).

El comportamiento del Plomo en el ambiente marino

depende en gran medida de las propiedades de las especies individuales de Plomo que se producen: $PbCl_2$, $PbBr_2$, $PbCO_2$, $Pb(OH)_3$ estos son los que se presentan en el agua marina, si estos se encuentran formando compuestos con los ligandos naturales o artificiales su solubilidad puede aumentar o disminuir, (18). Las aguas oceánicas reciben aportes de Plomo principalmente por los escurrimientos, la erosión y el depósito (seco y húmedo) atmosférico; así como por la descarga de efluentes industriales, este tipo de agua generalmente contiene materia orgánica e inorgánica en suspensión, la cual presenta una fuerte tendencia a adsorber el Plomo disuelto, por lo tanto el movimiento de este en las aguas continentales es debido principalmente al transporte turbulento de las partículas en suspensión. Los microorganismos y plantas acuáticas muestran una fuerte tendencia a bioacumular el Plomo de la columna de agua. También en los sedimentos se adsorben partículas que tienen plomo lo que representan una vía muy importante de absorción de este metal para los organismos marinos con alimentación a base de filtración. De esta manera el Plomo entra en las cadenas alimentarias acuáticas, (19).

Si bien en los estuarios y en algunas zonas costeras, el flujo de plomo puede provenir en mayor proporción de los efluentes a los ríos, o por la disposición directa de los desechos industriales. En este caso el Plomo permanece en forma disuelta debido al bajo contenido de materia particulada que contiene el agua. En la escala de tiempo geológico, el tiempo de residencia del Plomo es bajo (algunos cientos de

años) y es sedimentado hacia el fondo marino por medio de la adsorción en materia particulada o por la incorporación de organismos muertos en forma de materia orgánica que se acumula en los sedimentos.

Los sedimentos más profundos del océano, pueden considerarse como pérdidas de Plomo, (20).

Los alquillos de Plomo son de suma importancia, pues casi todos ellos se emplean como antidetonantes (elevadores de octanaje) en las gasolinas, el destino de estos en el ambiente dependeta de las reacciones químicas, fotoquímicas, biológicas y de su transporte de una matriz ambiental a otra, (37). Además las fuentes móviles y fijas, generan los compuestos de Plomo y llegan al medio acuático, en donde por medio de una combinación de alquilación química y biológica son transformados a compuestos de tetra alquillos de Plomo.

El Plomo disuelto en los ambientes marinos es absorbido por partículas, en las áreas de mareas; la movilización e intercambio entre las fases particulada y disuelta complementan el ciclo del Plomo, (21). La movilización e intercambio de $PbCO_3$ ocurre simultáneamente con la coagulación del Plomo orgánico disuelto, asociado con óxidos, hidruros de hierro y manganeso, (21).

La información que se tiene en cuanto a los mecanismos de liberación, absorción y acumulación de Plomo es poca e insuficiente, sin embargo las vías por las cuales los metales pesados entre ellos el Plomo, penetran en los organismos

acuáticos son:

- Ingestión de partículas de materiales suspendidos en el agua, (22).
- Ingestión de organismos a través de la concentración de material alimenticio.
- Formación de complejos de los metales con moléculas orgánicas apropiadas, (22).
- Incorporación de iones metálicos complejos en sistemas biológicos importantes, (22).

Una de las maneras de efectuar la medición de los niveles de concentración de Plomo es la utilización de centinelas biológicas, es decir, organismos vivos sensibles a las sustancias que se quieren cuantificar, pueden considerarse como excelentes bioindicadores las algas, los líquenes y los moluscos, (16).

Dentro de los organismos marinos que son utilizados como indicadores de contaminación por metales pesados, se encuentran los bivalvos, ya que presentan una serie de características que los hacen ampliamente utilizables, como son: presentar una distribución mundial muy amplia lo que facilita la comparación de datos obtenidos de diferentes regiones, son organismos de vida sedentaria lo que les permite actuar como bioindicadores locales de contaminación de metales pesados, son comunidades bentónicas, habitantes de los sedimentos marinos lo que es de gran importancia, ya que como se mencionó anteriormente, en los sedimentos es donde con

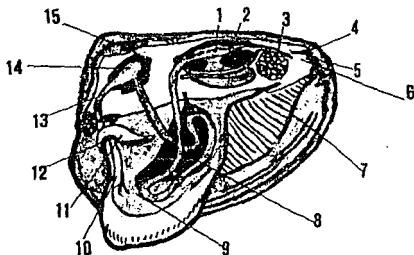
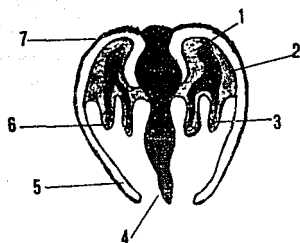


FIGURA 3 ANATOMIA INTERNA DE LA ALMEJA *Chione californensis*

- 1 CELOMA
- 2 CORAZON
- 3 M. ADUCTOR
- 4 SIFON INHALANTE
- 5 SIFON EXHALANTE
- 6 ANO
- 7 GANGLIO VISCERAL
- 8 GONADA
- 9 GANGLIO DEL PIE
- 10 CORDON NERVIOSO
- 11 BOCA
- 12 GANGLIO DE LA CABEZA
- 13 MUSCULO
- 14 ESOFAGO
- 15 GLANDULA DIGESTIVA

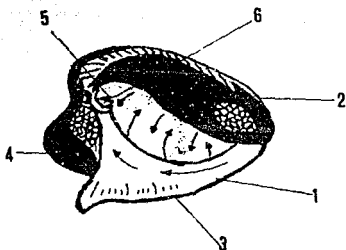
FUENTE: Barnes, et.al. Zoología de Invertebrados.1984.



- 1 MASA DEL CUERPO
- 2 CONCHA
- 3 CAVIDAD DEL MANTO
- 4 PIE
- 5 CHARNELLA
- 6 BRANQUIAS
- 7 CAVIDAD BRANQUIAL

FIGURA 4 MORFOLOGIA EXTERNA DE LA ALMEJA
Chione californiensis

PUNTE: Barnes, et. al. Zoología. 1984.

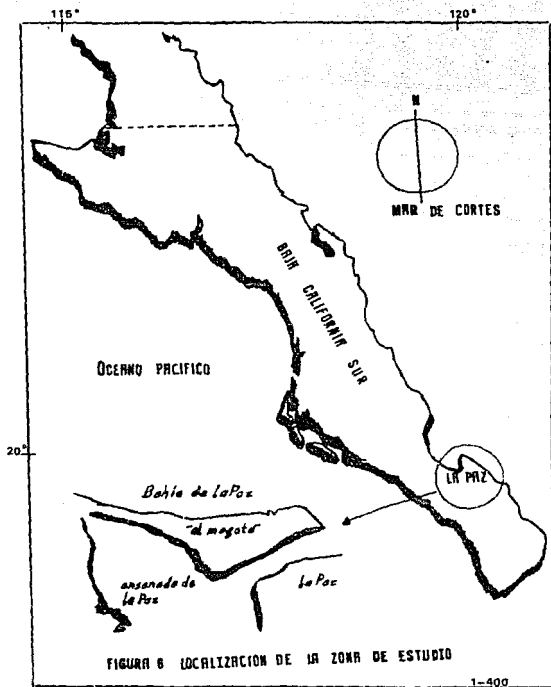


- 1 SIFÓN INHALANTE
- 2 SIFÓN EXHALANTE
- 3 PIE
- 4 MUSCULO ADUCTOR
- 5 BRANQUIAS
- 6 PALPOS LABIALES

FIGURA 5 INTERIOR DE LA BALVA DERECHA DE LA ALMEJA

Chione californiensis

FUENTE: Barnes, et. al. Zoología de Invertebrados
1984.



FUENTE: Morales y Cabrera. Municipios de México. 1987.

BATIMETRIA DE LA BAHIA DE LA ENSEADA DE LA PAZ

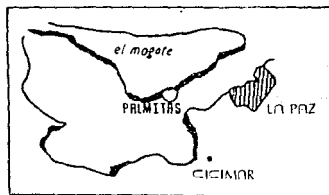
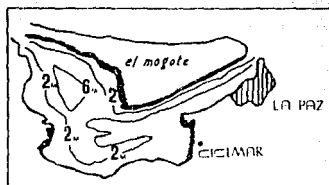


FIGURA 7 LOCALIZACION DEL BANCO DE ALMEJAS

11200

PUNTE: Morales y Cabrera. Municipios de México. 1987.

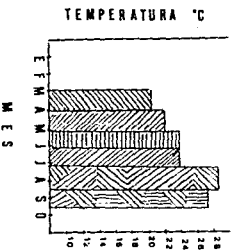
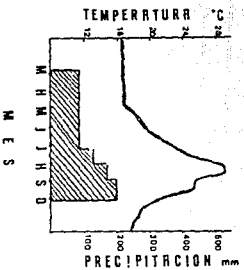


FIGURA 8. TEMPERATURA Y PRECIPITACION ANUAL (1989) DE LA PAZ

FIGURA 9. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LA HELMEJA

Chione californiensis

REYNO	:	ANIMAL
PHYLUM	:-	MOLLUSCA
CLASE	:	PELLECYPODA
SUBCLASE	:	HETERODONTA
ORDEN	:	VENERIDIA
FAMILIA	:	VENERIDAE
GENERO	:	CHIONE
ESPECIE	:	CALIFORNIENSIS

FUENTE: Barnes, et. al. Zoología de Invertebrados
1984.

mayor frecuencia se acumulan los metales pesados; por último son organismos de importancia económica y alimenticia.

Es muy difícil establecer como se efectúa la intoxicación por Plomo en los organismos acuáticos, sin embargo algunos factores del medio como la salinidad, la temperatura, el potencial de hidrógeno, el oxígeno disuelto y agentes formadores de complejos pueden cambiar el grado de absorción del metal, (23).

Por lo anteriormente expuesto y debido a la información poco integrada que se tiene, sobre condiciones biológicas y de contaminación, es necesario hacer estudios de algunos aspectos que manifiesten el estado sanitario actual, tanto del agua como de los productos pesqueros de la Bahía de La Paz, B.C.S., con el propósito de ser consideradas en la propuesta de medidas correctivas a largo plazo que aseguren una buena calidad del agua y de los organismos, favoreciendo el aprovechamiento óptimo y racional de los recursos con el objetivo de que su producción sea adecuada y satisfaga las necesidades de consumo. En el presente trabajo se utilizó la almeja Chione californiensis debido a que posee las características antes mencionadas, además de que es una especie representativa de la zona de estudio.

B. ANTECEDENTES

Debido a la vulnerabilidad que presentan los ambientes marinos a los contaminantes de diversos tipos y

características, se ha efectuado una gran cantidad de estudios al respecto como los realizados por Leatherland y Burton en 1974, quienes determinaron que la conducta geoquímica de un elemento es considerablemente modificada por la contaminación, creando de esta forma efectos negativos en los sistemas naturales.

En cuanto a las concentraciones de metales pesados en los bivalvos se han hecho diversos trabajos, como los realizados por Graham en 1972, Young y Mc Dermott en 1975, Genest y Hatch en 1961, quienes estudiaron algunas especies de moluscos y bivalvos para la concentración de metales pesados incluyendo el Plomo, se analizaron algunos tejidos y órganos, así como las partes blandas totales del organismo.

Petterson en 1971, informó que las concentraciones normales de Plomo para los moluscos y equinodermos son de 0.7 y 1.87 ppm respectivamente, Haug et. al. en 1974 sugirieron varias cualidades necesarias para que un organismo actúe como un eficiente indicador de contaminación marina, la mayoría de los autores coincide en señalar en que son muchos los factores que pueden afectar la concentración de metales pesados en los bivalvos, como podría ser el estado fisiológico del individuo (maduración), longitud de la concha, efectos estacionales y de salinidad. De modo que muchos proyectos y programas de monitoreo recomiendan el uso de mejillones como organismos con alimentación por filtración, sin embargo donde Mytilus edulis esta ausente, otros moluscos pueden utilizarse como sustitutos para esta propuesta, (24).

Stanford en 1977, cuantificó los niveles de metales traza en tres especies de invertebrados (Olivella biplicata, Polinecys lewisi y Pisaster brevispinus) los metales cuantificados fueron aluminio, bario, cadmio, calcio, zinc, cobre y plomo. Ellos concluyeron que los valores altos de contaminación no son exclusivamente consecuencia de los altos índices de contaminación sino de la magnificación biológica de los metales pesados y los metales traza.

Rumsby et. al., en 1965, estudiaron la bioquímica de los elementos traza en algunos bivalvos de la bahía de Nueva Zelanda, hicieron la determinación espectrofotométrica de Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V y Zn, cuantificados en tres especies de bivalvos, los análisis fueron llevados a cabo en el sedimento de sus habitat, así como en la concha y en algunos tejidos disecados. Todos los elementos determinados mostraron más acumulación en los organismos que en los sedimentos marinos, se rechazó la posibilidad de una relación con los procesos de geoquímica involucrados con los elementos traza concentrados en la biósfera, (25).

En 1975 Graham, estudió los niveles de concentración de metales traza en Moluscos de California, hizo determinaciones de las concentraciones de Plata, Cadmio, Cobre, Manganeso, Cromo y Zinc, por absorción atómica en 7 especies de moluscos de los géneros Acmaea, Tegula, Thais (gasterópodo) Mitilus edulis, Protothaca y Tapaes (bivalvo) en doce puntos de muestreo a lo largo de la bahía de San Francisco, se hizo el análisis separado de las conchas y en algunas pequeñas

porciones de la parte blanda del organismo. Encontró niveles altos de las concentraciones especialmente de zinc 1700 ppm en la parte blanda de Acmaea digitales, 570 ppm de cobre y 90 ppm de plomo en Thais emarginata, (25).

Guassia et al. en 1979, determinaron la concentración de metales traza (Cd, Cu, Fe, Mn y Zn) en dos especies de bivalvos de la costa de Mauritania: el molusco Donax trunculus y la almeja Venus verrucosa cuya alimentación es por filtración. En el tejido blando de esas especies, se encontró que el primero contiene concentraciones significativamente más altas de Fe y Zn que en la almeja. El contenido total de los metales traza por individuo se estableció en el siguiente orden en forma creciente Fe, Zn, Mn, Cu y Cd. La distribución de los metales traza en Venus verrucosa indicó que es en las branquias de estos organismos donde se observa la mayor concentración de metales excepto para el cobre. Así mismo concluyen, que debido a la escasez de Mytilus edulis en las costas de Mauritania, ambos organismos son adecuados para su utilización como bioindicadores de la concentración de metales traza, (26).

Phillips en 1977, determinó la concentración neta de zinc, cadmio, plomo y cobre en una comunidad de Mytilus edulis (Mejillones) que fue investigada como organismo indicador de la contaminación de ambientes marinos por estos metales. Se relacionaron las variables de estación, posición del mejillón en la columna de agua, salinidad, temperatura del agua y la presencia simultánea de los cuatro metales, (27).

En México son pocos los trabajos que se han realizado en cuanto a la determinación de las concentraciones de metales pesados en bivalvos, los estudios realizados se refieren a estudios ecológicos, aspectos de distribución, reproducción y cultivo. Sin embargo entre los pocos estudios concernientes a la evaluación de la contaminación por Plomo utilizando bivalvos, se reporta el trabajo realizado en las lagunas de Tabasco en la población de ostiones, en donde se informó de concentraciones que pueden tener repercusión en la salud, (13).

Reynoso, et al. en 1988, hicieron un estudio sobre la distribución de metales pesados en la Costa Occidental de Baja California, usando Mytilus californianus como organismo bioindicador. Se concluye que la influencia de factores ambientales es determinante en las concentraciones de metales pesados encontradas en este molusco, (28).

En 1987, la División de Energía Química, de Sutherland, New Gales, hizo un estudio sobre la especiación de los metales pesados en agua, sedimentos y biota del Lago Maquaire, en el sur de Nueva Gales, Australia. Se estudiaron la distribución y bioacumulación de los metales pesados en aguas y sedimentos, en este lago; se reportaron elevadas concentraciones de Zinc, Plomo, Cadmio, y Cobre, detectadas en la superficie y en los sedimentos de las aguas de la parte norte del lago, estas, concentraciones son atribuidas a las altas cantidades de Plomo y Zinc que son arrojadas por las fundidoras establecidas en las cercanías del lago (Cockle Creek). La mayoría de los metales se encontró en forma bioasimilable para la flora

marina y los bivalvos. Los resultados indicaron que las concentraciones obtenidos en las descargas y la acumulación de metales pesados en los sedimentos no mostraron efecto alguno. El resultado de estos estudios demostró que estos cambios en las concentraciones no son resultado de la movilización de los metales durante la operación de dragado y la remoción de los contaminantes en los sedimentos, (48).

Chuk y Cheving en 1990, hicieron el estudio de los metales traza en bivalvos y sedimentos de Tolo Harbour, Hong Kong. Fueron determinadas las concentraciones de Hierro, Cobre, Zinc, Cadmio y Plomo en muestras de sedimentos, en los mejillones (Perna viridis), y ostra (Sarcostrea cullucata) en nueve localidades de esa bahía. Las concentraciones de los metales en los bivalvos no mostraron diferencias muy grandes de una localidad a otra y muestran una correlación con las concentraciones encontradas en los sedimentos.

Las concentraciones de metales en esos bivalvos son similares a las obtenidas en otras áreas y las concentraciones de cadmio y plomo están dentro de los límites establecidos para alimentos marinos. Comparando las concentraciones de los metales en los bivalvos de marzo y mayo de 1986, estas fueron bajas en Hierro, Cobre y Cadmio en Perna viridis colectadas en mayo, esto sugiere una variación estacional de la concentración de metales traza en los mejillones. Esta reducción no fue evidente en Sarcostrea cullucata, (48).

Larrou en 1989, determinó Plomo, Cadmio y Mercurio

contenido en bivalvos colectados durante las diferentes estaciones del año. Los niveles de estos metales fueron determinados en Talaba (Ostrea malabonesis), Tahong (Perna viridis), Halann (Arca spp.) y Tulya (Corbicola manilensis) incluyendo plantas marinas que fueron cultivadas o colectadas de aguas salobres al igual que los organismos. Estos fueron muestreados durante el periodo de sequia (marzo-junio), la estación templada (julio-octubre) y la estación fría (noviembre-febrero). A las colectas de los años 1983 a 1985, se les determinaron los metales pesados mediante absorción atómica. Las muestras para la determinación de Plomo y Cadmio fueron preparadas por sequedad a 400°C, con la ayuda de H₂SO₄ al 20%, seguido de una oxidación de los residuos con el mismo Acido, (51).

Las muestras para la determinación total del Mercurio fueron preparadas por solubilización a 50 °C con H₂SO₄ concentrado, solución oxidante de K₂MNO₄ 6% y solución reductora de cloruro estanoso. La concentración promedio de Plomo, Cadmio y Mercurio en los bivalvos (Talaba, Tahoan, Halann y Tulya) estuvo entre los rangos de 0.64 y 2.24 ppm; y 0.62 y 11.68 ppb, respectivamente. Sin embargo la variación de los muestreos estacionales del Plomo y Cadmio contenidos en los bivalvos no fueron establecidas por ser valores no significativos; la concentración de Mercurio en los bivalvos varió significativamente con la estación, algunas de estas tendencias también fueron observadas en el Plomo, Cadmio y Mercurio contenidos en las aguas salobres, registrándose

dentro del rango de 0.66 a 1.16 ppm, 0.7 a 0.10 ppm y 1.8 a 2.6 ppb, respectivamente, (51).

Los bivalvos de aguas salobres mostraron bajos factores de bioacumulación para los tres metales estudiados, se sabe que los 4 bivalvos son especies comerciales por lo que han disminuido en los últimos años y se encuentran en riesgo de extinción, (51).

Sin embargo se pueden tomar precauciones con estos bivalvos, una de ellas es que puedan ser considerados como alimento nocivo para los niños. Por ejemplo, la FAO, determinó que el plomo es absorbido en el intestino de los niños cinco veces más que en el de los adultos por tanto el consumo de estos bivalvos por los niños, puede predisponerlos a los efectos del plomo, aunque se sabe que en estos es más fácil excretarlo, (51).

Sullivan en 1988, realizó un estudio sobre la distribución subcelular de nueve metales en el riñón del bivalvo Mercenaria mercenaria. El análisis de los elementos en las fracciones subcelulares indicó tres tipos de modelo de la distribución de metales en las células del riñón, (52).

El Bario, Hierro, Magnesio y Plomo fueron asociados primeramente en glomérulos del riñón, Cadmio, Cobre, Potasio y Magnesio fueron establecidos solamente en las fracciones citosólicas. Calcio, Fósforo y Zinc fueron detectados en todas las fracciones aisladas, probablemente reflejaron el

papel importante que juegan estos elementos en los bivalvos. La composición de los organelos aislados de fracciones subcelulares fue determinada usando una enzima como marcador y técnicas microscópicas, (52).

Campos en 1982, determinó metales pesados en Isognomon bicolor en la Bahía de Santa María en Colombia. Se determinaron las concentraciones de Cadmio Cobre y Plomo, se hizo en 4 colectas de bivalvo Isognomon bicolor, estas fueron hechas en la estaciones en la Bahía entre mayo de 1982 a marzo de 1983, se observaron grandes variaciones temporales y espaciales en la concentración de metales absorbidas por este bivalvo, (53).

Nelson en 1988, Estudió los efectos de los metales pesados en Bahía Surf en los bivalvos almeja surf y mejillón azul en tiempos de larga exposición. Argo pecten y Spisula solidissima fueron expuestas a radiaciones de Cu, Pb, Se y Zn durante 96 Hrs (bioensayo estático). El orden de toxicidad para ambos bivalvos fue de la siguiente manera Cu<Se<Zn<Pb. Con la excepción de plomo. Argo irradians juvenes fueron más sensibles que Spisula solidissima a los metales de esta prueba. Mytilus edulis juvenes fueron expuestos a 96 horas de bioensayo estático con Cd, Cu, Hg y Ag, el orden de toxicidad fue Cu<Hg<Ag<Cd, (54).

Mytilus edulis fue menos sensibles a Ag y Hg, cuando se comparó con Argo irradians y menos al Cu, que Argo irradians y Spisula solidissima y fue tan sensible al Cd como Argo

irradians y 45 juvenes de Argo irradians o 45 adultos de Mytilus edulis fueron expuestos al cobre en un periodo de 126 dias en un estanque que contenia concentraciones diluidas de este metal en concentraciones de 0.002, 0.010 y 0.020 ug/l, mientras que los tanques control recibieron agua de mar no tratada. De estas tres especies expuestas a las tres concentraciones de Cu, los juvenes de Spisula solidissima fueron de los más sensibles, seguidos por los juvenes de Argo irradians, el menos sensible fue el adulto de Mytilus edulis, (55).

En 1987, en el Laboratorio Químico Oceanográfico de Corea, se determinaron metales traza en conchas de bivalvos, por espectrofotometria de absorción atómica. Los metales determinados fueron Cadmio, Cobre, Plomo, Niquel, Plata y Zinc. El método involucra la disolución de la concha; la determinación de estos metales se hizo antes de la precipitación de Fe-APDC, y la subsecuente determinación por absorción atómica de llama. Los límites de detección fueron muy bajos, menores que los niveles ambientales para todos los metales. Los resultados analíticos corresponden a la concha de los mejillones y las ostras colectadas en las costas de los Estados Unidos, (50).

En el Golfo de California existen 53 especies de moluscos, 21 de ellos se explotan comercialmente en un rango muy amplio y 29 son consumidos localmente como pesqueria de subsistencia, de todas estas especies las almejas representan el 14% del volúmen total capturado y el 63% del precio total

de la captura, (29).

La familia Veneridae incluye el género Chione el cual presenta una distribución muy amplia a nivel mundial, las especies de esta familia son constituyentes esenciales e importantes de varias comunidades marinas, sin embargo son pocos los estudios que se han hecho sobre este género. La almeja Chione californiensis es utilizada en el presente trabajo debido a que podría ser un bioindicador de la concentración de metales pesados. Las muestras de la almeja se obtuvieron durante el periodo de marzo a septiembre de 1989, como parte de un proyecto global que comprende muestras de marzo de 1988 a septiembre de 1989, proporcionadas por el laboratorio de Invertebrados Marinos del Centro de Investigación de Ciencias Marinas (CICIMAR) del IPN, de La Paz, B.C.S., para la determinación y cuantificación de metales pesados, entre ellos el plomo.

Los bivalvos han sido utilizados como biomonitores de metales pesados en varios países. La clase Bivalvia, Pelecypoda o Lamellibranchia, esta formada por moluscos conocidos como bivalvos e incluye formas tan populares como almejas, ostiones y mejillones. Los Bivalvos comprimidos lateralmente, poseen dos conchas con dos valvas articuladas dorsalmente por una charnella, que encierran el cuerpo por completo. El pie, como el resto del cuerpo esta también comprimido lateralmente, de aquí el origen del nombre Pelecypoda, pie de hacha, (FIG. 3). La cavidad del manto es más espaciosa entre las diversas clases de bivalvos y las

branquias casi siempre son grandes, han adquirido en la mayor parte de las especies la función de recolectar alimento, además del intercambio de gases. La mayoría de estas características representan modificaciones que han permitido a los bivalvos convertirse en excavadores de fondos blandos, para lo cual la compresión lateral del cuerpo esta mejor adaptada. Aunque los bivalvos modernos hayan invadido otros habitats, estas adaptaciones para excavar en el fondo del lodo y la arena los han llevado por el camino de la especialización a tal grado que han quedado virtualmente encadenados a una existencia sedentaria, (30)

Concha, Manto y Pie.

La concha consta de una valva derecha y una izquierda unidas entre si por un borde dorsal mediante un ligamento elástico de la charnalla. En su parte exterior se observan las líneas de crecimiento, las más definidas corresponden generalmente al crecimiento anual. El umbo o ápice es una protuberancia de la valva que se encuentra en la región anterodorsal y representa la parte más antigua de la concha. El cuerpo entre las dos valvas, no tiene una región cefálica definida. Pueden reconocerse las siguientes regiones, la masa visceral, fija dorsalmente y que contiene casi todos los órganos; el pie muscular, que se extiende en la parte media de la masa visceral; las delgadas branquias que se extienden ventralmente a lo largo del pie y los lóbulos paralelos del manto, que revisten cada valva. Los bordes libres del manto son musculares y pueden juntarse cerrando la cavidad del

mismo. Los bordes posteriores del manto forman dos tubos o sifones, uno ventral de incurrente o branquial y uno dorsal excurrente o cloacal, a través de los cuales circula el agua como resultado de la actividad ciliar dentro de la cavidad paleal. Tres músculos principales se unen a las dos valvas: los músculos aductores anterior y posterior, que retraen el pie dentro de la cavidad paleal y el músculo protactor anterior que contribuye a la extensión del pie.

El aparato digestivo está formado por una boca con dos palpos labiales que escogen el alimento antes de que sea introducido en la boca, y se sitúa en la parte ventral del músculo aductor anterior; un esófago, un estómago complejo, en forma de bolsa, que tiene diferentes regiones y un escudo cristalino endurecido que contiene amilasa y gira contra una lámina quitinosa (escudo gástrico) la cual tritura poco a poco el alimento y lo mezcla con las enzimas. Las partes restantes del aparato digestivo son: una glándula digestiva que se vacía en el estómago, un intestino enroscado, un recto con un pliegue longitudinal y el ano, (30). El aparato circulatorio consta de una cavidad pericárdica y varios tubos y canales, la cual está formada por una aurícula ventral y un ventrículo dorsal que rodea al recto. La respiración se lleva a cabo principalmente por un par de branquias; no obstante una parte de la misma se efectúa en las paredes del manto.

El sistema nervioso consta de tres ganglios: el cerebral, el visceral y el pedio; órganos sensoriales conectivos, táctiles en el borde del manto; fotosensibles en

los sifones, quimiorreceptores llamados osfradios en el conducto de expulsión del agua y para el equilibrio un par de estatocistos en el pie. Los individuos son semejantes externamente. Internamente un par de gónadas ramificadas rodean el intestino enroscado y tienen conductos simples, que se dirigen a un tubo aculfero cerca del sifón de salida, (30), (Fig 4). En cuanto a la reproducción, la mayor parte de los bivalvos son dioicos. Las gónadas rodean las dos asas intestinales y suelen estar próximas una a otra siendo difícil su disposición pareada. Los gonoductos son siempre simples. En los Lamelibranquios, los gonoductos no guardan relación con los nefridios y se abren separadamente en la cavidad del manto.

La excreción se realiza por medio de dos nefridios, que se hayan situados por debajo de la cavidad pericárdica o un poco detras de ella y aparecen plegados formando una larga U, una rama de esta es glandular y desemboca en la parte anterior de la cavidad pericárdica; la otra forma una vejiga y se abre por un nefridioporo en la parte exterior de la cavidad sub-branquial.

A través del sifón de salida, cada hembra expulsa hasta tres millones de gloquidios maduros, que caen al fondo. Después sobreviven de 10 a 70 días y si durante este lapso entran en contacto con la piel o los filamentos branquiales de un pez, los gloquidios se adhieren, desarrollándose en unas cuantas horas dentro de los tejidos del huésped. Los gloquidios crecen como parásitos dentro de un quiste y las

células fagocíticas de su manto actúan para digerir los tejidos del huésped. Después de 10 a 30 días, durante los cuales los caracteres larvarios se pierden, las almejas inmaduras rompen el quiste y caen al fondo del agua. Aquí se alimentan al igual que los adultos y gradualmente adquieren la forma y el tamaño de estos, (30), (FIG.5).

Dentro de la gran variedad de recursos con los que cuenta el estado de Baja California Sur, destacan por sus grandes volúmenes de producción, los moluscos, principalmente las almejas y caracoles.

La explotación de almejas y caracoles es cada vez más intensa debido a que la preferencia de los consumidores por estos productos se ha incrementado notablemente en los últimos años y por ende, la comercialización de ellos en el mercado nacional y en el extranjero ha adquirido mayor relevancia. Lo anterior se ha reflejado en la explotación inmoderada de los bancos naturales, propiciando con ello la desaparición de algunas áreas y especies pesqueras lo que obliga al pescador a localizar nuevas áreas de pesca, fenómeno que explica parcialmente las fluctuaciones en la producción de este rubro en las estadísticas de pesca, (43).

La pesquería de la almeja Chione no queda exenta de esta situación, debido a que como es un recurso que inside en aguas poco profundas es muy vulnerable a la extracción, hecho que sumado a una demanda cada vez más creciente y a los escasos estudios relacionados con su biología y dinámica poblacional,

para un adecuado manejo administrativo, ha ocasionado que actualmente bancos importantes hayan sido abandonados como área de pesca, reanudándose ésta en zonas nuevas como es el caso de Punta Coyote, B.C.S., (43).

La almeja Chione, es un molusco bivalvo de la familia Pectinidae y de acuerdo con Keen (1977), mencionado por Baqueiro (1982) habita generalmente en aguas someras de lagunas y bahías protegidas sobre fondos lodosos-arenosos en asociación con macroalgas o pastos marinos, distribuyéndose geográficamente desde la Isla de Cedros B.C.S., hasta el Perú, incluyendo el Golfo de California, (43).

En Baja California Sur, esta especie se localiza principalmente en las lagunas de Ojo de Liebre, Guerrero Negro y San Ignacio, así como en las bahías de Concepción y Magdalena, formando grandes acumulaciones de altas densidades y a profundidades relativamente bajas, lo que facilita en gran medida su captura, registrándose hasta 1985 una producción promedio anual de 3,247 toneladas de peso fresco entero, lo cual se incrementó en 1986 hasta 5,747 toneladas, (43).

La explotación de este recurso se inició desde hace varias décadas en la Ensenada de La Paz, cuyas capturas eran para consumo doméstico y para una escasa población de habitantes. En los años 70 las capturas se incrementaron llegando incluso a exportarse a los E.U.A. Hasta el año de 1987, ésta fue el área de pesca más importante de la almeja Chione californiensis; sin embargo la explotación irracional

casi total provocó el agotamiento de todos los bancos existentes, reduciéndose la densidad de 13 a 1 organismo/m en dos años, (43).

A partir de 1985, la zona de la bahía está considerada como una de las más productivas de Baja California Sur, por su alto rendimiento y prestación del "callo" o músculo adáctor que en la actualidad tiene una gran demanda tanto a nivel nacional como internacional, ocasionando que sus poblaciones estén en consecuente explotación.

Debido ha esto el recurso se ha venido supervisando periódicamente por parte de las autoridades de la Delegación de Pesca de La Paz, que efectúan trimestralmente evaluaciones de sus poblaciones silvestres y de sus pesquerías, así como de algunos proyectos de investigación en cuanto al saneamiento y contaminación de los recursos.

LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Zona de estudio

La Ensenada de La Paz, Baja California Sur, se localiza en el sureste de la Bahía de La Paz, a los $110^{\circ}12' - 110^{\circ}28'$ longitud oeste y $24^{\circ}3' - 24^{\circ}13'$ longitud norte. En la Bahía de La Paz se localiza la península llamada el Mogote que cierra casi en su totalidad la Ensenada de La Paz, (31). El municipio de La Paz, limita al norte con el municipio de Comondú y al sur con el de Los Cabos; al oeste con el Océano Pacífico y al este con el Golfo de California, (31), (FIG.6).

Clima

El clima es seco, con una temperatura media de 22°C , se tienen registradas máximas temperaturas de 50°C y mínimas de 18°C , con precipitaciones anuales de menos de 200 mm lo que nos da una idea de la extrema escasez de las lluvias. Según la clasificación de los climas de Köppen modificada por E. García en 1981, el tipo de clima de la Bahía de La Paz es de BW(h)hw(e). Árido o desértico, extremoso con temperatura media anual sobre 18°C y 22°C del mes más cálido y por abajo de 18°C para el mes más frío, con régimen de lluvias en verano. Con oscilaciones de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14°C , (31).

Hidrografía

No existen verdaderos ríos en esta zona, más bien son arroyos y cauces estacionales, que se convierten en turbulentas corrientes durante la breve temporada de lluvias; pero dadas las condiciones climáticas adversas, las principales zonas húmedas o cultivables están en los numerosos oasis y manantiales surgidos en el desierto, o en cañones protegidos, sin embargo entre los arroyos que desembocan en la Ensenada podemos mencionar: La Ardilla, El Novillo y La Palma, (31). Como el resto del estado de Baja California Sur, La Ensenada de La Paz, presenta un cuadro general de escasez de precipitación pluvial, con régimen de lluvias en los meses de julio, agosto y septiembre (con menos de 200 mm) y menor cantidad en diciembre y enero, (31).

Flora y Fauna

La vegetación de la zona pertenece al de Selva Baja Caducifolia, sin embargo, esta ha sido eliminada parcialmente de la zona, predominando en la actualidad los matorrales del tipo Cardonal y Subinerme, así como algunas zonas de agricultura de riego. Entre las especies vegetales predominantes de la Selva Baja Caducifolia esta el Torote (Bursera microphyla), Ciruelo (Cyrtogarpa edulis), Cardón (Pachycerus pringlei), Palo Adán (Fourquiesia diquetii), Pitaya dulce (Stenocereus thurberi), Lengua de gato (Cardio parvifolia), Lombay (Jatropha cinerea), Cholla (Opuntia cholla), Pitaya agria (Machrocereus gummosus), Matorra

(Jatropha cuneata), Mataparda (Ruellia peninsularis). La vegetación característica del Matorral subinerme esta integrada por: Pitaya agria, Palo Adán, Cardón, Mezquite y Cholla, mientras que las especies dominantes del Matorral de tipo Cardonal son Pitaya agria y dulce, Cardón, Gobernadora, Palo verde, Lombay, Palo Adán, Mezquite y Cholla. En cuanto a la fauna de la región, esta se caracteriza por especies, como Paloma Torcasa (Columba palumbus), el Mapache (Procyon lotor), el Babisurl o Cacomixtle (Mustela putorius), Gato Montés (Felis rufus), Zorro (Vulpes vulpes), Coyote (Canis latrans). Además de algunas otras especies de aves como el Aguila (Haliaeetus aliaetus), Zopilote (Falco peregrinus), Gavilán (Aspiter striatus), Lechuza (Aegolius acadicus) y Cuervo (Corvus corax), (31).

Batimetría

La ensenada de La Paz. B.C.S., es una cuenca de 45 Km² que se encuentra sobre el nivel del mar, en la zona noreste presenta dos canales paralelos formando la entrada de la laguna, que tiene profundidades de hasta 10 m. Hay un canal en el centro de la laguna el cual disminuye la profundidad hasta 4 m en su parte más interna. En esta zona en las regiones noroeste y suroeste existen dos depresiones, el resto de la laguna es somero, (31), (FIG.7).

Existen flujos de grandes masas de agua que resultan importantes para las condiciones físicas y químicas de la costa californiana, entre ellas podemos mencionar las

corrientes de Davison que se presentan cuando los vientos provienen del norte, son débiles y ausentes a principios y finales de invierno incidiendo sobre las aguas de la Bahía y de la Ensenada de la Paz. Por su dirección estos flujos actúan como una contracorriente a una profundidad por debajo de los 200 m y fluye hacia el noroeste a lo largo de toda la Costa de Baja California Sur, las corrientes de estos flujos resultan importantes, pues con ellas se ven afectadas las propiedades del agua y como consecuencia, la relación planta-animal. En Enero y Febrero se presenta una fase de agua bien definida y mezclada con otra fase muy fría provenientes de las partes bajas, existiendo una región de cambio brusco que se denomina termoclina, (31).

Actividades Económicas

En la Bahía así como el resto del estado todavía no se registran índices de contaminación alarmantes, por lo que aún es tiempo de prevenir daños a los recursos naturales, sin embargo los Hoteles de la zona, algunos de ellos funcionando desde hace varios años y otros en construcción, fueron clausurados en los últimos meses por las autoridades al encontrarlos responsables del deterioro de las condiciones ambientales.

En la ciudad de La Paz, se encuentra localizada la Termoelectrica de Punta Prieta, la cual emite durante las 24 horas del día humos contaminantes, producto de la utilización de combustibles de mala calidad, pero las autoridades no hacen

nada al respecto debido a que su funcionamiento lo consideran indispensable. La Bahía de La Paz sigue recibiendo aguas negras por la incapacidad de las lagunas de oxidación para procesar los desechos de las 24000 toneladas de descarga de domicilios e industrias y algunas plantas enlatadoras de pescado, que tiran directamente a la Bahía sus aguas de desecho, (31).

En el municipio de La Paz, se localiza la capital del estado, por tanto es donde se registra la mayor concentración de la población, así como las actividades políticas y económicas. La Ciudad de La Paz es cabecera municipal con 145000 habitantes tiene una altitud de 10 m sobre el nivel del mar, clima frío y ventoso en invierno y cálido en verano. Los meses más fríos son de diciembre a febrero y los más cálidos son de julio a septiembre. Las lluvias son escasas y se concentran en agosto. Durante el invierno soplan los fríos "nortes" del Pacífico, y en el verano un agradable viento llamado Corumuel, refresca la temperatura hacia el atardecer.

El Municipio de La Paz cuenta con un aeropuerto internacional, por mar recibe los transbordadores provenientes de Topolobampo y Mazatlán. El 89% de la población es propiamente rural, (31).

Las principales fuentes e ingresos del estado y que se asientan en su mayoría en el Municipio, son la agricultura, la pesca, la minería y el turismo. Las principales explotaciones mineras en el estado son las del yeso, la sal, del cobre y

manganeso. La pesca del abulón, camarón, sardina, atún, almejas y otras especies comerciales, así como los procesos industriales, conservación y fabricación de harina de pescado, representan muchos empleos y una cuantiosa derrama económica, no sólo para la ciudad de La Paz, sino por todos los puertos del Mar de Cortés.

La producción agrícola es también importante, destacando el aporte de frutales como higos, dátiles, aguacates y otros, es importante reconocer que en el municipio día a día se va afianzando una creciente industria a base de maquiladoras y manufactureras, (31).

III OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar la concentración de plomo en la almeja Chione californiensis, de La Ensenada de La Paz, B.C.S, por Espectrofotometría de Absorción Atómica, y establecer la diferencia estacional de los niveles de concentración de Plomo a lo largo del periodo de colecta, comprendido entre los meses de marzo a septiembre de 1989.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

a) Cuantificar la concentración de Plomo en la parte blanda total del organismo.

b) Cuantificar la concentración de Plomo en cada uno de los órganos disecados (aparato digestivo, músculo aductor, branquias, manto, pie y remanente).

c) Establecer si existe diferencia significativa en la concentración de Plomo en los órganos antes mencionados.

IV MATERIAL Y METODO

Fase de Laboratorio

Las muestras fueron proporcionadas por el Laboratorio de Invertebrados Marinos del CICIMAR-IPN, Baja California Sur, Chione californiensis fue colectada en la zona llamada "Palmitas", en la Ensenada de La Paz, B.C.S., durante los meses de marzo a septiembre de 1989, el número de organismos por mes no fue constante en cada colecta (CH-19 a CH-27), una vez capturados fueron fijados en una solución de formol al 10% y transportados en bolsas de plástico debidamente etiquetadas para su posterior análisis en el Laboratorio de Fisiología Celular de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Las técnicas instrumentales para la cuantificación de metales comprenden métodos potenciométricos, electroanalíticos, espectrofotométricos de análisis de absorción, de radiación electromagnética en las regiones visibles, infrarojas y ultravioleta del espectro, difracción de rayos X, espectrofotometría de masa, polarográficos, refractométricos, de conductividad térmica, cromatografía líquidas y gaseosas, para este estudio en particular se utilizó el método de absorción atómica para la cuantificación

de la concentración de Plomo (Perkin Elmer 380).

En todos los análisis, la calibración de los aparatos es muy importante por ser la única manera de asegurar que la calidad de los datos responda a las necesidades de precisión y exactitud de la medición de las concentraciones de muestras problema. En general la calibración de los equipos requiere de la introducción de concentraciones conocidas del metal que se va a cuantificar, (32).

Existen numerosas técnicas de laboratorio para establecer una concentración excesiva de Plomo, introduciendo nuevas técnicas o mejorando gradualmente las ya existentes, entre las técnicas que podemos mencionar están las técnicas colorimétricas clásicas como la de la Ditzona y las técnicas de Absorción Atómica. Se ha comprobado que la Espectrofotometría de Absorción Atómica es suficientemente sensible, con 99 ó 95 % de confiabilidad por lo que los resultados son confiables; el procesado de las muestras es rápido, los límites de detección que se logran son muy pequeños, se pueden identificar concentraciones del orden de ppm y en algunos casos de ppb, con precisión del 5 al 10 % respectivamente. El plomo es un elemento que en las aguas naturales, los alimentos y en la atmósfera se encuentra en concentraciones pequeñas por lo que esta resulta una técnica adecuada, ya que es altamente selectiva, sensible y de relativa simplicidad. Las muestras pueden estar en estado sólido y líquido y al tratamiento que se les da, depende de los elementos que se van a cuantificar, (33).

La Espectrofotometría de Absorción Atómica (A.A.) comprende el estudio de la absorción de energía radiante de una longitud de onda específica para cada elemento, por átomos libres y neutros en estado gaseoso. Los principios de la A.A. son básicamente los mismos que para la absorción de la radiación para soluciones en el ultravioleta y el visible, sin embargo la manipulación de la muestra, el equipo y la aparición del espectro difieren lo suficiente, (33).

Llama

La emisión de la Llama es una técnica analítica la cual, se relaciona directamente con la absorción atómica y espectrofotometría de emisión de llama:

a) En absorción atómica una de las funciones de la llama es convertir el aerosol que está entrando en vapor atómico, el cual puede entonces absorber la reacción que proviene de la lámpara de cátodo hueco.

b) La emisión de llama efectúa dos misiones a la vez, convertir el aerosol en un vapor atómico y entonces, elevar térmicamente el átomo a un estado electrónicamente excitado. Cuando estos átomos regresan al estado basal emiten radiación, la cual es detectada por el instrumento. La intensidad de la radiación emitida es proporcional a la concentración del elemento de interés en solución.

Aunque la emisión en llama tiene mejores límites de detección para algunos elementos, la mayoría de los analistas

prefieren usar el horno de gráfito para sus trabajos, ya que por este método además de que es más fácil optimizar la llama muchos procesos analíticos han sido trabajados de esta forma, (34).

Tratamiento de la muestra

A las muestras se les elimina el formol mediante varios lavados con agua desionizada hasta eliminar el fijador, inmediatamente después se realiza el conteo y pesado de los organismos en peso húmedo.

Posteriormente se efectúa la disección de los ejemplares, esto se hace con ayuda de un bisturi y unas pinzas y se procede entonces a separar: aparato digestivo, músculo aductor, branquias, manto, pie y palpos labiales, hasta obtener aproximadamente 8 g en peso húmedo por cada órgano.

El resto de los órganos no disecados debido a su difícil reconocimiento son tratados como el remanente.

A continuación se secan los tejidos en una estufa a 75°C durante 24 Hrs. Posteriormente se toma 1 g en peso seco de cada una de las partes antes citadas y 5 g de peso seco de los organismos completos (parte blanda).

Inmediatamente después se lleva a cabo una predigestión a temperatura ambiente durante 12 Hrs., colocando en vasos de precipitados de 100 ml, 1 g en peso seco de cada órgano y 5 g de la parte blanda completa, adicionando 10 ml de ácido nítrico concentrado, grado analítico. Después se produce una

digestión completa con un calentamiento suave, en una parrilla eléctrica a 65° C por espacio de 24 H. aproximadamente. Finalmente se recogen los residuos en 10 ml de ácido nítrico al 10% filtrando si es necesario con papel filtro Whatman del número 44.

Se preparan blancos de reactivos para cada serie de vasos y se sigue el mismo procedimiento de digestión.

Fase de Gabinete

Las técnicas del análisis exploratorio de datos son auxiliares en el tratamiento preliminar de un conjunto de estos, permite una rápida y sencilla comprensión de su estructura y proporcionan un extenso repertorio de métodos para el estudio detallado de un conjunto de datos. Estos procedimientos enfatizan un análisis flexible de estos, a menudo antes de compararlos con algún modelo probabilístico,(39).

Los resúmenes estadísticos clásicos para un lote de datos constituidos por n observaciones son la media (o promedio) y la varianza. Para fines exploratorios en ocasiones es conveniente el uso de resúmenes más simples basados en la ordenación y conteo de los datos. Entre otros méritos, tales resúmenes pueden ser más válidos. La media y varianza de la muestra no puede comportarse de esta manera, ya que un sólo valor extraordinario tiene un considerable efecto adverso en ambas,(40).

Es por eso que en todos los propósitos exploratorios se puede utilizar la mediana, para resumir la localización (centro o valor típico de un lote).

Se utilizó el Analisis de Varianza porque es un método en donde varias variables o poblaciones pueden estudiarse simultáneamente. Para este trabajo se utilizó, también el diseño de bloques aleatorios, ya que es un método que aísla y remueve de la variación del error la variación atribuida a los bloques, para asegurar que las medias de los tratamientos estarán libres del efecto de bloque,(41).

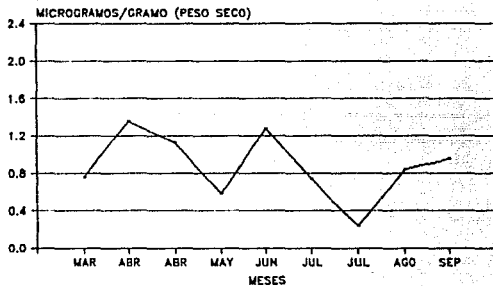
	COLECTA	BRANQUIAS	WANTO	PIE	R. DIGESTIVO	M. ADUCTOR	REMANENTE	ORG. COMPLETO
P R I M A V E R A N O	MAR	0.76	0.43	0.73	1.76	0.45	0.63	0.56
	ABR 1	1.36	1.48	0.81	1.10	1.17	0.30	1.17
	ABR 2	1.13	1.23	0.76	1.13	1.13	0.64	0.90
	MAY	0.58	0.63	0.19	0.35	0.30	0.22	0.45
	JUN	1.28	0.73	0.59	0.83	1.71	0.68	0.66
	JUL 1	0.74	0.53	0.01	1.16	1.36	0.95	1.32
	JUL 2	0.24	1.14	0.56	0.74	0.57	0.32	0.96
	AGO	0.84	1.18	0.06	0.98	1.08	0.54	0.56
	SEP	0.95	1.16	0.12	1.28	1.52	1.57	2.39

TABLA 1 CONCENTRACIONES DE Pb ($\mu\text{g/g}$) EN PESO SECO EN LOS ORGANOS

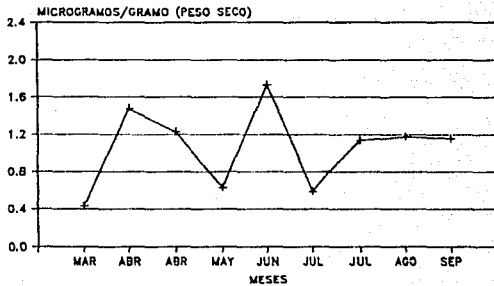
ORGANO	MEDIA	DESV. STANDAR	VARIANZA	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
BRANQUIAS	1.01	0.23	0.25	1.36	0.58
MANTO	1.15	0.36	0.32	1.48	0.43
PIE	0.78	0.27	0.29	1.12	0.19
A. DIGESTIVO	1.11	0.35	0.37	1.76	0.45
M. ADUCTOR	1.26	0.39	0.41	1.73	0.41
REMANENTE	0.66	0.36	0.38	1.57	0.22
ORG. COMPLETO	0.93	0.47	0.50	2.03	0.45

TABLA 2 RESUMEN ESTADISTICO

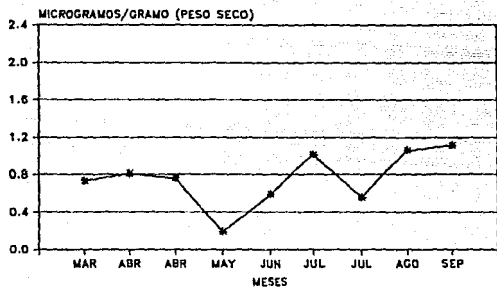
GRAFICA 1
CONCENTRACION DE PLOMO EN LAS BRANQUIAS



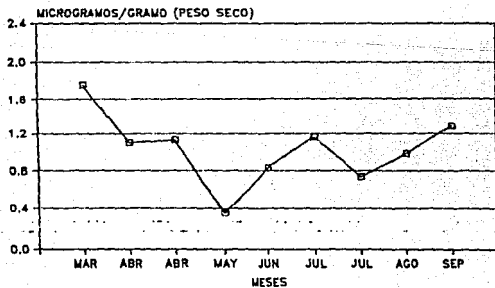
GRAFICA 2
CONCENTRACION DE PLOMO EN EL MANTO



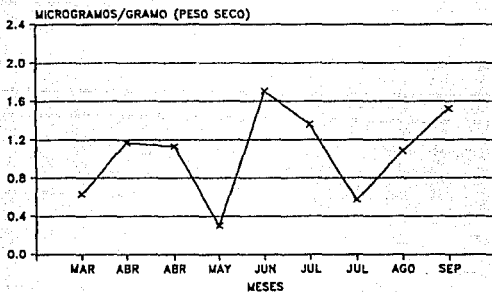
GRAFICA 3
CONCENTRACION DE PLOMO EN EL PIE



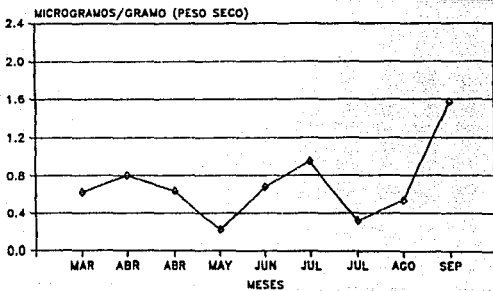
GRAFICA 4
CONCENTRACION DE PLOMO EN EL APARATO
DIGESTIVO.



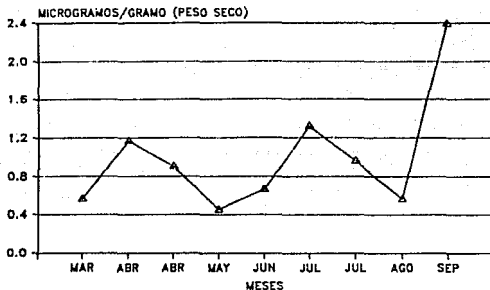
GRAFICA 5
CONCENTRACION DE PLOMO EN EL MUSCULO
ADUCTOR



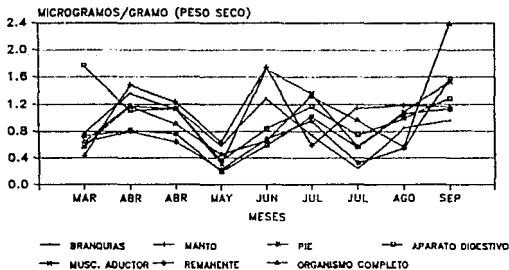
GRAFICA 6
CONCENTRACION DE PLOMO EN EL
REMANENTE



GRAFICA 7
CONCENTRACION DE PLOMO EN EL ORGANISMO
COMPLETO



GRAFICA 8
CONCENTRACION DE PLOMO EN TODOS LOS
ORGANOS ANALIZADOS



V RESULTADOS

De las nueve colectas realizadas, en la Ensenada de la Bahía de La Paz, B.C.S., en el periodo comprendido entre el mes de marzo de 1989 al de septiembre del mismo año, se obtuvieron los siguientes resultados.

En la Tabla 1 se muestran las concentraciones promedio que se obtuvieron en cada uno de los órganos disecados (Músculo Aductor, Aparato Digestivo, Manto, Pie, Remanente, Branquias y Organismo Completo) de la almeja Chione californiensis, se presenta también la época estacional del año a que corresponde cada colecta. Así tenemos que la colecta CH-19 corresponde al mes de marzo, CH-20 y CH-21 al mes de abril, CH-22 a mayo, CH-23 a junio, mientras que las colectas CH-24 y CH-25 corresponden a julio, CH-26 al mes de agosto y por último CH-27 a septiembre de 1989. Por consiguiente las colectas de marzo, abril y mayo, pertenecen al ciclo estacional primavera, las colectas de junio, julio, agosto pertenecen al verano y septiembre a otoño.

Los valores de las concentraciones obtenidas están entre los rangos 0.22 ug/g a 2.39 ug de Pb/g en peso seco. Como puede observarse en la tabla, existe un incremento en la concentración de plomo durante el verano para los tejidos Pie y Músculo Aductor, mientras que para el Aparato Digestivo y el Manto las concentraciones se mantuvieron por debajo de 1.76 ug

de Pb/g en peso seco. Para las Branquias se observó un incremento durante la primavera, por último en el Organismo Completo se registró la máxima concentración durante el verano.

En la tabla 2 se observan valores máximos y mínimos de concentración de plomo para cada uno de los órganos tratados, para las Branquias fue de 1.36 ug de Pb/g en peso seco durante el mes de abril, y de 0.24 ug de Pb/g en peso seco durante el mes de julio, concentraciones máximas y mínimas respectivamente. Para el Manto la concentración máxima fue de 1.73 ug de Pb/g en peso seco en junio y el valor mínimo ocurrió en marzo con 0.43 ug de Pb/g en peso seco. En el mes de septiembre y julio se registraron los valores máximos y mínimos (1.12 y 0.19 ug de Pb/g en peso seco) en el Pie.

En el Aparato Digestivo, la concentración máxima fue durante el mes de marzo con un valor de 1.76 ug/g y la mínima de 0.35 ug/g ocurrida en el mes de mayo. En el Músculo Aductor se obtuvieron concentraciones máximas de 1.76 y mínimas de 0.35 ug de Pb/g en peso seco en los meses de julio y mayo respectivamente.

Para el remanente se observaron valores de 1.57 ug/g y 0.22 ug/g en el mes de septiembre y mayo respectivamente. Por último se observa que en el Organismo Completo (parte blanda) el valor máximo fue de 2.39 ug de Pb/g en peso seco durante el mes de septiembre, y el valor mínimo se presentó en mayo con 0.45 ug de Pb/g en peso seco.

Durante el mes de marzo, el Aparato Digestivo mostro la concentración más alta, en comparación con los otros órganos disecados. En el mes de abril, (colecta 1 y 2), se encontró el Manto con la mayor concentración de plomo, más que el mes de mayo y junio. En la primera colecta de julio el Músculo aductor reportó la máxima concentración, mientras que la segunda colecta de julio el manto presentó los niveles de plomo más altos. En el mes de agosto nuevamente se ve al Manto como el órgano con más concentración de plomo en peso seco. Y por último en el mes de septiembre la concentración máxima se encontró en el organismo completo.

La tabla 2 también indica los parámetros estadísticos aplicados a los datos obtenidos. En esta, se observan la Media, Desviación Standar, Varianza, así como concentraciones máximas y mínimas. Se puede ver que la concentración media máxima de plomo (2.39 ug Pb/g en peso seco) corresponde a la parte blanda del Organismo Completo, y la más baja correspondió al Remanente (0.22 ug Pb/g en peso seco).

Se presentan en las gráficas 1 a 7 los valores de concentración y su comportamiento a lo largo de todos los meses de colecta, en cada uno de los órganos disecados, los resultados se presentan en ug/da Pb/g en peso seco, por cada mes. La gráfica 8 muestra en resumen la totalidad de todas las gráficas para ver el comportamiento que se sigue a lo largo del periodo de estudio.

La gráfica 1 muestra la variación de la concentración de

plomo para las Branquias de Chione californiensis de marzo de 1989 a septiembre del mismo año. Se advierte un máximo incremento en el mes de abril, seguido de una disminución durante el mes de mayo, después se vuelve a incrementar (junio), disminuye nuevamente en julio y finalmente se mantiene ligeramente constante durante los últimos meses del verano.

En la gráfica 2 observamos la concentración de plomo en el Manto, aquí podemos ver que en abril y junio se presentan las máximas concentraciones, mientras que en el verano se mantienen constantes. también podemos observar que en la primera colecta de julio se presenta una disminución en los niveles de concentración de plomo.

En la gráfica 3 se presentan los valores de concentración de plomo en el Pie, existe una tendencia constante en la mayor parte de la primavera (marzo a junio), excepto para el mes de mayo, donde ocurre la concentración más baja. La segunda colecta de julio registró una ligera disminución, sin embargo durante todo el verano se presenta un aumento gradual que se mantiene constante hasta principios de otoño (septiembre).

La gráfica 4 describe la concentración de plomo en el Aparato Digestivo, en ella se observa que en marzo ocurre el punto máximo de concentración, después, durante la primavera se registra una disminución con el valor más bajo ocurrido en mayo. En el mes de julio (principios del verano) la tendencia

de los valores de concentración a finales del verano y principios de otoño se mantienen similares a los del mes de marzo.

En la gráfica 5 se presenta el comportamiento del plomo en el Músculo Aductor, se observa que durante la primavera las concentraciones obtenidas se mantiene por debajo de 1 ug/g, mientras que en junio (finales de la primavera) se registra el pico más alto, después hay una disminución en el mes de julio, sin embargo durante el verano (finales de julio, agosto y septiembre) las concentraciones aumentan gradualmente, alcanzando el pico máximo de concentración en el mes de septiembre.

Para la gráfica 6, concentración de plomo en el Remanente, se observa que en primavera y verano, exceptuando septiembre los valores caen por debajo de 1 ug/g y en septiembre alcanza 1.6 ug de Pb/g en peso seco. La gráfica 7 presenta la concentración de plomo en el Organismo Completo. En la primavera (abril) se alcanza el valor máximo, inmediatamente en el mes de mayo hay una disminución con un valor mínimo en mayo, posteriormente al inicio del verano se da otro incremento que llega 1.3 ug/g, en el mes de julio y agosto los valores son por debajo de 1 ug/g y finalmente en el mes de septiembre la concentración se dispara hasta 2.39 ug de Pb/g en peso seco.

Por último la gráfica 8 indica la tendencia que siguen las concentraciones de plomo en todos los órganos, en ella podemos ver claramente dos picos máximos de concentración en todos los órganos el primero ocurre en el mes de abril con valores entre 0.8 y 1.4 ug/g. y el segundo en el mes de julio con valores de 0.6 a 1.4 ug de Pb/g en peso seco, exceptuando el Pie y el Músculo Aductor. También se puede observar que durante el mes de septiembre (finales del verano) la concentración de plomo es más alta en la mayoría de los órganos, y los valores caen dentro de los de 0.9 a 2.39 ug de Pb/g en peso seco, este último valor se encuentra demasiado alejado del valor medio. Así mismo en mayo las concentraciones de todos los órganos fueron las más bajas, mientras que en junio y la segunda colecta de julio los valores permanecen constantes.

Para saber si existía diferencias significativas en las medias de concentración de plomo de cada uno de los órganos, fue necesario someter los datos a un procedimiento estadístico, el cual relaciona el número de tratamientos (órganos) contra el número de colectas. Dicho procedimiento es el Análisis de Varianza (ANOVA) que incluye una prueba F, la cual establece dos hipótesis: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. Estas hipótesis, matemáticamente quedan como sigue:

$$H_0: M_{abs 1} = M_{abs 2} = \dots = M_{abs 9}$$

H_a : Al menos una M_{abs} sea diferente.

Donde: H_0 = Hipótesis nula.

H_a = Hipótesis alternativa.

$M_{abs X}$ = Media absoluta de las concentraciones de plomo.

Con un 5% de significancia, se tiene un valor teórico de $F = 2.41$ que representa el límite superior del área bajo la curva. Este valor, que es obtenido de tablas según $F (0.95, K-1, N-K)$ donde el valor de K es igual al número de órganos tratados, y N es el número total de datos.

La F experimental fue de 2.016, este valor está dentro del área sombreada, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. esto es, se acepta que ninguna de las medias absolutas es diferente de las demás (Tabla 3).

FUENTE	G. L.	SUMA DE CUADRADOS	C. M.	F. CALCULADA	F. TEORICA
TRATAMIENTO	7-1:6	52.2525-50.1690:2.0829	0.347	2.016274	0.99, 6, 48: 2.41
BLOQUES	9-1:8	53.5158-50.1690:3.3460	0.418		
ERROR	618:48	13.6963-2.0829-3.3460:8.24	0.172		
TOTAL	63-1:62	63.86-50.169:13.6935			

TABLA 3 ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)

VI DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS

Los principales contribuyentes a la contaminación por plomo como ya se mencionó, son los procesos industriales relacionados con productos químicos, obtención de papel, plásticos, fertilizantes y cementos, (16). En la Bahía de La Paz, B.C.S. son vertidos una cantidad cada vez mayor de desechos de este tipo, ocasionados en gran parte por algunas industrias establecidas en la ciudad o en las cercanías de esta, entre ellas se encuentran, instalaciones de depósitos de petróleo, industria de cemento, así como los trabajos de remozamiento y pintado de las embarcaciones. Tomando en consideración esto, se explica en cierta forma las concentraciones de plomo obtenidas en la almeja Chione californiensis.

En el comportamiento del plomo (gráfica 8) se observa que los valores mínimos de concentración a lo largo del año se encuentran por debajo de 1 ug de Pb/g en peso seco durante la primavera (abril y mayo) mientras que los valores máximos de concentración se registraron en verano (julio y agosto), se cree que estos están en función de la climatología del lugar y de los fenómenos meteorológicos que sucedieron, ya que un decremento en la temperatura durante la primavera, (Fig 6), coincide con los valores de concentración mínima, de igual forma los valores máximos de temperatura se registraron en

verano, coincidiendo con los registros de concentración alta de plomo durante esta misma estación.

Es sabido que la temperatura del ambiente influye en el metabolismo y a su vez en la tasa de filtración de estos organismos, pudiendo originar un aumento en la concentración de metales pesados. Por otra parte un decremento en el aporte de agua (vía precipitación pluvial) correspondió con un decremento en la concentración de plomo. El régimen de lluvias es un factor importante pues sabemos que estas propician el lixiviado de materiales, los cuales son llevados hasta el cuerpo de agua, más aún si se toman en cuenta las actividades agrícolas que se desarrollan en las cercanías de la bahía.

También es importante hacer notar que el incremento en la concentración de plomo ocurrida en verano se debió probablemente a la influencia de los vientos, los cuales provocan el movimiento de los sedimentos y consecuentemente una mayor disposición del plomo en la columna de agua. Por otro lado hay que considerar que el viento puede arrastrar partículas de metales que se encuentran en los polvos de los depósitos y sitios de almacen de Petróleos Mexicanos, así como de las maniobras de descarga y dragado del puerto, posiblemente ha esto se deba el haber obtenido concentraciones más altas de plomo en esta época.

El comportamiento del plomo depende además de los procesos de especiación del metal en el agua, ya sea que se

encuentren en forma disuelta, coloidal o adherida a materiales en suspensión, como materia orgánica y en formas químicas variadas, según las características físicas y químicas predominantes en el sistema, (44).

Por otro lado las partículas presentes en la atmósfera son precipitadas con la lluvia. Debido a los polvos, producidos por la fabrica de cemento, por la combustión de petróleo, en la atmósfera se presentan concentraciones de plomo, que pueden viajar varios kilometros antes de ser precipitados por la lluvia. Aunque entre estaciones no se manifiesten diferencias significativas, las fluctuaciones que presentaron las concentraciones de plomo, con respecto a los valores máximos y mínimos podrian explicarse por la amplia variabilidad ambiental que se presenta en los sistemas costeros y en particular en la Bahía de La Paz, B.C.S. que muestra una hidrodinámica fluctuante en ciclos de tiempo muy cortos.

La concentración de metales pesados en un organismo acuático dependen tanto del metal (Biodisponibilidad) como del organismo, en cuanto a sus hábitos de alimentación, migración, dinamismo y metabolismo, (45), quizá se deba a ello el que se hayan presentado algunas diferencias en las concentraciones de plomo en Chione californiensis.

Un factor determinante en la concentración de metales puede ser el tipo de alimento, por ello es necesario analizar contenidos estomacales en los organismos. Un estudio realizado por Ochoa-Solano (en 1973), en la ciudad de

Coatzacoalcos (45) en A. melanopus, señalo que la mayor concentración de plomo ocurrió en el contenido estomacal (5.56 ppm) más que en el músculo (0.05 ppm) y el organismo completo (2.85 ppm) lo cual conduce a pensar que la principal vía de entrada de los metales, es por medio de los alimentos, pero la distribución en los tejidos depende o va a depender, quizás, de la capacidad de absorción y excreción del organismo. Aunque este estudio se realizó en peces, esto puede tomarse como referencia para trabajos en los que se utilizaron bivalvos como es el caso.

El comportamiento de los metales presentes en los organismos depende además del almacenamiento y la eficacia de su sistema de regulación o detoxificación, (44). Así tales estrategias fisiológicas y bioquímicas pueden diferir ampliamente (46), provocando que las concentraciones de metales pesados varíen de especie a especie, también existe variación dentro del mismo organismo, entre tejido y órganos debido a la diferente afinidad de los metales por órganos específicos como sucede en los peces (46).

Por lo que respecta a la distribución de las concentraciones de plomo en cada uno de los órganos disecados, se presentaron algunas diferencias que aunque no son significativas estadísticamente pueden tener cierta importancia biológica. El análisis de varianza no presentó una diferencia estadísticamente significativa a 0.99 % de nivel de confianza entre las concentraciones de plomo en los órganos. Sin embargo como se puede observar en la tabla 2 el

manto, el músculo adáctor y el aparato digestivo presentan los valores más altos con respecto a las branquias, pie remanente y organismo completo.

Algunos estudios han demostrado que la distribución de metales en diferentes órganos, se debe probablemente a la función de cada órgano, el grado de exposición al ambiente y las características de contaminación que presenta la zona (28).

La concentración de plomo que se registró en las branquias, se debe quizás, a que este órgano desempeña importantes funciones de alimentación y respiración que son llevadas a cabo mediante la filtración, que es la forma de alimentación básica de los bivalvos esto favorece la absorción del metal a través de la ingestión de los alimentos, (36).

Las concentraciones de plomo que se registraron en el manto, podrían ser explicadas con base en que éste órgano es el responsable del crecimiento de la concha y entre sus muchas funciones destaca principalmente la de secretar CaCO_3 , una vez secretado quizás sea sustituido por PbCO_3 favoreciendo la acumulación del metal (36).

Por otro lado el pie presentó concentraciones de plomo bajas, esto puede deberse a que en dicho órgano la asimilación de plomo sea menos activa, que la de los demás órganos disecados.

En el músculo aductor se presentaron concentraciones promedio de plomo altas, probablemente debido a que existe una mayor superficie de contacto con el ambiente, debido a que éste músculo se encarga entre otras cosas de realizar los mecanismos de abrir y cerrar las valvas.

Para el aparato digestivo la concentración de plomo es alta, ligeramente menor que en el músculo aductor, esto podría explicarse con base en la acumulación, la cual es más depurada, por medio de la ingestión de iones en el alimento o en combinación con materia particulada o mucus e incluso por absorción en la pared intestinal (20).

Mientras que en el remanente y en el organismo completo (parte blanda) la concentración de plomo fue baja, probablemente se deba a alguna de las razones antes mencionadas. Por otro lado la tendencia que se observa en la concentración de plomo a lo largo del período de colecta esta justificada por la influencia que tienen los factores alimenticios, además coincide con que las concentraciones mayores suceden en el período de verano. Así mismo, podemos observar que las concentraciones de plomo en los órganos con 1 ug/g en peso seco fue mayor que en la parte blanda del organismo completo con 5 ug/g en peso seco, lo cual coincide con otros estudios realizados (36).

Es necesario hacer incapie que dependiendo de la forma química del metal, su grado de acumulación y la vulnerabilidad de diferentes sistemas enzimáticos, pueden diferir los efectos

tóxicos que los metales pesados pueden provocar sobre las almejas en concentraciones elevadas, así el plomo puede provocar en las almejas y organismos acuáticos, distrofia muscular, disminución en la velocidad del crecimiento, retraso en la madurez sexual y efectos secundarios de inanición, (37).

En los organismos capturados no se apreciaron daños visibles, probablemente porque las concentraciones de plomo, pueden tener un papel modificador en la acumulación de los metales pesados en los organismos; porque la acción protectora de algunos cationes como magnesio y calcio influyen en la toxicidad de los metales pesados compitiendo por los sitios celulares de enlazamiento. Además de que las concentraciones de plomo encontradas en estos organismos no fueron tan elevadas como para manifestar daños visibles, (37).

Otra posible causa es que las concentraciones y el tiempo en que han estado sometidas las poblaciones de almejas a los contaminantes no ha sido lo suficiente para producir malformaciones evidentes dentro de las poblaciones que podrían confirmarse a través de muestreos más prolongados.

Tomando en cuenta que la bioacumulación se refiere no solo a la capacidad de concentrar un contaminante, sino de incorporarlo a los tejidos a través de fenómenos metabólicos, de tal manera que en cierto tiempo la concentración del contaminante es mayor que la del medio que rodea al organismo, (37). Se cree que los metales se concentran más en las tallas chicas, porque los organismos en las etapas de crecimiento

tienen su metabolismo más activo y por lo tanto el grado de absorción de los nutrientes (a los cuales se adicionan los metales pesados por su carácter divalente) es mayor que en los organismos de tallas grandes. Además el contenido de metales pesados en organismos, no es un valor constante sino un valor sujeto a variantes como: cambio de salinidad, dureza, temperatura, pH, presencia de otros metales y agentes complejos, deficiencias en los alimentos, capacidad de excreción, acumulación y regulación, tolerancia de las diferentes especies y diferencias de tallas.

Por otro lado, se considera que un organismo puede ser capaz de perder metales si se le coloca en un lugar no contaminado como en el caso de los peces, (38), podría ser que Chione californiensis ha pesar de ser un organismo que la mayor parte de su vida es sedentario, podría realizar pequeñas migraciones en estado adulto, (38), se sometan a una "purga", en este caso a la entrada de la bahía donde se realiza el mayor movimiento de aguas, pudiendo eliminar o disminuir los metales pesados (según la capacidad de excreción de los organismos) ya que en estas circunstancias es más probable que contenga menos cantidades de este metal (plomo) que las aguas de la Bahía de La Paz, B.C.S., la cual podría funcionar como una trampa de nutrientes y contaminantes.

El efecto inmediato de los contaminantes -detectables solamente a largo plazo- se evidencia en la disminución de las poblaciones de los organismos, (45), hecho que ha sido observado en la Bahía por las Industrias Pesqueras, quienes

argumentan que la disminución en la captura de ciertas especies, que en años anteriores fueron abundantes, se atribuye quizás al aumento de la cantidad de desechos vertidos al sistema.

Las concentraciones de elementos tóxicos en los organismos en la mayoría de los casos, son subletales, es decir les ocasionan trastornos en el metabolismo, reproducción y conducta, también a largo plazo, por eso es que llegan inarvertidamente al hombre, como sucedió en los años 60 en Minamata (Japón), (46), donde se evidenció el envenenamiento de personas por ingerir pescados, aparentemente sanos, contaminados por mercurio.

El problema representa un peligro potencial con contaminantes altamente persistentes, como son los metales pesados, ya que el sistema acuático, por su propia naturaleza contiene sedimentos de grano fino (limos y arcillas) los cuales contienen o retienen concentraciones de metales, más altos que los de grano grueso, (55), actuando de esta manera como reservorios de contaminantes, disponibles a los organismos acuáticos que en su mayoría son capturados de manera comercial, formando parte en la dieta de numerosas familias. De ahí que la importancia del control y prevención de la contaminación, radica en el hecho de que no solo significa un deterioro de las condiciones naturales, sino de la salud humana.

A pesar de que la Bahía esta muy lejos de presentar

efectos irreversibles por los impactos ambientales a los que es sometida, hasta ahora de las investigaciones hechas en esa región se concluye que no existe un estudio que diagnostique y proponga medidas que ayuden a reducir o a eliminar los problemas de contaminación debido a que los estudios (publicados) son pocos y los que se refieren al estado sanitario no son suficientes, ya que o se generan sobre bases aisladas, o se realizan en un periodo de estudio muy corto poco representativo, debido a que no se cuenta con la infraestructura necesaria para realizar determinaciones de contaminantes como metales pesados.

El presente estudio, representa una contribución parcial al conocimiento del estado sanitario actual de la almeja Chione californiensis, éste conduce a suponer que por la presencia de plomo en los organismos por encima de los niveles considerados como aceptables, ya es necesario plantear con urgencia el control de las fuentes de emisión y actuar inmediatamente afrontando la amenaza de los efectos sobre la salud humana.

Debido a que el fenómeno de la contaminación se podría convertir en un problema de mayores alcances, es necesario realizar estudios integrales sobre los principales contaminantes, no solo en la almeja sino también en el agua y sedimentos de la bahía y zonas cercanas a esta, haciendo una comisión permanente de monitoreo y vigilancia con el fin de evaluar a tiempo su impacto y proponer tendencias a reducir este problema, en forma latente, potencial o evidente ya que

también afecta grandes áreas costeras del país.

Como se mencionó anteriormente el presente trabajo representa solo parte de un estudio global de la cuantificación de metales pesados (entre ellos el plomo) en la almeja, se pretende un proyecto a largo plazo, con el monitoreo de esta especie utilizada como bioindicador de contaminación.

A la fecha los resultados obtenidos en este estudio pueden compararse con los obtenidos por Uribe, et.al. (56) quienes hicieron la cuantificación de plomo en Chione californiensis en el período de febrero a septiembre de 1988. En este estudio se encontró que el manto y las branquias presentaron la mayor concentración de plomo, también se observó que en la mayoría de los resultados las concentraciones de plomo fueron rebasadas por arriba de 1 ug de Pb/g en peso seco, cantidad como ya se mencionó se considera como el límite permisible para especies marinas de este tipo (56).

Las concentraciones de plomo obtenidas en todos los órganos fluctuaron entre 2.25 y 0.04 ug de Pb/ en peso y no se obtuvieron diferencias significativas entre las medias de las concentraciones de los órganos.

Comparando los resultados de 1988 y 1989 podemos concluir que en ambos estudios las branquias, manto y aparato digestivo presentaron la mayor concentración de plomo probablemente debido a su actividad fisiológica y a los

procesos en los que se encuentran involucrados, además de la interacción que ejercen estos tejidos con el medio ambiente.

También en ambas colectas se observó que es en el verano donde se registra el máximo incremento de concentración de plomo por lo que probablemente se deba a la época reproductiva de la almeja además de los factores climáticos y meteorológicos de la bahía.

VII CONCLUSIONES

Las características hidrológicas de la Ensenada de la Paz están determinadas por la climatología y meteorología del lugar, así como por los ciclos de mareas, que hacen que los contaminantes cambien de un lugar a otro, lo que genera que el sistema sea un complejo ambiental heterogéneo difícil de entender tanto espacial como temporalmente.

Los vientos característicos de la época pueden jugar un papel determinante en la concentración de Plomo, primeramente en el agua y después en la biósfera, ya que este metal se encuentra en los polvos generados por los depósitos de Petróleos Mexicanos localizados en las cercanías de la Bahía.

La concentración de Plomo puede variar dependiendo del organismo dadas las características biológicas (alimentación, reproducción, fisiología) de cada una de ellos, además de su capacidad para absorber el metal, excretarlo, almacenarlo y regularlo.

Los tejidos de Chione californiensis presentan acumulación preferencial en el aparato digestivo, manto y músculo aductor debido probablemente a su actividad biológica y fisiológica y de los procesos en los que se encuentran involucrados, así como por la interacción de estos tejidos en el medio.

La principal vía de entrada del Plomo en este organismo es la alimenticia, más que la absorción a través de la superficie corporal ya que las concentraciones de Plomo fueron menores en el pie, branquias y remanente.

En cuanto a la variación estacional, los factores ambientales en su conjunto tuvieron influencia en el incremento de las concentraciones registradas en verano para algunos de los órganos, lo que quizás pueda deberse a que coincidieron con la época de lluvias, sistema de corrientes y el régimen de temperatura.

El Plomo, al haber rebasado por lo menos en dos ocasiones siempre los límites permisibles en gran porcentaje, es ya motivo de gran preocupación debido a sus características de alta persistencia y toxicidad, tanto para las especies acuáticas como para el hombre.

El límite máximo adoptado por la OMS es de 1 ug de Plomo/g en peso seco para todas las especies económicamente importantes; sin embargo, la mayoría de las concentraciones de Plomo en este bivalvo, durante el periodo de estudio, rebasaron este límite.

Resulta evidente la necesidad de iniciar lo más pronto posible labores y trabajos de investigación planeados, íntegramente encaminados a diagnosticar y determinar el estado

sanitario actual de la almeja, proponer medidas de prevención y regulación del deterioro con base en la evaluación del impacto ambiental, que sobre las comunidades naturales se ha y se sigue ejerciendo, con el propósito de proponer un Plan de Recuperación de la zona.

VIII SUGERENCIAS

Para dar una idea más completa del estado sanitario en que se encuentra la Ensenada de la Bahía de la Paz, B. C. S. así como la almeja Chione californiensis es necesario realizar un estudio integral en el que se contemple además de lo considerado en este trabajo lo siguiente:

- 1.- Determinar la concentración de Plomo en el agua de la Bahía así como en los sedimentos.
- 2.- Determinar parámetros físicos y químicos del agua.
- 3.- Determinar abundancia, distribución y frecuencia de los organismos.
- 4.- Establecer la relación de las diferentes categorías de talla con la concentración de metales pesados en los organismos.
- 5.- Establecer la relación de parámetros físicos y químicos con los metales pesados en el agua y organismos, así como su relación con la abundancia de estos.
- 6.- Determinar fosfatos para tener conocimiento de los nutrientes principales.
- 7.- Determinar dureza del agua (Calcio y Magnesio) ya que esta influye en la toxicidad de los metales pesados.

8.- Determinar metales pesados mediante métodos de polarografía para conocer, además de la concentración del elemento en cuestión, su estado de oxidación, el cual servirá para conocer su toxicidad.

9.- Determinar el contenido estomacal de los organismos para analizar si sus hábitos alimenticios son los que marcan la diferencia en la concentración de los metales entre las especies.

10.- Determinar metales pesados a nivel histológico para establecer su patología.

11.- Se recomienda tomar un mayor número de muestras por cada colecta, para obtener mayor representatividad del muestreo, lo cual se reflejaría significativamente en los resultados del análisis estadístico.

12.- Determinar los beneficios sociales y ecológicos de un plan de regulación y saneamiento ambiental de la zona, con base en una análisis de potencialidad del uso de los recursos.

13.- Identificar y monitorear posibles fuentes de contaminación dentro de la zona periférica.

IX BIBLIOGRAFIA

1. Kabata-Pendias, A., 1979. La agresión química de la biósfera. Scientific American. 321: 71-82 .

2. Grandes Temas, Colección Salvat. Salvat, M.,1974. La contaminación. Salvat editores. Barcelona, Vol. I, p.31-63.

3. INGGO, et al.,1980. Bioacumulación de metales pesados y plaguicidas en especies acuáticas de importancia económica. SARH. Direc. Gral. de Protección contra la Contaminación. SRH, México. 160 p.

4. Odum, W. E., 1970. Insidious alteration of the estuarine enviroment. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 836-847.

5. Mandelli, E., 1970. Investigación y vigilancia de la contaminación por los metales pesados. En: Comisión Intergubernamental Oceanográfica. Contribuciones enviadas por conferencistas autores y participantes de la reunión internacional de trabajo COI/FAO/PNUMA sobre contaminación marina en el caribe y regiones adyacentes.

6. Bounicore, A. 1980. Air Pollution Control. Chim. Eng. Junio 4: 34-36.

7. Mitrovic, V.V., 1972. Sublethal effects of pollutants on fish. In: Ruivo. Ed. Marine Pollution and sea life FAO. Fish. New, pp. 252-256.

8. Halstead, B. W., 1972. Toxicity of marine organism caused by pollutants. In Ruivo (Ed) Marine pollution and sea life, FAO. Fish. news. 1972:584-593.

9. González, H. J., 1982. Tipos y efectos de los contaminantes en los organismos acuáticos, CIECCA, SARH, Tema X.

10. Spaargaren, D. H.. 1985. Elemental composition and interrelation between element concentration in Marine Finfish, molluscs and crustaceans, Netherlands, J. Sea Res.. 19(1):30-37.

11. Jernelov, A.. 1976. Pesticidas permanentes y metales pesados, Lab. de Inv. de la contaminación del agua y aire de Estocolmo Suecia. 45-48 pp.

12. Gutierrez-Galindo, E.A. 1982. Comentario sobre el metabolismo de metales pesados en organismos marinos. Instituto de Investigaciones Oceanográficas. Ensenada, B.C.S., México, Ciencias Marinas 8(1)765-776.

13. Pérez, Zapata, A. J. y Deleón, I., 1987. Cuantificación de metales pesados en ostiones Casostrea virginica de las lagunas litorales de Tabasco, Mem. del VIII, Congreso Nacional de Zoología, 1:283-295.

7. Mitrovic, V.V., 1972. Sublethal effects of pollutants on fish. In: Ruivo. Ed. Marine Pollution and sea life FAO. Fish. Now, pp. 252-256.

8. Halstead, B. W., 1972. Toxicity of marine organism caused by pollutants. In Ruivo (Ed) Marine pollution and sea life, FAO. Fish. news. 1972:584-593.

9. González, H. J., 1982. Tipos y efectos de los contaminantes en los organismos acuáticos, CIECCA, SARH, Tema X.

10. Spaargaren, D. H.. 1985. Elemental composition and interrelation between element concentration in Marine Finfish, molluscs and crustaceans, Netherlands, J. Sea Res.. 19(1):30-37.

11. Jernelov, A.. 1976. Pesticidas permanentes y metales pesados, Lab. de Inv. de la contaminación del agua y aire de Estocolmo Suecia. 45-48 pp.

12. Gutierrez-Galindo, E.A. 1982. Comentario sobre el metabolismo de metales pesados en organismos marinos. Instituto de Investigaciones Oceanográficas. Ensenada, B.C.S., México, Ciencias Marinas 8(1)765-776.

13. Pérez, Zapata, A. J. y Deleón, I., 1987. Cuantificación de metales pesados en ostiones Casostrea virginica de las lagunas litorales de Tabasco, Mem. del VIII, Congreso Nacional de Zoología, 1:283-295.

14. Váldes, Z.F., 1970. Contaminación de las aguas de mar y sus efectos en los recursos vivos y la pesca. Ministerio de Pesquerías, Lima. 28 pp.

15. Chisolm, J. J. 1971. Lead Poisoning. Scientific American 224: 5-23

16. Organización Panamericana de la Salud. 1989. Plomo. OPS, OMS/EPA, Whashington, D.C., U.S.A. 169 pp.

17. Osuna, L. J., Ortega, R.P. y Páez, D. E. 1986. Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn en los sedimentos del puerto y antepuerto de Mazatlán, Sinaloa, México. Ciencias del Mar 12(2):35-45.

18. Spaargaren, D. H., 1985. Elemental composition and interrelation between element concentrations in Marine Finfish, mollusc and crustaceans, Netherlands, J. Sea Res. 19(1):30-37.

19. Leatherland, T.M. and J.D. Burton, 1974. The occurrence of some trace metal in coastal organism with particular reference to the solent region. J. J, Mar. Biol, As. U.K. 54:457-468.

20. Schulz-Baldes, M. 1974. Lead Uptake from sea water and food and loss in the common mussel Mytilus edulis, Marine Biology 25(2): 177-193.

21. Huang, W., 1984. Lead cycling in estuaries: illustrated by the Bionde estuary, France, Nature, 308(5958):409-414.

22. Brooks, R. R. and G. Rumsby, M. 1965. The Biogeochemistry of trace elements. Uptake by some New Zeland Bivalves. Limnology and Oceanography 10(4):524-527.

23. Bryan, G. W., 1976. Some aspects of heavy metal tolerance in acuatics organism, J. Mar. Biol. Ass. U.K., 63(1):7-21.

24. Schwimer, R. S., 1974. Trace Metal Levels in the Subtidal Invertebrates. The Veliger 16: 95-102.

25. Graham, D. L., 1972. Trace metal levels in intertidal molluscs of California. Veliger, 14(4):365-372.

26. Romeo, M. and Gnaesia-Barelli. 1988. Donax trunculus and Venus verrucosa as bioindicator of trace metals concentrations in Mauritanian Coastal Waters. Marine Biology. 99(2):223-227.

27. Phillips, D.J.H., 1976. The common mussel Mytilus edulis as and indicator of pollution by zinc, cadmio, lead and copper. I. Effects of enviromental variables on uptake of metals. Marine Biology. 38:59-69.

28. Reynoso, A. et al.. 1988. Distribución de metales pesados en la costa occidental de la península de Baja California usando Mytilus californianus como organismos centinelas. *Cienc. Mar.* 14(4):101-106.

29. Martínez, C. R. 1987. Abundancia y distribución de la almeja Chione fluctifraga en distintos tipos de sedimentos en el estero de La Cruz, Sonora, México. *Ciencias del Mar* 13(2):25-33.

30. Barnes, R., 1984. Zoología de invertebrados. ed. Interamericana, México, D. F. , pp. 725-740.

31. Morales, R.E. y Cabrera, M. H. 1987. Los Municipios de Baja California Sur. Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de Gobernación.10-14 p.

32. Castillo, G. L. Artega, M. M. 1991. Curso teórico-práctico que se ofrece a estudiantes, pasantes y egresados de la carrera de Biología, sobre Espectrofotometría de absorción atómica. UNAM, ENEP-Zaragoza, México. pp.41.

33. Molina, B.G. 1979. Salud y Plomo. *Gaceta Médica de México.* Vol.115:2. Revista quincenal. Organismo Académico de Medicina.

34. Perkin-Elmer. 1982, analytical methods for atomic absorption spectrophotometric. U.S.A.

35. Katalin, V. B. 1988. Heavy metal pollution from a point source demonstrated by Mussel (Punio pictorum) at lake Balaton. Hungary. Environmental Contamination and Toxicology. 41:910-914.

36. Manticnic, D., et al. 1984. Trace Metals in select organism from Adriatic sea, Mar. Chem., 22(2-4):207-220.

37. Latouche, Y. D. and Mix, J.L., 1981. Seasonal variation in soft tissue weights and trace metal burdens in the bay mussel Mytilus edulis, Bull. Env. Conc. Tox., 27(6):821-828.

38. Belevins, R.S. and Pancorbo, O.C. 1985. Metal concentration in muscle of fish from acuatic system in east Tennessee, U.S.A.. research Pollution. 12:361-371.

39. Salgado, Ugarte, I.H. 1991. El análisis exploratorio de datos en las poblaciones de peces. Fundamentos y aplicaciones. UNAM. E.N.E.P. Zaragoza. pp.112.

40. Rivera, Benitez, J. 1990. Estadística descriptiva y análisis de datos. UAM. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Depto. de Sistemas. pp.336.

41. Márquez de Cantá, M.J. 1988. Probabilidad y bioestadística para ciencias químico biológicas. UNAM. E.N.E.P. Zaragoza. pp 657.

35. Katalin, V. B. 1988. Heavy metal pollution from a point source demonstrated by Mussel (Punio pictorum) at lake Balaton. Hungary. Environmental Contamination and Toxicology. 41:910-914.

36. Manticnic, D., et al. 1984. Trace Metals in select organism from Adriatic sea, Mar. Chem., 22(2-4):207-220.

37. Latouche, Y. D. and Mix, J.L., 1981. Seasonal variation in soft tissue weights and trace metal burdens in the bay mussel Mytilus edulis, Bull. Env. Conc. Tox., 27(6):821-828.

38. Belevins, R.S. and Pancorbo, O.C. 1985. Metal concentration in muscle of fish from aquatic system in east Tennessee, U.S.A.. research Pollution. 12:361-371.

39. Salgado, Ugarte, I.H. 1991. El análisis exploratorio de datos en las poblaciones de peces. Fundamentos y aplicaciones. UNAM. E.N.E.P. Zaragoza. pp.112.

40. Rivera, Benítez, J. 1990. Estadística descriptiva y análisis de datos. UAM. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Depto. de Sistemas. pp.336.

41. Márquez de Cantú, M.J. 1988. Probabilidad y bioestadística para ciencias químico biológicas. UNAM. E.N.E.P. Zaragoza. pp 657.

42. Vinogradov, A. P., 1953. The elementary composition of marine organisms. Sears. Found. Marine Res. Mem. 2, New Haven. 647 p.

43. Cabanillas, S. J., Barajas, V. A. et al., 1991. Estudio poblacional de la almeja Chocolate, en Punta Coyote, Bahía de La Paz, B.C.S., México. Cien. Pesq. Inst. Nal. Pesca. Sria. de Pesca, México (8):1-125.

44. Bryan, G. .1971. The effects of heavy metals other than mercury on marine and estuarine organisms. Proc. Royd. Soc. Lond. 177:389-410.

45. Villanueva, F.S., Botello, V. A. et al.. 1987. Evaluación de metales pesados en los sedimentos y organismos del río Coatzacoalcos y áreas adyacentes, Ver., Méx., Tesis profesional ENEP-Zar. UNAM. 70p..

46. Pereira, B.M. y Nefussi, M. 1986 Aspectos toxicológicos de agentes químicos, México. ECO (Metepec), 114 p.

47. Albert, A.L. 1989. Curso básico de toxicología ambiental Org. Mundial de la salud. OMS/EPA. Whasginthon, D.C. 85 pp.

48. Batley, G.E. División de Energía Química; CSIRO.1987. Heavy Metal Spectiation in Waters, Sediments and Biota from Lake Macquaire, New South Wales Australia. Australiant Journal of Marine and Freshwater Research. 38(5).591-606.

49. Bourogoin, B.P.; Risk, M.J.; Aitkan, A.E. 1991. Enviromental Resorce Studies Program. Trent. Univ. Peterbourght, Ontario, Canada. Factors Controlling Lead Availability to the Deposit-Feeding Bivalve *Macoma baltica* in Sulfide Sediments. 32(6).1991,625-632.

50. Chu, K.H.; Cheung, W,M; Lau, S.K, 1990. Biology Department; Chinnese University of Hong Kong. Trace Metals in Bivalve and Sediments From Tolo Harbour Hong Kong. Enviroment International. 16(1).31-36.

51. Larrouis, E.S; Balagot, H; Villaflor, A.C; Sánchez, F.C.1989. Lead Cadmium and Mercury Contents of Bivalves Collected during the Different seasons of the year. Food Res. Program, Natl. Inst. SCI. Technol., Dost SCI. Complex, Bicutan, Philippines. Food Chemistry. 32(4).239-256.

52. Sullivant, P.A; Robinson, W.E; Morse, M.P. 1988. Subcellular Distribution of Metals Within the Kidney of the Bivalve Mercenaria mercenaria. Edgerton Res. Lab., New Engl., Acuarium, Central Wharf, Boston. U.S.A. Comparative Biochemistry and Physiology C. Comparative Pharmacology and Toxicology. 91(2). 589-596.

53. Campos N.H. 1988. Determination of Heavy Metals in Iqsoqnomon-bicolor in Santa Mata Bay. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas del Puerto de Punta Bertin. Colombia. (17).155-162.

54. Nelson, D.A.; miller, J.E.; Calabrese, A.. 1988. Effect of Heavy Metals on Bay Scallops Surf Clams and Blue Mussels in Acute and Long-Term Exposure. National Marine Fisheries Serv., Northeast Fisheries Cent. Archives Enviromental Contamination and Toxicology. 17(5).595-600.

55. Kroencke, I; 1990. Lead and Cadmiun contents in selected Macrofauna species from the Dogger Bank and the Eastern North sea. Helgolander Meersuntersuchungen Helgol Meresunters 41(4).465-476

56. Uribe, H.R. y Vega, B.M. 1990 Cuantificación de la concentración de plomo en la almeja Chione californiensis de la Ensenada de la Bahía de La Paz, B.C.S. durante el periodo comprendido entre febrero y septiembre de 1990. Tesis. UNAM. ENEP Zaragoza pp.77.