

35  
20/11/88



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
ZARAGOZA**

**CUANTIFICACION DE LA CONCENTRACION DE PLOMO  
EN LA ALMEJA Chione californiensis, DE LA ENSE-  
NADA DE LA PAZ B. C. S., MUESTRAS DE  
MARZO - AGOSTO DE 1988.**



**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**B I O L O G O**

**P r e s e n t a n :**

**Vega Barrita María Luisa**

**Uribe Hernández Raúl**

Director: Dra. Aura Judith Pérez Zapata



México, D. F.

1990

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## C O N T E N I D O

INTRODUCCION . . . . .	1
ANTECEDENTES . . . . .	18
LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO . . . . .	21
OBJETIVOS. . . . .	27
MATERIAL Y METODOS. . . . .	29
RESULTADOS . . . . .	31
DISCUSION. . . . .	44
CONCLUSIONES . . . . .	51
RECOMENDACIONES. . . . .	53
BIBLIOGRAFIA CITADA . . . . .	55
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA . . . . .	61
ANEXOS . . . . .	66

## RESUMEN

El presente trabajo se efectuó con muestras de la almeja *Chione californiensis* colectadas durante el periodo comprendido de marzo a agosto de 1988, con un total de 8 colectas, con doble colecta en mayo y julio, en un banco de dicho organismo en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur.

En el estudio se cuantificaron las concentraciones de plomo presentes en el organismo mencionado tanto en la parte blanda total como en algunos órganos por separado (bránquias y palpos labiales, manto, músculo aductor, pie, aparato digestivo y el resanante de la disección). Para establecer la variación de las concentraciones en dichos órganos, así como las variaciones de las concentraciones en el tiempo y la posible influencia de algunos factores ambientales y climáticos en las mismas.

Se obtuvieron en los órganos, de forma global, las concentraciones de plomo obtenidas fluctuaron entre 2.25 y 0.04  $\mu\text{g/g}$  de peso seco.

Se observó una tendencia a incrementarse las concentraciones durante el periodo de verano.

No se presentó una diferencia estadísticamente

significativa a 0.99% de nivel de confianza entre las concentraciones de los órganos, sin embargo, se observan mayores concentraciones en branquias y hígado.

En cuanto al incremento presentado en verano, coincide con la mayor temperatura en el cuerpo de agua así como con el máximo de precipitación pluvial. Así mismo, el sistema de vientos de mayo-octubre con dirección sur-norte, es propicio para el transporte de residuos, al provocarse corrientes en la laguna.

En el caso de la parte blanda completa, presentó una tendencia similar a las partes disecadas, siendo justificado por los factores climáticos ya mencionados.

Finalmente, algunos de los valores obtenidos se encuentran por arriba de los niveles permitidos por la O.M.S. y adoptados en México, para especies comerciales de este tipo.

## INTRODUCCION

### GENERALIDADES

El ser humano siempre ha interactuado con la naturaleza circundante dentro de los ecosistemas para subsistir, crecer, progresar y crear cultura. Con el correr del tiempo, las maniobras sobre la naturaleza se fueron haciendo más complejas y más productivas. Surgió, en particular en los últimos cien años, la sofisticada tecnología moderna, el proceso de crecimiento económico se hizo más eficiente y más rápido en forma muy notoria para un sector de la humanidad que llamamos centro o países desarrollados y también, pero a un ritmo y velocidad mucho menor, para el sector más amplio, que llamamos países subdesarrollados o periferia (tercer mundo) (Szekely, 1976).

Gracias entonces a la tecnología moderna y al crecimiento de la población, la interacción entre el hombre y la naturaleza ha ido cambiando sus características. En último término se han modificado las circunstancias de intercambio entre el ambiente y la población, que es la interacción básica que debemos estudiar para comprender la crisis ambiental.

El ambiente como tal se ha comportado como factor de

producción (recursos naturales) y lo encontramos básicamente como materia prima al comienzo del ciclo económico según la economía clásica y al final de él, en forma de desecho (Székely, 1976).

Las desviaciones que sufren los procesos ecológicos en diversos sentidos, radican en el inadecuado aprovechamiento integral de los factores físicos, químicos y biológicos que componen el medio, lo que provoca procesos degenerativos en la composición del agua de arroyos, ríos, manantiales, lagos, estuarios y del propio mar.

También se producen alteraciones físicas, químicas y biológicas del medio, como resultado de la incorporación de material extraño al mismo, la contaminación tiene consecuencia en la reducción en el número o diversidad de la composición de la comunidad que se desarrolla en el área afectada, al mismo tiempo que se limita o inutiliza el aprovechamiento del medio, en este caso el agua (Sevilla, 1977).

Estas alteraciones de los factores del ambiente acuático son provocadas casi siempre por el ser humano; nosotros mismos las generamos por la acumulación que efectuamos de agentes extraños dentro del ambiente marino. Esas altas concentraciones de agentes contaminantes vaciados irresponsablemente en el mar, dentro de un hábitat, zona, localidad o región y el efecto posterior de las mismas

en las condiciones ambientales, es lo que se conoce como contaminación ambiental marina (Gómez y Arenas, 1987).

De esta manera, los desechos industriales, domésticos, municipales y otros, se convierten en un problema en nuestra época, fundamentalmente por el rápido avance y complejidad de la tecnología moderna, que ha ido recargando la capacidad de absorción y transformación de la naturaleza, hasta sobrepasarla en muchas ocasiones.

El vertido de cualquier sustancia o compuesto extraño, dentro de un ecosistema marino tiende a modificarlo en mayor o menor grado. Esta alteración depende del tipo y cantidad del contaminante, de la capacidad de respuesta del ecosistema a ese compuesto y de la dinámica de las aguas donde es vertido (Gómez y Arenas, 1987).

A las formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un momento y sistemas dados, que causan efectos adversos en él, se les considera contaminantes tóxicos (Albert, 1980).

Los contaminantes ambientales pueden poner en peligro el uso de los recursos marinos vivos de cuatro maneras:

- 1) Reduciendo el número de organismos, por alteración del ambiente natural en que viven.
- 2) Transfiriendo a los organismos características inadecuadas para el consumo humano (Jernelov, 1976).

- 3) Produciendo cambios en los ciclos biodinámicos de un ambiente (las interrelaciones de los organismos que lo habitan).
- 4) A nivel fisiológico en los organismos se presentan trastornos, repercutiendo en crecimiento, reproducción y longevidad.

Por lo anterior, los contaminantes representan una amenaza potencial para los recursos marinos que debe ser evaluada con base en esos cuatro puntos de vista.

#### **METALES PESADOS**

Las aguas residuales domésticas y las industriales contienen grandes concentraciones de compuestos disueltos o en suspensión, los cuales, son desechados al mar, causando graves trastornos en los organismos que lo habitan. Entre los compuestos inorgánicos son preponderantes las sales de los más variados metales pesados (González, 1982).

Con el término de metales pesados, se designa a todos aquellos metales cuya densidad es superior a 4.5 g/ml ó su peso específico es superior a 6 g/ml (González, 1982).

Se citan algunos a continuación:

Sc Escandio	Zn Zinc	W Tungsteno
Ti Titanio	Ga Galio	Re Renio
V Vanadio	Ge Germanio	Cs Cesio
Cr Cromo	Y Itrio	Rh Rodio
Mn Manganeso	Zr Zirconio	Pd Paladio
Fe Hierro	Nb Niobio	Ir Iridio
Co Cobalto	Mo Molibdeno	Pb Plomo
Hg Mercurio	Po Polonio	Sb Antimonio

Las industrias donde se originan los residuos de metales pesados son las siguientes: limpieza de metales, recubrimiento galvánico, tratamiento de fosfatos y bauxita, producción de cloro, fabricación de acumuladores, enlatadoras y otras (González, 1982).

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; la persistencia de los elementos metálicos tóxicos en el tiempo y espacio, pueden continuar por años (González, 1982). Los efectos negativos más importantes en los organismos, causados por la toxicidad por exceso de metales, están relacionados con la actividad de diversos sistemas enzimáticos, así como con la desnaturalización de

proteínas esenciales (González, 1982).

Cuando las partículas presentes en las descargas de desechos urbanos, se mezclan con el agua del mar se originan dos procesos en la liberación de metales pesados, además del de absorción, se da una oxidación de los sulfuros metálicos y partículas orgánicas y se forman complejos solubles entre los metales y los ligandos inorgánicos y orgánicos. Por consiguiente estos procesos van a solubilizar una porción de los metales contenidos en los desechos; por otra parte al producirse un gradiente de salinidad se origina otro proceso contrario al de solubilización, la floculación; estos dos procesos operan según las condiciones prevaletientes y así junto con la dinámica de las aguas van a determinar el destino de los metales pesados dentro del cuerpo de agua (Osuna, Ortega y Pérez, 1985).

Los factores ambientales, como la temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, salinidad y la misma agitación o turbulencia del agua pueden producir aumento considerable del efecto tóxico de algunos metales pesados (Bryan, 1976).

La Revolución Industrial inició una fase completamente nueva en la aplicación de metales pesados incluyendo dentro de estos a el plomo, el cual empezó a ser más utilizado debido al crecimiento excesivo de la población y desarrollo tecnológico mal planeado.

El plomo es un elemento especialmente importante debido a su amplia utilización en gran variedad de procesos industriales y su toxicidad aguda y crónica. Su resistencia a la corrosión atmosférica y a la acción de los ácidos, especialmente al sulfúrico, hace que el plomo sea muy útil en la edificación, en las instalaciones de fábricas de productos químicos y en tuberías y envolturas de cable.

Debido al aumento de las concentraciones del plomo y su ubicuidad en los diferentes ambientes y organismos, así como por su gran toxicidad en los mismos es por lo que surge una problemática de contaminación por plomo.

En el presente trabajo el metal pesado en estudio es el plomo, el cual ha sido utilizado por el hombre desde hace muchos años; por ejemplo, alrededor de los años 7000 y 5000 a.c. los egipcios ya lo utilizaban para vidriar vasijas. El primer artefacto de plomo que se conoce fue encontrado en los Dardanelos en donde se asentaba una civilización llamada Abidos y data de antes de 3800 a.c.; los romanos utilizaron plomo para sus tuberías y numerosos objetos y algunos autores opinan que la caída del Imperio Romano se debió, entre otras cosas a la exposición crónica a este elemento (Albert, 1988).

El plomo es un elemento relativamente abundante que se encuentra en el aire, aguas, suelo, plantas y animales (Cáncero No. 13).

## FUENTES NATURALES

Las fuentes naturales de plomo son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y de las emanaciones volcánicas (anexo No. 23).

Su proporción en la corteza terrestre es aproximadamente de 15 p.p.m. (mg/Kg) y la cantidad total es esta de  $3.8 \times 10^{14}$  toneladas. Son peligrosos para la salud los vapores, polvos y compuestos de plomo, provocan la conocida enfermedad del saturnismo (Simmons, 1982).

Desde el punto de vista comercial, los minerales más importantes son la galena (sulfuro de plomo,  $PbS$ ), la cerusita (carbonato de plomo,  $PbCO_3$ ) y la anglesita (sulfato de plomo,  $PbSO_4$ ).

La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales de zinc y con pequeñas cantidades de cobre, cadmio y hierro.

Las fuentes naturales de plomo emiten anualmente al ambiente cerca de 200,000 toneladas de este metal (Albert, 1988).

## FUENTES ANTROPOGÉNICAS

Las fuentes antropogénicas de plomo se clasifican en estacionarias: minería, refinación, fundición; en móviles: todo tipo de vehículos automotores y en químicas: como

fertilizantes, plaguicidas y desechos (Anexo No. 2).

En la actualidad el plomo es utilizado en las industrias de producción de acumuladores y baterías industriales, pigmentos, insecticidas, alfarería, cubiertas para proteger de rayos X, tuberías y pinturas anticorrosivas.

El plomo se encuentra en el grupo IVA de la tabla periódica, sus estados de oxidación son 0, +2 y +4; su número de valencia generalmente es 2, pero también reacciona con valencia 4, sobre todo en compuestos orgánicos.

Las concentraciones de plomo en el ambiente se han elevado conforme ha aumentado su uso, este aumento ha sido notorio sobre todo a partir de 1750 y es paralelo al desarrollo de la Revolución Industrial; a fines de la Segunda Guerra Mundial, la contaminación ambiental por plomo se elevó aún más entre otras cosas, por la introducción de compuestos orgánicos de plomo como aditivos antidetonantes en la gasolina (Albert, 1960).

Con el uso del plomo en la gasolina, éste ha tenido una gran distribución en la atmósfera y por la precipitación posterior llega a los océanos de todo el mundo. Un análisis de la capa de hielo de Groenlandia ha demostrado un aumento considerable de la descarga de plomo en los últimos 2800 años, ocurriendo una gran parte de este aumento posterior a la incorporación del tetraetilo de plomo en la gasolina

(Simmons, 1982-Caravato No. 30)(referirse a la gráfica).

El comportamiento del plomo en el ambiente marino depende en gran medida de las propiedades de las especies individuales de plomo que se consideran:  $PbCl_2$ ,  $PbBr_2$ ,  $PbSO_4$ ,  $PbCO_3$ ,  $Pb(OH)_2$ , estos compuestos son los que se presentan en el agua marina. Si estos compuestos se encuentran formando complejos con ligandos naturales o artificiales, su solubilidad puede aumentar o disminuir (Spaargaren, 1985). El plomo adherido a las partículas sedimenta cerca de las zonas costeras, consideradas como reservorio, donde se encuentra la mayor cantidad del metal.

En la actualidad se estima que la cantidad de plomo que entra en el mar via escurrimiento superficial es de  $5x10^6$  g/año, se considera que una cantidad significativa del elemento es retenida en la zona costera (Jernelov, 1978).

El ciclo del plomo en la laguna costera envuelve un complejo intercambio entre las fases particulada y disuelta. El plomo disuelto es absorbido por partículas, en las áreas de mareas, la movilización e intercambio de carbonato de plomo ocurre simultáneamente con la coagulación del plomo orgánico disuelto asociado con óxidos, hidruros de hierro y manganeso. El plomo en las partículas sedimentadas puede ser transportado por corrientes marinas a la zona de mareas en donde son reesuspendidas (Huang, 1984).

Los metales pesados presentan la característica de ser bioacumulables en los organismos marinos, haciendo más peligrosa su concentración conforme avanza en la cadena trófica y principalmente cuando llega al ser humano (Bryan, 1970).

Dentro de los organismos que son utilizados como indicadores de contaminación por metales pesados, se encuentran los bivalvos; dichos organismos son utilizados para este efecto debido a que presentan las siguientes características:

- 1.-Se presentan en diferentes regiones del mundo pudiéndose establecer datos comparativos.
- 2.-Los bivalvos son de vida sésil y esto los hace indicadores de la distribución local del metal.
- 3.-Ellos son habitantes bentónicos del sedimento en el cual se acumulan metales pesados.
- 4.-Son micrófagos e ingieren el contenido de metales de los sedimentos.
- 5.-Además de que estos organismos presentan una base comercial y alimenticia importante.

La almeja *Chione californiensis* fue utilizada para el presente trabajo debido a las características ya mencionadas y además por ser una especie representativa de la zona.

Por las características mencionadas diversos bivalvos han sido utilizados como bio-monitores de metales pesados en

varios países.

Al fenómeno de "concentración biológica de un metal pesado" es el resultado de un proceso biológico, principalmente de absorción de metales por los organismos, indirectamente a través de la alimentación; o bien, de un proceso físico y químico: adsorción directa de los metales a la superficie corporal de los organismos. Sin embargo, es muy difícil definir como se efectúa la intoxicación en los organismos, ya que estos dos procesos no son necesariamente alternados ni excluyentes (Gutiérrez-Galindo, 1982).

La absorción del metal en solución, puede realizarse por transporte activo, es decir, por medio de sistemas celulares que son utilizados para obtener otros elementos como calcio y magnesio. El proceso de pinocitosis en células animales es bastante común y ha sido implicado en la absorción de plomo coloidal, por las células del manto de moluscos bivalvos. La absorción en la solución parece envolver también la difusión pasiva del metal, probablemente como un complejo soluble. Por otra parte, también se realiza la adsorción en la superficie (cutícula y capa mucosa) y enlazado por constituyentes de la superficie de las células, fluidos del cuerpo y órganos internos.

Algunos factores del medio tales como cambios en salinidad, temperatura, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y agentes formadores de complejos pueden cambiar el

grado de absorción (Bryan, 1976).

La acumulación de los iones metálicos en los organismos marinos depende de diversos factores:

- Biológicos: anatomía, metabolismo, sexo, edad.
- Físicos: temperatura, oxígeno disuelto, pH.
- Químicos: naturaleza del estado físico y químico del metal, la concentración del ion en el medio y la salinidad (Gutiérrez-Galindo, 1982).

La salinidad y la temperatura son factores que influyen notablemente en la toxicidad de los metales pesados en organismos del medio marino y deben ser considerados con detalle, ya que son factores ecológicos fundamentales para la vida de estos organismos, así pues, en función de la salinidad:

- 1.- Diversos metales son más accesible a la biomasa pelágica en las zonas de aguas con baja salinidad.
- 2.- Las variaciones bruscas de salinidad afectan la tasa de filtración en algunos organismos (especialmente en los moluscos).
- 3.- Igualmente, estas variaciones de salinidad dan lugar a ciertos cambios fisiológicos en los organismos (por ejemplo, el cierre de valvas en los moluscos durante un tiempo prolongado) (Gutiérrez-Galindo, 1982).

En función de la temperatura:

1.- El cambio brusco de la misma puede activar el metabolismo en los organismos. Generalmente el aumento de la temperatura acelera el ritmo metabólico de estos organismos (Gutiérrez-Galindo, 1982).

La absorción del plomo puede darse también por medio del alimento o partículas y es precisamente por estas fuentes que los bivalvos, por su tipo de alimentación, tienen mayor absorción de metales pesados. Así la disponibilidad de metales pesados depende del alimento y la forma química en el que se encuentre, para poder ser degradado por la digestión.

La acumulación de metales pesados, en este caso el plomo, está relacionada con el enlace formado con compuestos tales como las proteínas, polisacáridos y aminoácidos, sobre todo en células de órganos íntimamente relacionados con los procesos de digestión y respiración.

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, estando el metal fuertemente ligado. Tal parece que muchos metales están ligados orgánicamente en el interior de la célula como complejo-metal

(Gutierrez-Galindo, 1982).

Se ha establecido que conforme se avanza en los niveles tróficos el proceso de bioacumulación se va acentuando, es decir, que lo que se acumuló en un nivel es transferido al siguiente y así sucesivamente, lo cual explica lo peligroso de la característica de bioacumulación del plomo y en general de los metales pesados (Bryan, 1976).

## ANTECEDENTES

Las características descritas de los bivalvos, los hacen excelentes bioindicadores de contaminantes marinos, en este caso el plomo. Al respecto se han desarrollado diversos trabajos, entre los que se pueden mencionar los siguientes: en 1972, Graham, desarrolló en California, E.U.A., un trabajo en el cual se estudiaron siete especies de moluscos para algunos metales pesados incluyendo el plomo, se analizaron las partes blandas así como la concha, se encontraron concentraciones muy semejantes para ambas en el caso de los bivalvos.

En 1975, se realizó otro estudio en California, E.U.A., en zonas rurales y urbanas, se muestrearon las costas, se trabajó con *Mytilus californianus*, se informaron valores en glándula digestiva de 20mg/Kg peso seco, como promedio para ambas zonas (Young y McDermott, 1975).

La almeja *Mercenaria mercenaria* fue utilizada para monitorear metales pesados en Massachusetts, E.U.A., en cuanto al plomo, el promedio anual fue de 1.86µg/g peso seco, el cual varió significativamente con el período estacional (Genest y Hatch, 1981).

En el bivalvo *Mytilus edulis* se realizó la

determinación del contenido de metales pesados en tejido gonadal y somático, así como el establecimiento de un patrón de variación estacional, siendo reportadas concentraciones mayores a finales del invierno y principios de primavera, así como mayor contenido de metales en el tejido somático en que en el gonadal (Latouche y Mix, 1981).

Matling (1983), estudia comparativamente la velocidad de acumulación del plomo en algunos bivalvos, con respecto a otros metales, encontrando que el plomo presenta un factor de acumulación mucho mayor que otros metales pesados en general.

Como un proyecto de gran magnitud se lleva a cabo el monitoreo de metales pesados en Chile, con poblaciones de moluscos bivalvos, se han informado concentraciones considerablemente elevadas cerca de los centros urbanos e industriales (Ober, 1987).

En el Norte del Mar Adriático se realizó un estudio sobre bioacumulación de metales pesados en bivalvos, se proporciona la distribución del plomo en algunos órganos así como la concentración en la concha, siendo ésta mayor en las branquias y músculo aductor, presentando mayor acumulación que otros metales pesados, de 2 a 3 veces más (Martincic, 1984).

En cuanto a la excreción se ha demostrado que los bivalvos presentan un excelente sistema, siempre y cuando la

concentración elevada del metal en el medio no sea constante (Shultz-Baldes, 1974).

La especie *Chione stutchburyi* es utilizada en Nueva Zelanda como bioindicador de contaminación por plomo, se hace notar el efecto de las concentraciones presentes en el tejido, debido al cambio de estación así como por el cambio de localidad (Ferguson, 1980).

En México se han realizado también algunos estudios concernientes a la evaluación de la contaminación por plomo, utilizando bivalvos para dicho fin. Al respecto se refiere el trabajo realizado en las lagunas litorales de Tabasco con la población de ostión, en donde se informan concentraciones de posibles repercusiones para la salud, además del aumento de dichas concentraciones en la temporada de lluvias (Pérez Zapata y Delaón, 1987).

Así también se realizó un estudio sobre la distribución de metales pesados en la costa occidental de Baja California usando *Mytilus californianus*, planteándose la influencia de factores ambientales, como patrones de vientos y corrientes de mareas en las concentraciones encontradas (Reynoso, 1988).

Se han realizado estudios concernientes a malacología, abordándose aspectos de distribución, reproducción y cultivo de diferentes especies de bivalvos (Yoshida-Y., 1976, 1978 y 1979).

Las muestras de *Chione californiensis* se trabajaron durante el periodo de marzo a agosto de 1968, debido a que en éste se lleva a cabo toda una conjugación de factores climáticos en donde la temperatura se incrementa, existe un régimen de lluvias con un máximo en esta temporada, el sistema de vientos es predominante en una dirección produciendo a su vez un arrastre de tóxicos. Y dentro de los factores biológicos hay un incremento en el metabolismo de los organismos influenciado por la temperatura, propiciando a su vez un incremento en la tasa de filtración de los miscos, al llevarse a cabo este incremento, los organismos van a poder bioacumular, al pisco adherido a las partículas presentes en la corriente de agua que van entrando a través del sifón incurrente del organismo.

Los órganos en los cuales se cuantificó pisco en esta especie fueron los siguientes:

En una sola muestra las branquias y los palpos labiales fueron considerados, ambas son estructuras externas las cuales están íntimamente relacionados con el proceso de alimentación, en donde las branquias provocan corrientes, filtrando las partículas alimenticias dirigidas hacia los palpos labiales, los cuales introducen dichas partículas al tracto digestivo.

El manto es un órgano también de gran importancia en los bivalvos ya que se encarga de desarrollar las capas

calcarias de las valvas, así como de cubrir la parte blanda corporal, el cual mantiene una gran superficie de contacto con el medio externo.

Se presentan dos músculos aductores que afectan la abertura y cerrado de las valvas, estando estos fuera del manto por lo que su interacción con el medio es aún mayor.

El aparato digestivo por su única función en la cual se implica la entrada, procesado y asimilación de materiales involucra la absorción activa del tóxico.

El pie es el órgano que se utiliza para anclaje del organismo, estando en completa interacción con la interfase sedimento-agua.

## LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### ZONA DE ESTUDIO

La Ensenada de la Paz, B.C.S., se localiza al sureste de la Bahía de la Paz, a los  $110^{\circ}127'$ - $110^{\circ}28'$  longitud oeste y  $24^{\circ}3'$ - $24^{\circ}13'$  longitud norte. Dentro de la Bahía de La Paz se localiza la península llamada "El Nogote" que casi cierra y forma lo que es la Ensenada de La Paz (Morales y Cabrera, 1982; Municipios de México, 1987); ésta se encuentra en el Municipio de La Paz, el cual limita al norte con el Municipio de Coscoandó; al sur con el de los Cabos; al oeste con el Océano Pacífico y al este con el Golfo de California (Municipios de México, 1987; Fig. 1).

### CLIMA

La temperatura mínima en la Bahía de La Paz es de  $18^{\circ}\text{C}$ , la máxima ha alcanzado  $40^{\circ}\text{C}$  y la media  $22^{\circ}\text{C}$ . El clima según la clasificación de Köppen modificada por E. García (1981) es,  $\text{BWh}(h')\text{hw}(s)$ ; muy seco, cálido.

Los vientos dominantes durante marzo-agosto con velocidad de 3.8 m/s son del sur y de octubre a febrero del noroeste con velocidad de 3.1 m/s (INEGI, 1980).

## HEIDROGRAFÍA

En la figura No. 1 se pueden observar los ríos intermitentes que desembocan en La Ensenada: La Ardilla, El Novillio, La Palma.

La Ensenada de La Paz, B.C.S., se caracteriza generalmente por la escasez de precipitación pluvial, con régimen de lluvias en los meses de julio, agosto y septiembre (con meses de 100 mm) y menor cantidad en diciembre y enero (Municipios de México, 1987).

## FLORA Y FAUNA

En la superficie de las zonas aledañas a La Ensenada de La Paz, predomina como tipo de vegetación la Selva Baja Caducifolia (arbusto de corta estatura), determinada por árboles de meses de 15 m de altura, especies de leguminosas espinosas, el cardón, la choya, la gobernadora, la pitaya y la jojoba. Así como de grandes cactáceas de tallos carnosos cilíndricos o aplanados. Generalmente son animales característicos la palapa torcaza, el mapache, el habisuri o caconixtle, el gato montes, el coyote y la zorra. Además de varias especies de aves como el águila, zopilote, gavilán, lechuza y el cuervo (Municipios de México, 1987).

## BATIMETRÍA

La Ensenada de la Paz, B.C.S., es una cuenca de

aproximadamente 45 Ke<sup>2</sup> a nivel del mar. En su región noroeste presenta un par de canales paralelos que forman la boca de la laguna, con profundidades hasta de 10 m. Existe un canal principal por el centro de la laguna que disminuye su profundidad a 4 m en su región más interna. En esta zona, en los extremos noroeste y suroeste se observan dos depresiones y el resto de la laguna es somero (Municipios de México, 1987).

#### CORRIENTES

Se observan durante el llenante (flujo predominante de entrada de agua a la laguna) dos flujos que se funden en uno frente al CICIMAR. Posteriormente, la ramificación sale a la izquierda y se dirige hacia el sur de la laguna. La corriente resonante en el canal principal continúa hacia dentro y frente del Cositán forma un giro a la izquierda, internándose también en la región sur de La Ensenada. Finalmente, un tercer flujo se dirige hacia el noroeste frente al estero Icatecas. Durante el reflujó se presenta una sola dirección de salida, el flujo oeste-este presenta una circulación por la parte sur de La Ensenada y otra por el canal principal. Estos flujos se juntan antes de la boca de la laguna para salir por los canales ahí existentes (Morales y Cabrera, 1982).

## POBLACIÓN

En el Municipio de La Paz se localiza la capital del estado, la Ciudad de La Paz, siendo por esto el municipio donde se centralizan las actividades económicas y políticas. Registrándose la mayor concentración poblacional, la cual se encuentra estimada de 146,105 habitantes, correspondiendo el 87% a la población de La Paz y sólo el 13% es rural (Municipios de México, 1987).

## EDUCACIÓN

La Ciudad de La Paz cuenta con una extensa infraestructura en cada uno de los niveles educativos, ahí se localiza el total de las escuelas superiores del municipio.

## INDUSTRIA

La minera fue la primera de la región, con el descubrimiento del oro y la plata, teniendo un bajo porcentaje de producción. En el municipio otra actividad que se desempeña es la agroindustria y en forma incipiente se desarrolla la industria manufacturera (saquiladora).

## AGRICULTURA

Los principales cultivos del municipio son: frijol, maíz, chile y otros. Con la fruticultura se obtiene

aguacate, mango, naranja y otros; el sistema de riego más utilizado en la región es el de gravedad siguiéndole el de aspersión y en último lugar por goteo.

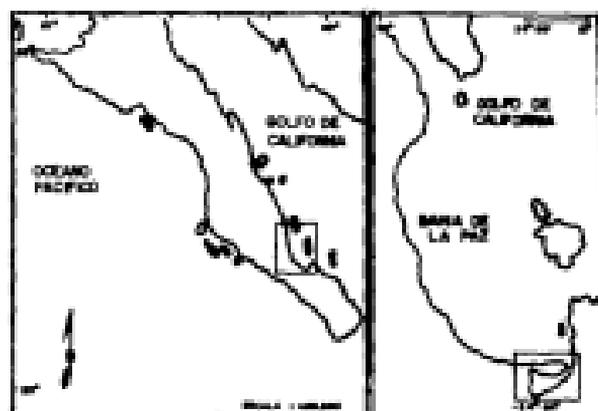
#### **Pesca**

La pesca ha sido fundamentalmente riveraña y llevándose a cabo en varias comunidades incluyendo La Paz, las principales especies de captura en el municipio son: langosta, almeja y otras.

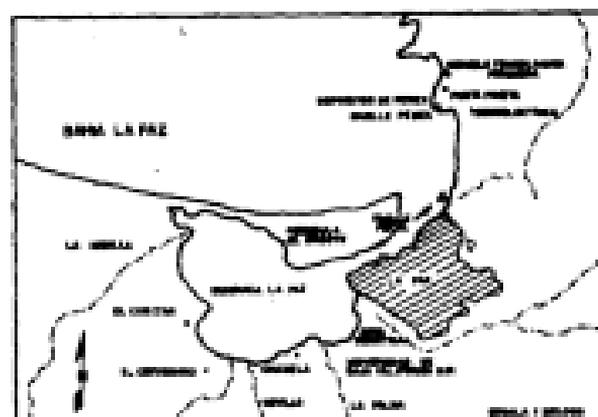
#### **COMERCIO**

El municipio cuenta con grandes centros comerciales y pequeñas tiendas populares.

FIGURA No. 1



Localización de la Estero de La Paz, B.C.S.



Las delimitaciones de la Estero de La Paz, B.C.S.

## OBJETIVO GENERAL

Cuantificar la concentración de plomo en la almeja rofosa *Chione californiensis* e investigar la variación estacional (de marzo a agosto de 1988).

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de plomo en la parte blanda total del organismo.
- Determinar la concentración de plomo en el aparato digestivo, branquias y palpos labiales, manto, músculo aductor, pie y el reanénio.
- Establecer la variación de las concentraciones encontradas en las partes citadas.
- Establecer la variación temporal de las concentraciones encontradas en la porción blanda total y en las partes citadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### FASE DE LABORATORIO

Las muestras fijadas en formal fueron proporcionadas por el Laboratorio de Invertebrados, Departamento de Biología del CICIMAR de Baja California Sur. Se trabajaron ocho colectas en total (constituidas por 50 organismos cada una, los cuales pesaron entre 1 y 2 g peso húmedo). Las colectas se realizaron en un solo banco (anexo No. 53, utilizando un muestreo al azar, tomándose en superficies de un metro cuadrado, comprendiendo de marzo hasta agosto de 1988. En mayo y julio fue doble debido a que se presenta el periodo de reproducción en estos meses.

A dichas colectas se les eliminó el formal por medio de lavado exhaustivo con corriente de agua continua, en vasos cubiertos con gasa, a continuación se llevó a cabo el conteo y pesado de los organismos en peso húmedo.

Posteriormente se efectuó la disección de los organismos con instrumentos de plástico, siendo separados: aparato digestivo, branquias-palpos labiales, manto, músculo aductor y pie, hasta obtener aproximadamente 8 g en peso húmedo para cada órgano.

El resto de los órganos no disecados debido a su difícil reconocimiento y escasa cantidad de materia, como riñón, pericardio, gónadas y sifones son representados por el resacaente.

Junto con las branquias fueron considerados los palpos labiales debido a que ambos órganos están íntimamente relacionados con el proceso de alimentación.

A continuación se secaron los tejidos en una estufa a 75°C durante 24 h, posteriormente se tomó un gramo en peso seco de las partes citadas y cinco gramos peso seco de los organismos completos.

Se llevó a cabo una predigestión durante 12 horas, para lo que se colocó en un vaso de precipitados de 100 ml, un gramo en peso seco para las partes y cinco para la parte blanda completa, adicionando 10 ml de ácido nítrico concentrado. Una vez transcurrido el tiempo previsto se procedió a la digestión completa con calentamiento suave, en una parrilla eléctrica a 65°C (Parker, 1967). A continuación fueron recogidos los residuos en 10 ml de ácido nítrico al 10%; filtrando posteriormente en papel Whatman No. 44.

Se realizaron blancos de reactivos para cada colecta, siguiendo el mismo procedimiento.

Finalmente se procedió por la técnica para la determinación de plomo por absorción atómica de flama (Perkin-Elmer, 1982). En el filtrado fue cuantificado el

plomo, en un espectrofotómetro Perkin-Elmer Mod. 380, a una longitud de onda de 383nm, con una apertura espectral de 0.7nm, lámpara de cátodo hueco de plomo y una flama de aire-acetileno.

#### FASE DE GABINETE

Una vez obtenidas las concentraciones se efectuó el análisis de varianza, por medio del programa estadístico computarizado STATGRAPHICS, ver. 2.1., 1983 para establecer la diferencia existente entre las concentraciones de cada parte.

Para establecer la variación temporal de la concentración en los órganos, se tomaron como referencia cartas climáticas, mapas, datos de temperatura de La Ensenada, sistema de corrientes y lo observado en las propias gráficas Anexos Nos. 5, 6 y 7).

## RESULTADOS

En la tabla No.1 se presentan las concentraciones obtenidas en las partes diseccadas de *Chirona californiensis*, en  $\mu\text{g Pb/g}$  de peso seco, así como las respectivas fechas de colecta de los ejemplares.

La mayoría de las concentraciones se observan dentro de un rango que va de 2.25 a 0.04  $\mu\text{g Pb/g}$  peso seco.

Se observa una tendencia general al incremento en las concentraciones, durante el verano (junio-agosto).

Por otra parte, revisando la misma tabla No. 1, tomando ahora como referencia el mes de colecta, podemos observar como para el mes de marzo las partes que tuvieron la mayor concentración de plomo fueron las branquias y el santo, le siguieron en orden decreciente de concentración, aparato digestivo, músculo aductor, remanente y pie.

Para el mes de abril la mayor concentración correspondió al aparato digestivo siguiéndole con valores muy cercanos el pie, branquias y músculo aductor; con niveles menores el santo y finalmente el remanente.

En la colecta de mayo (I y II) correspondió al santo la concentración más alta, por encima de las demás partes, a las cuales les siguieron, branquias y paños, pie,

resanente, músculo y finalmente el aparato digestivo.

Para el mes de junio el manto tuvo la mayor concentración de plomo, le sigue el pie y branquias y finalmente aparato digestivo, músculo y resanente.

En la colecta de julio, (I y II) el manto fue la parte de mayor concentración. Siguiéndole branquias, resanente, ensaguada aparato digestivo, músculo y pie. Se observa como tendencia clara en todas las partes, el aumento en las concentraciones en junio y agosto.

En la tabla No. 2 se presentan las concentraciones correspondientes a la parte blanda completa de las diferentes colectas en  $\mu\text{g Pb}/5\text{g}$  de peso seco.

Se presentan en la tabla No. 3, datos de resumen estadístico como son media, desviación estandar, varianza, concentración máxima y concentración mínima de cada uno de los órganos y de la parte blanda completa.

Como se puede observar en la tabla No. 3, las concentraciones más altas de plomo corresponden al las branquias, manto y pie; las más bajas se presentaron en el aparato digestivo, músculo aductor y el resanente.

La media más alta correspondió a branquias y palpos labiales, debido a las concentraciones predominantes en primavera y verano.

Las gráficas que se presentan numeradas de la 1 a la 6, presentan las concentraciones obtenidas en  $\mu\text{g Pb}/\text{g}$  de

peso seco para cada órgano con respecto a las colectas, y la gráfica No. 7 la concentración en  $\mu\text{g Pb}/5 \text{ g}$  peso seco de toda la parte blanda. Finalmente, en la gráfica No. 8, se presenta la conjunción de las gráficas 1 a la 6, correspondientes a los órganos.

La gráfica No. 1 corresponde a las concentraciones en branquias y palpos, se presenta una concentración máxima en marzo, disminuye hasta mayo para incrementarse en julio.

El santo presenta una concentración máxima en marzo (gráfica No. 2), disminuye en abril y se incrementa paulatinamente hasta agosto.

El pie presentó una concentración mínima en marzo con un pico posterior en junio, y finalmente, en agosto un incremento (gráfica No. 3).

En la gráfica No. 4 se observan las concentraciones del aparato digestivo, como se mantuvieron oscilando por abajo de  $1 \mu\text{g Pb}/\text{g}$  y en agosto se eleva por arriba de éste.

La gráfica No. 5 que representa la músculo aductor varió en forma similar al aparato digestivo presentando el pico mayor en agosto.

El remanente (gráfica No. 6), presentó picos en mayo, julio y en agosto, siendo este último el más visible.

La parte blanda total del organismo que se presenta en la gráfica No. 7, presentó picos en mayo, igual que en la mayoría de los órganos en julio y agosto.

En la gráfica No. 8 se observan de forma conjunta los picos en julio I y agosto de las concentraciones y la tendencia general de incremento en verano, con excepción del pic.

TABLA No. 1 Concentraciones de Pb en  $\mu\text{g/g}$  de peso seco en los órganos.

COLECTA	BRANQ.	NANTO	PIE	APDIG.	MUSADIC.	REMAN
25 MAR	2.25	1.57	0.12	0.50	0.33	0.24
22 ABR	0.66	0.16	0.75	0.63	0.72	0.04
04 MAY	0.64	0.59	0.60	0.38	0.41	0.18
27 MAY	0.54	0.74	0.60	0.27	0.34	0.93
16 JUN	1.03	1.15	1.02	0.45	0.44	0.44
07 JUL	1.61	1.14	0.31	0.49	0.76	0.98
29 JUL	0.64	1.15	0.28	0.22	0.26	0.43
11 AGO	0.81	1.57	0.77	1.52	1.01	1.66

TABLA No. 2 Concentraciones de Pb en  $\mu\text{g}/5\text{g}$  de peso seco en el organismo completo.

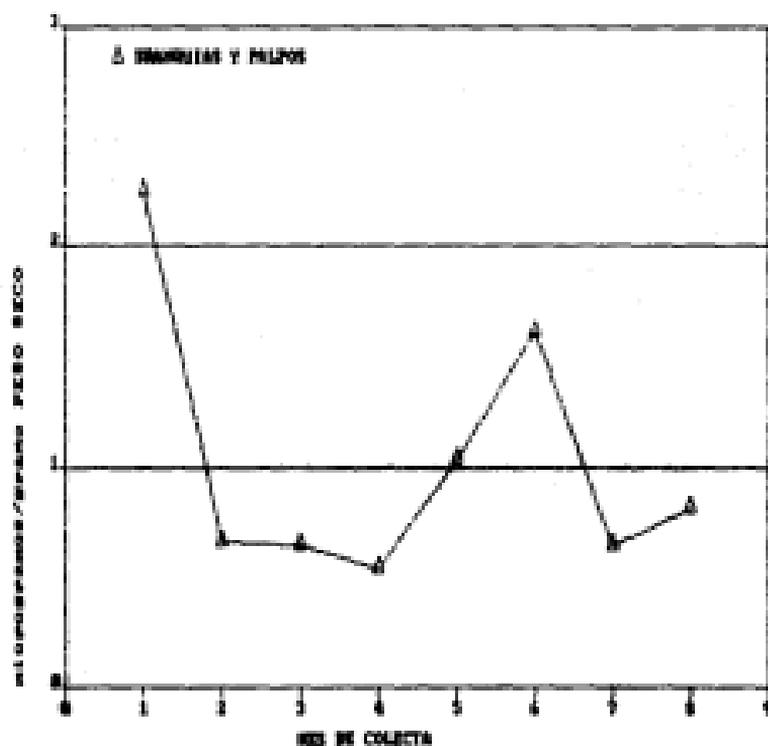
COLECTA	OROCON (parte blanda total)
25 MAR	0.25
22 ABR	0.24
04 MAY	1.16
27 MAY	0.26
16 JUN	0.64
07 JUL	1.41
29 JUL	0.81
11 AGO	2.31

TABLA No. 3 Resumen estadístico.

ESTAD	BRANQ.	NANTO	PIE	APDIG.	MUSADIC.	REMAN	OROCON
MEDIA	1.022	1.007	0.550	0.582	0.533	0.612	0.885
D. S.	0.565	0.456	3.203	0.394	0.274	0.507	0.722
VAR	0.319	0.207	10.263	0.155	0.061	0.256	0.522
MAX	2.250	1.570	10.200	1.520	1.010	1.660	2.310
MIN	0.540	0.160	0.120	0.220	0.260	0.040	0.240

## GRÁFICA No. 1

## CONCENTRACION DE PLOMO EN LAS BRANQUIAS Y PALPOS



1 = MARZO

3 = JUNIO

2 = ABRIL

6 = JULIO I

3 = MAYO I

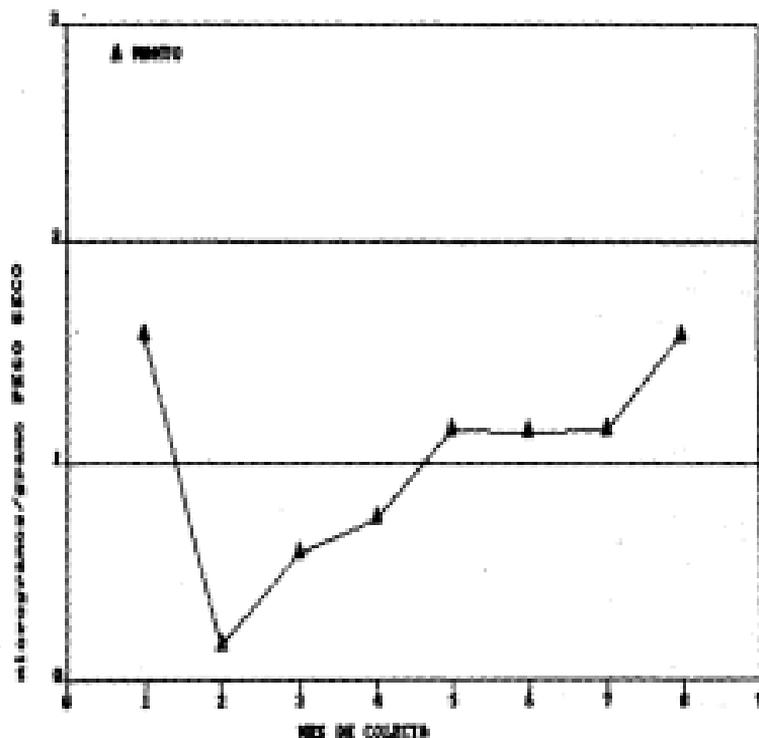
7 = JULIO II

4 = MAYO II

8 = AGOSTO

## GRAFICA No. 2

## CONCENTRACION DE PLOMO EN EL MANTO

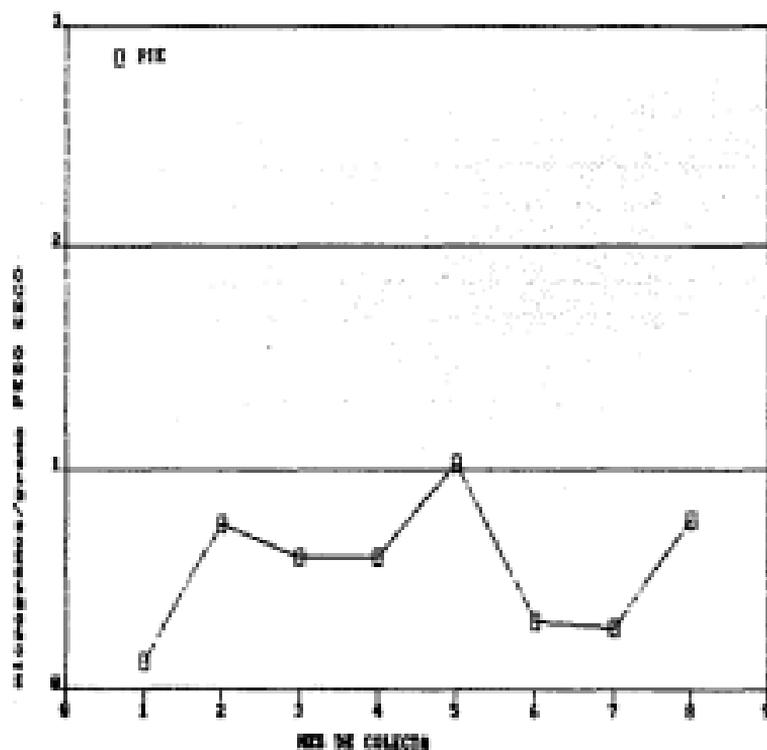


1 = MARZO  
2 = ABRIL  
3 = MAYO I  
4 = MAYO II

5 = JUNIO  
6 = JULIO I  
7 = JULIO II  
8 = AGOSTO

**GRAFICA No. 3**

**CONCENTRACION DE PLOMO EN EL PIE**

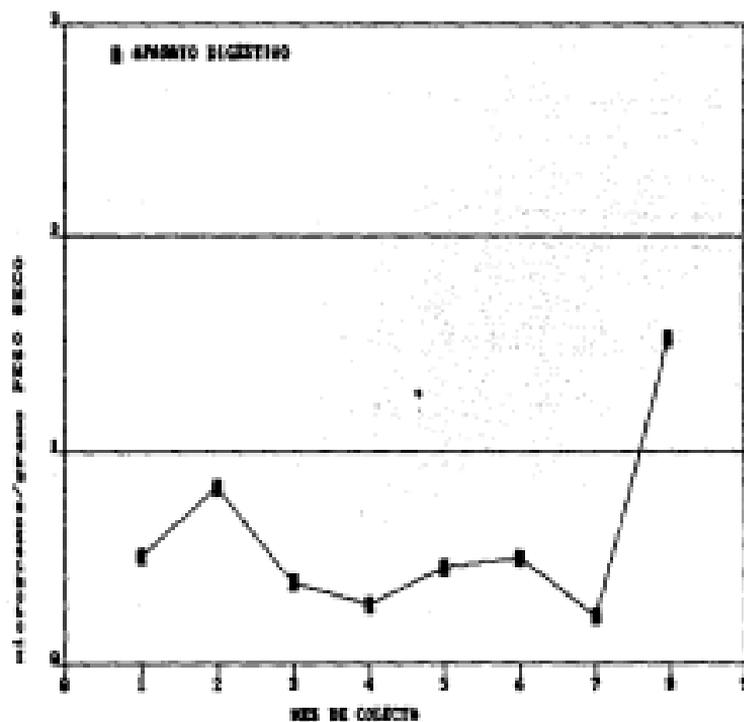


1 = MARZO  
 2 = ABRIL  
 3 = MAYO I  
 4 = MAYO II

5 = JUNIO  
 6 = JULIO I  
 7 = JULIO II  
 8 = AGOSTO

## GRAFICA No. 4

## CONCENTRACION DE PLOMO EN EL APARATO DIGESTIVO



1 = MARZO

6 = JUNIO

2 = ABRIL

7 = JULIO I

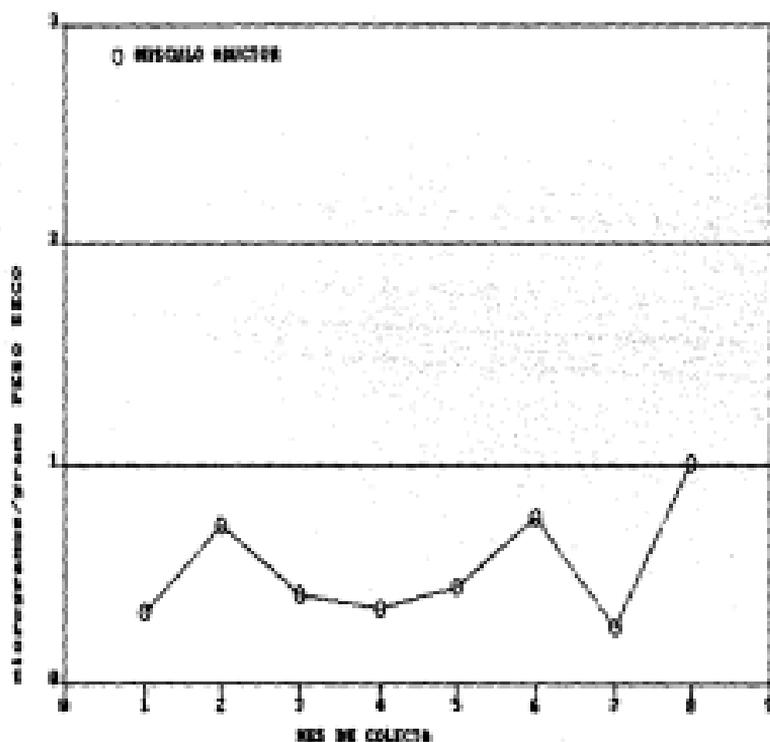
3 = MAYO I

8 = AGOSTO

4 = MAYO II

GRAFICA No. 5

CONCENTRACION DE PLOMO EN EL MUSCULO ADUCTOR



1 = MARZO

2 = ABRIL

3 = MAYO I

4 = MAYO II

5 = JUNIO

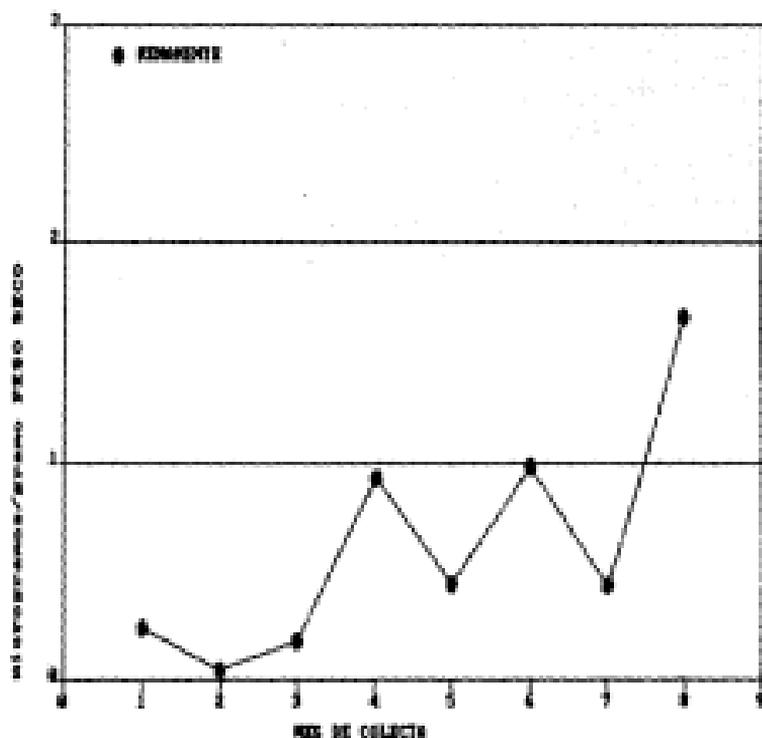
6 = JULIO I

7 = JULIO II

8 = AGOSTO

## GRAFICA No. 6

## CONCENTRACION DE PLOMO EN EL REMANENTE



1 = MARZO

5 = JUNIO

2 = ABRIL

6 = JULIO I

3 = MAYO I

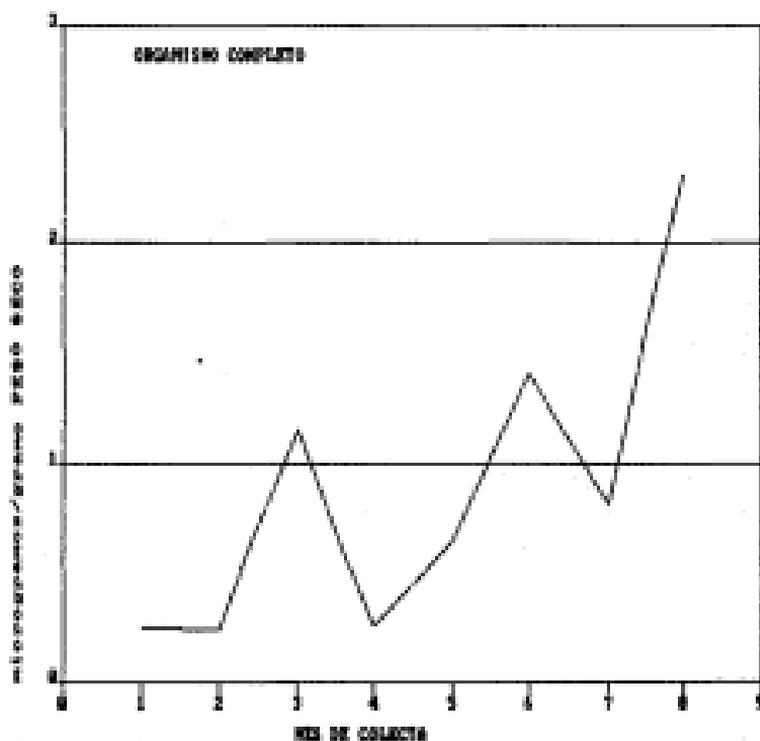
7 = JULIO II

4 = MAYO II

8 = AGOSTO

**GRAFICA No. 7**

**CONCENTRACION DE PLOMO EN EL ORGANISMO COMPLETO**

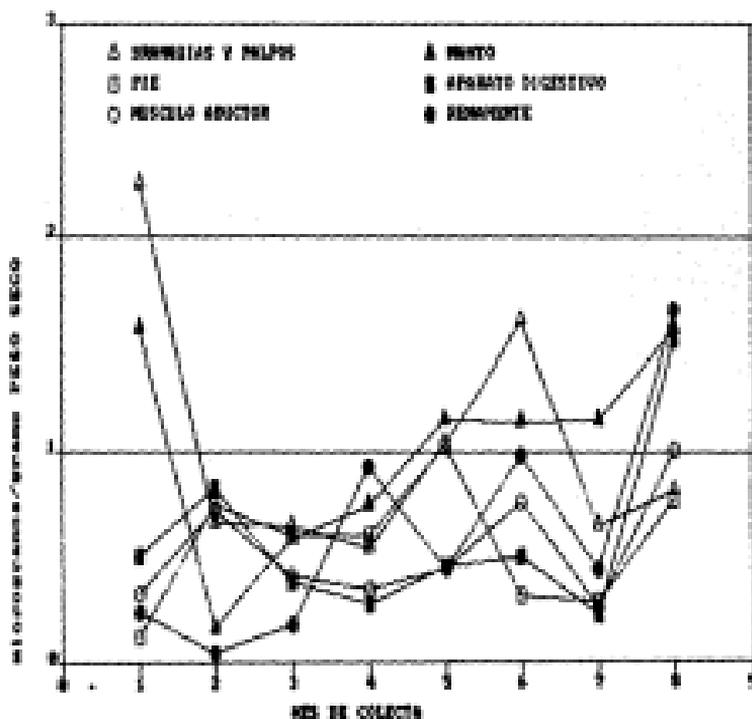


1 = MARZO  
2 = ABRIL  
3 = MAYO I  
4 = MAYO II

5 = JUNIO  
6 = JULIO I  
7 = JULIO II  
8 = AGOSTO

GRAFICA No. 8

CONCENTRACION DE PLOMO EN TODAS LAS PARTES ANALIZADAS  
(CONJUGACION DE GRAFICAS 1 A 6)



1 = MARZO

6 = JUNIO

2 = ABRIL

7 = JULIO I

3 = MAYO I

8 = AGOSTO

4 = MAYO II

## DISCUSION

En la tabla No. 1 se observan, para los meses de junio, julio y agosto (verano), concentraciones mayores con respecto a marzo, abril y mayo (primavera), podemos apreciar en la gráfica No. 8 como coinciden estos incrementos con las mayores temperaturas registradas en La Ensenada (anexo No. 7). Se conoce bien la influencia de la temperatura en el aumento de la actividad metabólica y a su vez en la tasa de filtración de estos organismos, con el consiguiente aumento de la acumulación de metales o concentraciones presentes en los mismos (Aslard, 1988). Sin perder de vista la influencia importante de las funciones fisiológicas de cada órgano, para que se acumule determinada concentración. Es precisamente en esta época del año cuando La Ensenada presenta un máximo de radiación solar efectiva.

Por otra parte, dichas concentraciones pueden ser explicadas de acuerdo con el régimen de lluvias, que se presentan en verano con un máximo a finales del mismo (anexo No. 7). Este es otro factor climático que influye en las concentraciones, pues sabemos que la precipitación propicia el lixiviado de materiales, los cuales son arrastrados hacia el cuerpo de agua, tomando en cuenta la actividad agrícola

que se desarrolla en la población del Centenario (Figura No. 1), ubicada frente al suroeste de La Ensenada, siendo esta zona por lo anteriormente dicho una posible fuente de plomo (Gulierrez y Flores, 1986).

Además, las partículas presentes en la atmósfera son precipitadas con la lluvia, por concepto de polvos, producción de cemento, combustión de petróleo y carbón, en la atmósfera se presentan concentraciones de plomo, que pueden viajar varios kilómetros antes de ser precipitados con la lluvia (GESAMP, Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution, 1980).

Las concentraciones mayores de verano (Tabla No. 1), pueden ser también influenciadas por el sistema de vientos, que es predominante del sur, si tomamos en cuenta que en la parte sur de La Ensenada se encuentra una zona de descargas municipales (Canexo No. 5), dicho patrón de vientos posiblemente contribuya al transporte de residuos a la parte norte del cuerpo de agua por la creación de corrientes durante esta época. Además de contribuir a la resesión de los sedimentos en las partes más someras de La Ensenada (Canexo No. 5), siendo el sedimento uno de los principales reservorios de plomo y metales pesados en general, pudiendo influir estos factores en las concentraciones presentes (Reynoso, 1988).

Con respecto a estas mismas concentraciones

correspondientes al verano, en La Ensenada se presenta un patrón de corrientes en esta época, que muestra que en el flujo (entrada de agua), que se lleva a cabo por los canales principales, uno de ellos pasa frente a los muelles de la ciudad de La Paz, introduciendo dichas aguas y posteriormente en el reflujó (salida de agua) que se realiza por los mismos canales, pero sólo desaloja un 29% del volumen en pleamar (fin de la marea alta) además de que cierto porcentaje se supone que es desalojado por el estero Jacatecas. Lo que hace suponer cierta concentración de residuos no desalojados.

En la tabla No. 2 se puede observar como las concentraciones máximas se encuentran por arriba de  $1\mu\text{g Pb/g}$  de peso seco, lo que hace pensar en posibles fuentes de plomo que propicien dichas concentraciones. Es precisamente en el canal A<sub>1</sub> (anexo No. 6) donde se presenta un mayor volumen y velocidad durante el flujo, se localizan en esta parte los muelles de la Ciudad de La Paz, siendo una posible fuente de plomo ya que como se sabe el plomo es utilizado ampliamente en las pinturas anticorrosivas para diferentes embarcaciones (Balogh, 1988).

Tomando en cuenta este aspecto del patrón de circulación y que un poco más hacia el norte se encuentran depósitos de Petróleos Mexicanos, que por sus descargas son otra posible fuente de plomo, ayudada por la corriente de

entrada al La Ensenada, ya que como se sabe, el petróleo crudo posee en promedio 0.33 g/l de plomo, por lo que al darse las descargas o derrames posiblemente contribuyan a las concentraciones presentes en dicha laguna (Olafsson, 1980).

Hay que considerar también que a la entrada de La Ensenada, hacia los muelles, se realizan actividades de dragado para facilitar el tráfico portuario, que puede influir en la recirculación de plomo en dicho sitio (Osuna, Ortega y Paez, 1980).

Susándose a las anteriores fuentes de plomo, se encuentran también los desechos municipales de la Ciudad de La Paz, los cuales se incrementan día con día debido al crecimiento constante de dicha ciudad.

Por lo que respecta a la distribución del plomo en los órganos disecados, se presentaron diferencias que pueden ser biológicamente importantes, por las repercusiones en los organismos (Kowalski, 1980), aunque no significativas estadísticamente a 0.99% de nivel de confianza. Se puede observar en la tabla No. 2 como las concentraciones medias, para los tejidos de branquias, mento y pie presentan valores altos con respecto a los tejidos de aparato digestivo, músculo aductor y del remanente (gráfica No. 1-00).

Las características fisiológicas de los tejidos y el grado de interacción de éstos con el medio, pueden explicar

las diferencias en la concentración de plomo entre dichos tejidos (Martincic, 1984; Amlard, 1985).

Estudios sobre la distribución de metales en diferentes órganos, "organotropismo", mencionan que precisamente debido a la función de cada órgano, el grado de exposición al ambiente y las características de contaminación que presente la zona, será reflejada la distribución del tóxico en los diferentes tejidos. Por ejemplo Amlard (1985), menciona que en periodos cortos de contaminación la acumulación preferencial se da en la masa visceral, branquias y palpos.

Por otra parte, bajo condiciones intermitentes de exposición al plomo se presenta una secuencia de acumulación preferencial: riñón > branquias > glándula digestiva > músculo aductor > pie > manto (Schultz-Baldes, 1974; Martincic, 1984; Rosado, 1988; Balogh, 1988).

En el presente estudio se presentó un promedio relativamente mayor en las branquias, de acuerdo con los trabajos realizados en bivalvos (Ober, 1987; Amlarde, 1985), lo cual se puede observar en las gráficas número I y B. Esto confirma el importante desempeño en las funciones de alimentación y respiración que son llevadas a cabo por filtración, que es característico de los bivalvos (Barnes, 1984).

La concentración observada en el manto puede ser explicada, en base a que dicho órgano es responsable del crecimiento de la concha, el cual entre otros compuestos secreta  $\text{CaCO}_3$ , el que posiblemente sea sustituido por  $\text{PbCO}_3$ , originando dichas concentraciones (Martincic, 1984).

El pie presentó una concentración baja, lo que puede deberse a la función de dicho órgano y del tipo de tejido, en el que no se da asimilación activa.

El aparato digestivo presentó una concentración promedio de la mitad con respecto a las branquias, debido a que el mecanismo de acumulación es un poco más depurado, por medio de la ingestión de iones en el alimento o en combinación con materia particulada o mucus e incluso por absorción por la pared intestinal (Schultz-Valdez, 1974)(gráficas 1 y 4).

El músculo aductor presentó una concentración promedio también baja (Tabla 1 y 3), debido básicamente a que no hay mayor superficie de exposición directa al ambiente.

El remanente presentó concentraciones relativamente bajas (Tabla 1 y 3), a pesar de estar incluido el riñón, pero por su tamaño tan pequeño no alcanza a acumular grandes cantidades de plomo (Martincic, 1984).

Las gónadas que sólo presentan un volumen considerable durante julio y agosto, lo que se refleja en los valores del remanente (Lalouch y Mix, 1981). Además del pericardio y

sifones, que por su función y pequeño tamaño no alcanzan a acumular cantidades mayores.

Con respecto al organismo completo (Tabla No. 2) presenta la misma tendencia, como en el caso de los órganos disecados, con concentraciones mayores en el período de verano, con una concentración máxima en agosto de 2.31  $\mu\text{g}$  Pb/g de peso seco. Esta misma tendencia está justificada por la influencia que tienen los factores alimenticios y otros ya mencionados.

Como se puede apreciar en las tablas número 1 y 2, las concentraciones presentadas para los órganos en 1 g de peso seco son mayores con respecto a las concentraciones de la parte blanda total en 5 g de peso seco, situación que se ha presentado en otros estudios (Martincic, 1984; Romfo, 1988).

## CONCLUSIONES

En los tejidos de las almejas estudiadas se presenta acumulación preferencial en las branquias y el manto, debido a su actividad fisiológica y los procesos en los que se encuentran involucrados, así como por la interacción de estos tejidos con el medio.

En cuanto a la variación estacional, se observa como para el periodo de verano se presenta la tendencia general a un incremento de las concentraciones en los órganos. Lo que se puede deber a que coincide con la época reproductiva de la almeja, sistema de corrientes, régimen de lluvias en tre otros.

Todas las partes, por lo menos en una ocasión durante las colectas, presentan concentraciones por arriba de 1  $\mu\text{g}$  Pb/g de peso seco, cantidad propuesta como la concentración máxima natural para estos organismos por Golberg, (1983).

El límite máximo adoptado por la Secretaría de Salud es de 1  $\mu\text{g}$  Pb/g de peso seco para toda aquella especie de bivalvos económicamente importantes (C.M.S., 1988); algunas de las concentraciones presentes en *Chione californiensis*, en este periodo rebasan este límite. Pero se debe de tener presente que de existir un constante aporte del tóxico, la

concentración acumulada incrementaria.

Las concentraciones encontradas en la parte blanda completa del organismo presentaron la misma tendencia que los órganos disecados, incrementando de primavera a verano, con un máximo en agosto, rebasando dichos valores las concentraciones permisibles.

En La Paz una actividad relevante es la pesca de autoconsumo y la comercial, y junto con otras especies de ostiones y almejas, *Chione californiensis* forma parte de dicho consumo, de tal forma que los niveles encontrados, aunque no son elevados en su mayoría, se registraron algunos que rebasan el límite máximo permisible de 1 µg Pb/g de peso seco fijado por la O.M.S. (Organización Mundial de la Salud, 1988).

## RECOMENDACIONES

Debido a las características biológicas de *Chione californiensis*, como de otro bivalvos, que muestra que puede ser un organismo indicador de la contaminación por plomo, como en este caso; se sugiere efectuar, tanto en La Ensenada y en la Bahía de La Paz, B.C.S., monitoreos periódicos, tanto de plomo como de otros metales pesados peligrosos tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- I. Parámetros bioéstricos de los organismos así como características fisiológicas.
- II. Formas químicas del tóxico.
- III. Factores ambientales (clima, régimen de lluvias, vientos, corrientes, pH, salinidad, temperatura, entre otros).

Lo cual podrá generar información mucho más completa con la que se establecerá y evaluará de manera más efectiva la contaminación por plomo y por otros tóxicos, así como las posibles repercusiones ecológicas en el ambiente marino.

Además de realizar un análisis de sedimentos y de la columna de agua, en cuanto a sus características físicas y

químicas y del tóxico.

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

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Albert, L. A., 1988, Curso básico de toxicología ambiental, LIMUSA, 2a, pp. 310.
- Asiard, T. C., 1986, Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, lead, cooper and zinc in the mussel *Mytilus edulis*, Mar. Biol., 90(3): 425-431.
- Balogh, K. V., 1968, Heavy metal pollution from a pointing source demonstrated by mussel *Unio pictorum* L. at lake Balaton Hungary, Bull. Env. Con. Tox. 27(6): 821-826.
- Barnes, R. D., 1984, Zoología de Invertebrados, Interamericana, México, D. F., pp. 725-740.
- Bryan, G. W., 1976, Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms, J. Mar. Biol. Ass. U. K., 63(1): 7-21.
- Ferguson, J. E., 1984, *Chione* (Austrovenus) *stutchburyi*, a New Zealand cockle, as a bioindicator for lead pollution, Environ. Pollut., 11(2): 137-151.
- García, E., 1981, Modificaciones al sistema de Clasificación Clínica de Ksppen, Indianapolis, 3a, México, pp. 62-70.

- Genest, P. E. and Hatch, H. I., 1981, Heavy metals in *Mercuraria mercuraria* and sediments from the New Bedford Harbor region of Buzzards Bay, Massachusetts, Bull. Env. Con. Tox., 26(1): 101-130.
- GESAMP, 1970, The state of the marine environment, Int. UNEP Regional Seas reports and studies, No. 115, pp. 111.
- Goldberg, E. D., 1983, U. S. mussel watch: 1977-1978 results on trace metals and radionuclides, Estuar. Shelf Sci., 16(1): 69-93.
- Gómez, S. A. y Arenas, V. F., 1987, Contribuciones en Hidrobiología, U.N.A.M., México, D. F., pp. 757.
- González, H. J., 1982, Tipos y efectos de los contaminantes en los organismos acuáticos, CIECCA, SARH, Tesis I.
- Graham, D. L., 1972, Trace metal levels in intertidal molluscs of California, Veliger, 14(4): 365-372.
- Gutiérrez-Salindo, E. A., 1982, Comentario sobre el metabolismo de metales pesados en organismos marinos, Cienc. Mar., 8(1): 134-138.
- Gutiérrez, E. F. y Flores, M. G., 1986, Disponibilidad biológica de mercurio en las aguas de la costa norte de Baja California, Cienc. Mar., 12(2): 86-98.

- Huang, W., 1984, Lead cycling in estuaries: illustrated by the Gironde estuary, France, *Nature*, 308(5958): 409-414.
- INEGI, 1980, Carta de efectos climáticos regionales mayo-octubre, La Paz, 812-10-11, SPP.
- Jernelov, A. 1976, Pesticidas permanentes y metales pesados, Lab. de Inv. de la Cont. del agua y del aire de Estocolmo, Suecia, pp. 45.
- 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. Con. Tox.*, 27(6): 821-828.
- Marshall, A., 1980, Zoología de los invertebrados, Reverte, Vol. 1, 7a, México, D.F., pp. 310-315.
- Martincic, D., 1984, Bioaccumulation of heavy metals by bivalves from Lim Fjord, *Mar. Biol.*, 81(2): 177-188.
- Heglitsch, P., 1972, *Invertebrate Zoology*, Oxford University Press, 2a, U.S.A., pp. 280-285.
- Morales, R. E. y Cabrera, R. H., 1982, Aplicación de un modelo numérico unidimensional a la ensenada de la Paz, B.C.S., *Cienc. Mar.*, 8(2): 101-116.
- Municipios de México, 1987, Los municipios de Baja California Sur, Enciclopedia de los Municipios de México, Sec. de Gobernación, pp. 10-14.

- Ober, A. G., 1987, Heavy metals in molluscan, crustacean and other commercially important Chilean marine coastal water species, Bull. Env. Con. Tox., 38(3): 534-539.
- Olafsson, J., 1986, Trace metals in mussel *Mytilus edulis*, from southwest Iceland, Mar. Biol., 90(2): 18-29.
- OMS, 1988, Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales, OMS, LIMUSA, pp. 726.
- Osuna, L. J., Ortega, R. P. y Pérez, G.F., 1986, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn en los sedimentos del puerto y antepuerto de Mazatlán, Cienc. Mar., 12(2): 35-45.
- Parker, H. H., 1967, Analysis of tissue, determination of lead, Clin. Chem., 13(1): 40-42.
- Pérez-Zapata, A. J. y Delgado, I., 1987, Cuantificación de metales pesados en ostiones *Crassostrea virginica* de las lagunas litorales de Tabasco, Mem. del VIII Cong. Nac. de Zoología, 1: 293-295.
- Perkin-Elmer, 1982, Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry.
- Reynoso, N. H., 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): 101-116.

- Rozas, M., 1988, *Donax trunculus* and *Penus verrucosa* as bioindicators of trace metal concentrations in Mauritanian coastal waters, *Mar. Biol.*, 99(2): 223-227.
- Schult-Baldes, M., 1974, Lead uptake from sea water and food and loss in the common mussel *Mytilus edulis*, *Mar. Biol.*, 25(2): 177-193.
- Sevilla, M. L., 1977, Introducción a la ecología marina, México, D. F., IPN, pp. 220.
- Simmons, 1982, Ecología de los recursos naturales, Omega, Barcelona, España, pp.: 680.
- Spaargaren, D. H., 1985, Elemental composition and interrelations between element concentrations in marine finfish, mollusc and crustaceans, Netherlands, *J. Sea Res.*, 19(1): 30-37.
- Szekely, F., 1978, El medio ambiente en México y América Latina, Nueva Imagen, México, D. F., pp. 287.
- Watling, H. R., 1983, Accumulation of seven metals by *Crossostrea gigas*, *C. margaritacea*, *Perna perna* and *Choromytilus meridionalis*, *Bull. Env. Con. Tox.*, 30(3): 317-322.
- Yoshida-Y., M. K., 1978, Estudio de la población de la almeja catarina *Argopecten circularis* en la ensenada de la Paz B.C.S., UABC, Esc. Sup. de Cienc. Mar., Tesis.

- Yoshida-Y., M. K., 1978, Estudio preliminar de comunidades bentónicas de la ensenada de La Paz B.C.S., CISCASIO trans., 3: 17-30.
- Yoshida-Y., M. K., 1979, Algunas variaciones en la población de la almeja catarina en la ensenada de La Paz B.C.S., UABC, Area de Cienc. del Mar, pp. 85-90.
- Young, D. R. and McDermot, D. J., 1975, Trace element anomalies in marine organisms of southern California, 18(1): 162-166.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Allen, J. C., 1986, Time sequence of metal pollution Severn estuary, southwestern U. K., Mar. Pollut. Bull., 17(9): 427-431.
- Asiari, T. G., 1987, Study of the quality of the marine environment in the bay of Bouargue of through biological indicators of metal pollution, Coast. Spec. and Lit., 34(133-134): 23-28.
- Angerain, E., 1904, Informe acerca de la fisiografía, geología e hidrología de los alrededores de la Paz B.C.S., Bol. Secr. Pom., 3:216-283.
- Balls, P. N., 1986, Trace metals in water and suspended particulates a synopsis, The Env. Estuar. and Firth Clyde, Proc. R. Soc., 90: 127-128.
- Boydin, C. R., 1977, Effect of size upon metal content of shellfish, J. Mar. Biol. Ass. U. K., 57(4): 675-714.
- Chau, Y. K., 1985, Occurrence of alkyllead compounds on the Detroit and St. Clair rivers, J. Great Lakes Res., 11(3): 313-319.

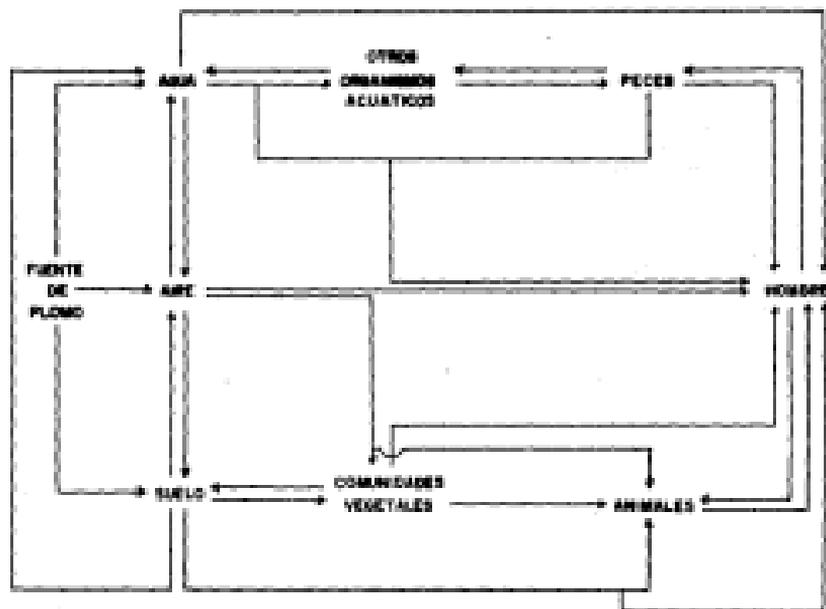
- Cossa, D. F., 1989, Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*, Mar. Biol., 98(1): 7-14.
- Czarnecki, J. M., 1987, Use of the pocketbook mussel *Leopeltis veniricosa*, for monitoring heavy metal pollution in an Ozark stream, Bull. Env. Con. Tox., 38(40): 641-646.
- Dallings, R., 1986, Heavy metals in limnic food chains, Dester. Fish., 39(10): 281-293.
- Davies, B. E., 1987, Consequences of environmental contamination by lead mining in Wales, Hidrobiologia, 149: 213-220.
- De Alba-Pérez, C. R., 1980, La contaminación del mar, B.C.S., año dos mil, perspectiva ecológica, cuadernos universitarios, UNCS, No. 2, 20.
- Del Castillo, A. J., 1979, Impacto de la contaminación del agua en zonas costeras, in: Mem. III Sisp. binacional sobre el medio ambiente del Golfo de California, 26-30, 26-30 abril 1978, La Paz B.C.S., INIF, publ. esp. No. 14, pp. 117-122.
- Derisbach, R. H., 1984, Manual de Toxicología Clínica, México, D.F., Manual Moderno, pp. 856.
- Eisenrich, S. J., 1986, Response to atmospheric lead to decrease use of lead in gasoline, Env. Sci.

- Technol. 20(2): 171-174.
- Ellis, D. V., 1987, A decade of environmental impact assessment at marine and coastal mines, Mar. Min., 6(4): 345-417.
- Espinosa, A. J., 1979, Resultados preliminares sobre la distribución superficial de parámetros físico-químicos en la ensenada de La Paz, B.C.S. durante la primavera de 1978, CALCOFI rep., 20: 150-163.
- Farreras, S. S., 1981, Hidrodinámica de las lagunas costeras de Baja California, En: Discusiones internas sobre labores de investigación y docencia. CICESE: 57-59.
- Farrington, J. W., 1983, Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution, Oceanus, 24(2): 18-29.
- González, M. A. 1978, Contaminación en la ensenada de La Paz, B.C.S., Bol. Cib No. 2: 3-6.
- Hutchinson, T. C., 1987, Occurrence and pathways of lead and mercury in the environment, J. W., New York, U.S.A., pp. 360.
- Kennedy, P. C., 1986, The use of molluscs for monitoring trace elements in the marine environment in New Zealand, J. Mar. Freshwat. Res., 20(4): 627-640.
- Lother, A. N., 1986, On the speciation of metals in the water column of polluted estuary, Mar. Pollut.

- Bull., 17(12): 535-542.
- Lytie, T. F., 1982, Heavy metals in oysters and clams of St. Louis bay, Mississippi, Bull. Env. Con. Tox., 29(1): 56-57.
- Marques, M. J., 1988, Probabilidad y Estadística, U.N.A.M., México, D. F., pp. 780.
- Hartincic, D., Kocak, Z. and Branica, M., 1987, Trace metals in selected organisms from Adriatic sea, Mar. Chem., 22(2-4): 207-220.
- Naranjos, E. C., 1979, Reporte de seminario de moluscos de importancia comercial, Inst. Cienc. Mar. y Lim., U.N.A.M.
- Ruñez, E. O., 1978, DDT en *Chione californiensis* en la parte norte de B.C., Cienc. Mar., 2(1): 6-11.
- OPS, 1987, Guías para la calidad de agua potable, Publ. científicas de la OPS, 2(S06): 350.
- Pavicic, J., 1987, Metal pollution assessment of the marine environment by determination of metal-binding proteins in *Mytilus* sp., Mar. Chem., 22(1): 235-240.
- Reerzada, N. and Dickinson, C., 1988, Heavy metal concentration in oysters from Drwin Harbour, Mar. Pollut. Bull., 19(4): 182-184.
- Robinson, W. E., 1988, Transport of cadmium and other metals in blood of the bivalve mollusc *Mercentric*

- mercenaria, Mar. Biol., 77(11): 101-109.
- Stroegren, T., 1982, Effect of heavy metals (Zn, Hg, Cu, Cd, Pb and Ni) on the length growth of *Mytilus edulis*, Mar. Biol., 72(1): 69-72.
- Suárez, V. C., 1978, Distribución de cobre y zinc en mejillón *Mytilus californianus* de Baja California, Cienc. Mar., 9(1): 7-10.
- White, J. R., 1985, Lead cycling in an acidic Adirondack lake, Env. Sci. Technol., 19(2): 1162-1167.

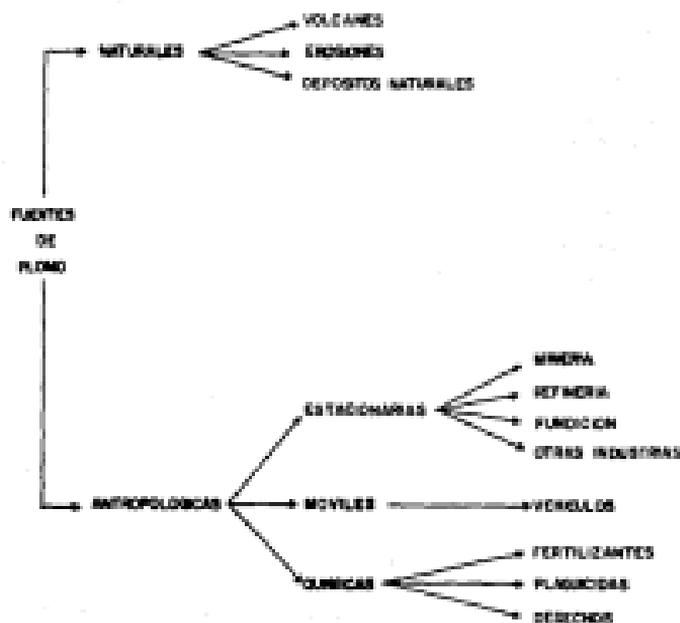
## ANEXO I



TRANSPORTE DE PLOMO EN EL AMBIENTE  
(Tomado de Robert, 1988)

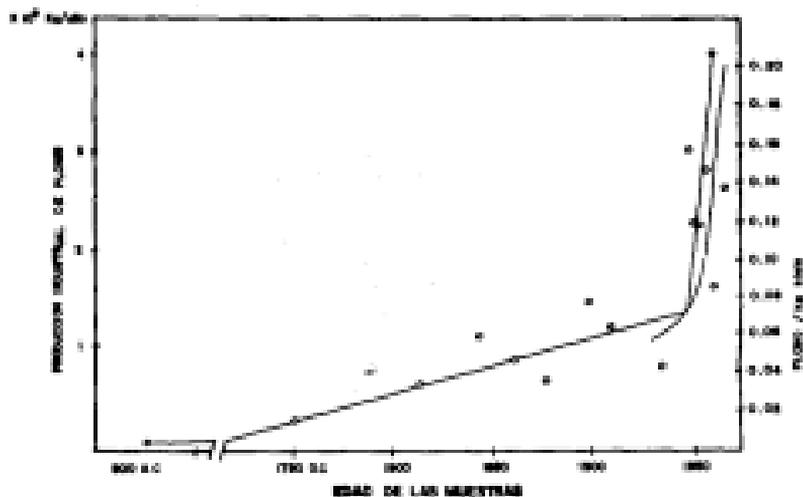
## ANEXO II

## FUENTES DE PLOMO



FUENTES DE PLOMO (Abert, 1981)

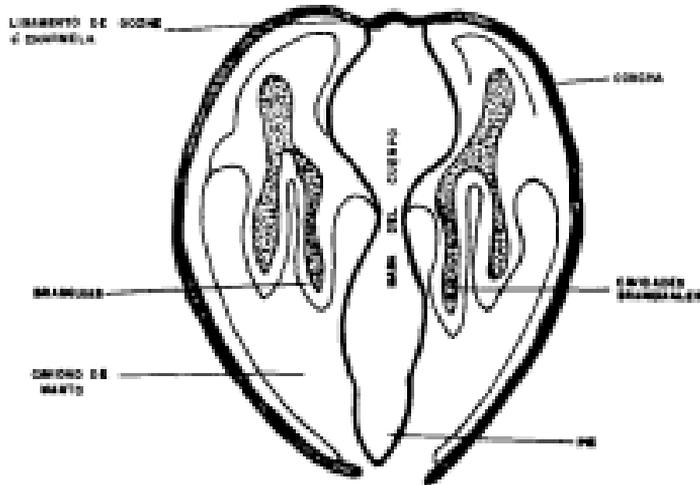
## ANEXO III



Concentrações de plomo em el Niño de Guanacaste en los últimos 2,000 años (Shannon, 1994)

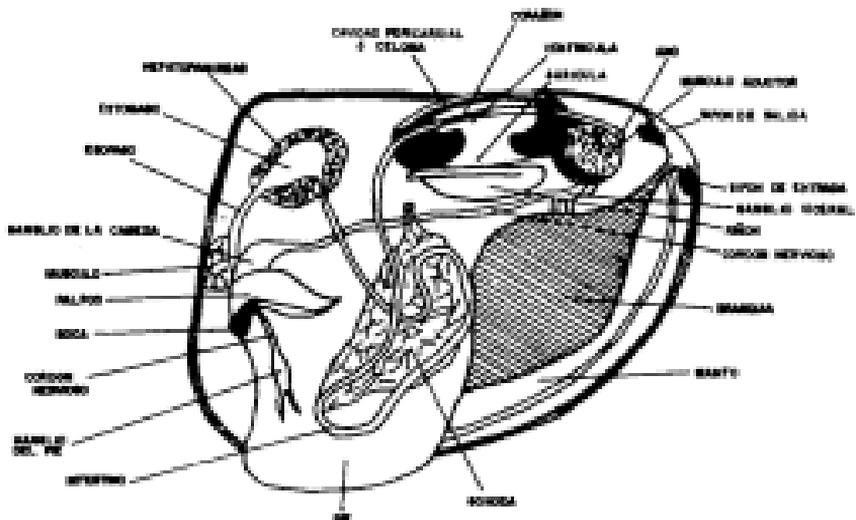
ANEXO IV

69

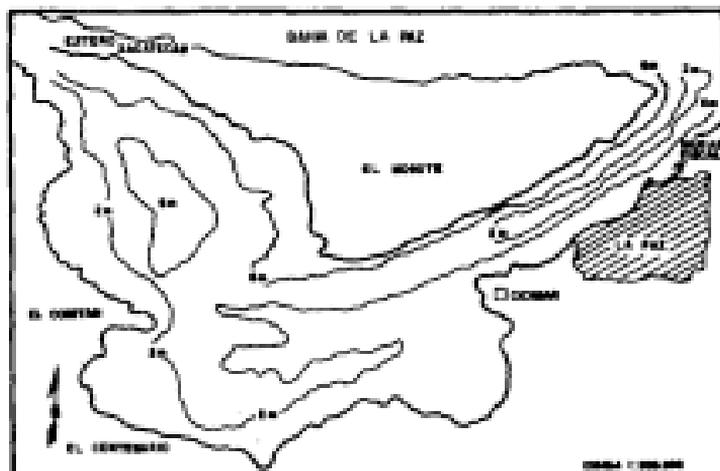


Montaja interna de *Clupea callitrichum*.

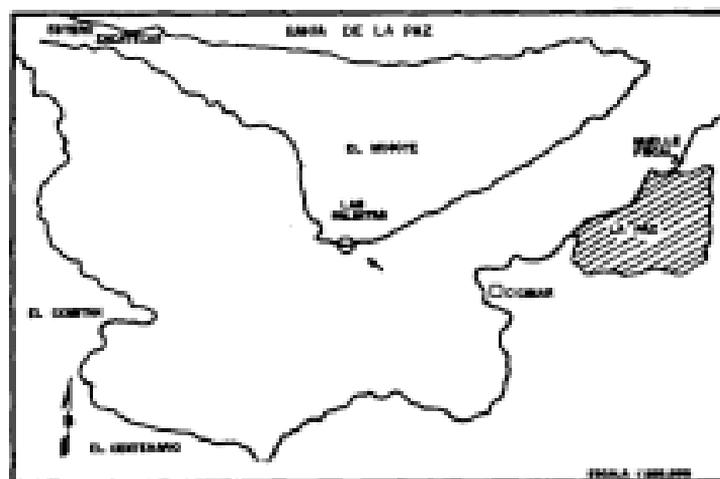
(Romeo, 1944)



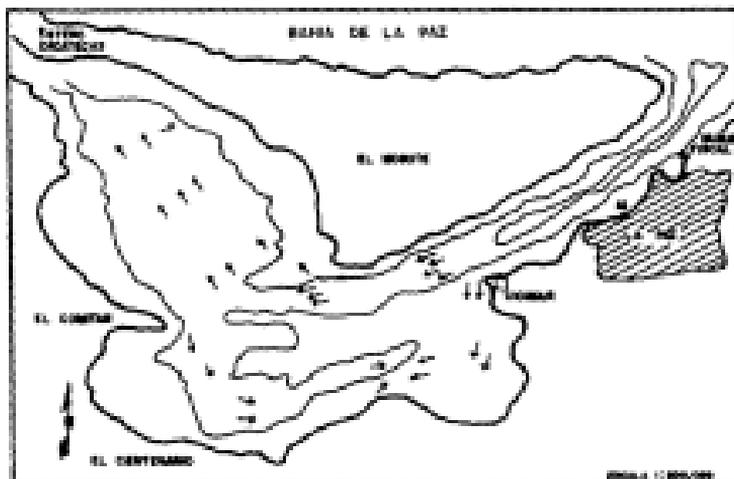
Organización interna de *Clupea callitrichum*, por similitud de Romeo (Romeo, 1944)



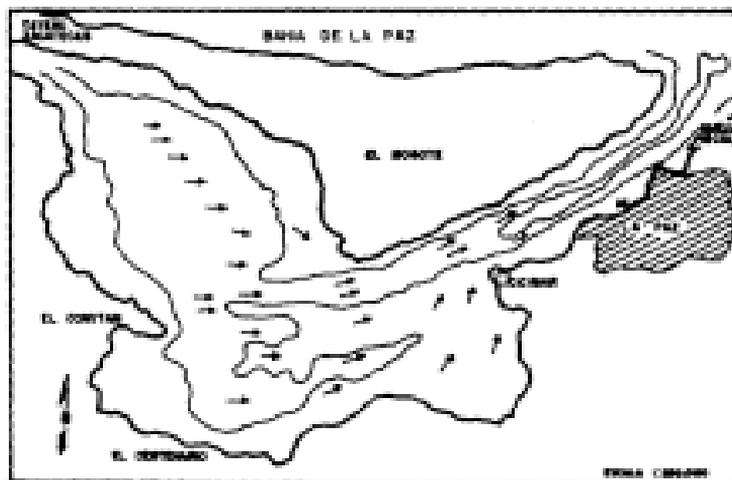
Mapa de potencia de la Ciénaga de La Paz B.C.S. (Morales y Cabrera, 1982).



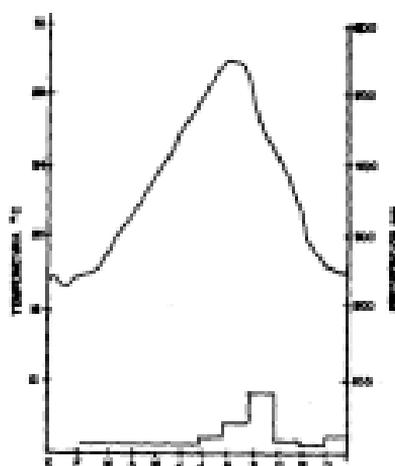
Localización del banco de arena donde se efectúan los colectos.



Dirección de la Corriente Total al Flujo en la Ciénaga de La Paz. S.C.S. (Morales y Calero, 1952)



Dirección de la Corriente Total en Retén en la Ciénaga de La Paz. S.C.S. (Morales y Calero, 1962)



Temperatura e precipitações mensais em La Paz de la Encuesta de La Paz B.C.S. (Como División, Instituto de Geografía UNAM, 1970).

MEZ	TEMPERATURA
ENE	18.1
FEB	20
MAR	20.7
ABR	21.8
MAY	23.2
JUN	—
JUL	25
AGO	25.3
SEP	27
OCT	26
NOV	24.3
DIC	19
ENE	18.1
FEB	20

Temperaturas registradas en el cuerpo de agua de la Encuesta de La Paz B.C.S. (Proporcionadas por el Laboratorio de Investigaciones del CICMAR).

## CLASIFICACIÓN TRINOMICA

REINO:	ANIMAL
PHYLUM:	MOLUSCA
CLASE:	BRACHIOPODA, PELECYPODA & LAMELLIBRANCIA
SUBCLASE:	HETERODONTIA
ORDEN:	VELEROPODA
FAMILIA:	VELEROPIDAE
GÉNERO:	<i>Chama</i>
ESPECIE:	<i>coliforniana</i>

(Barney, 1984)

## ANEXO IX

## BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

La clase Bivalva, Pelecypoda o Lamelibranchia está formada por moluscos llamados en forma general bivalvos, son comprimidos lateralmente por medio de una charnela, que encierra el cuerpo completo. El pie como el resto del cuerpo, está también comprimido lateralmente, de aquí el nombre de Pelecypoda.

La cavidad del manto es la más espaciosa entre las diversas clases de moluscos, y las branquias, casi siempre muy grandes, han adquirido en la mayor parte de las especies la función de recolectar el alimento, además de la del intercambio de gases. La mayoría de estas características representan modificaciones que han permitido a los bivalvos convertirse en excavadores de fondos blandos, para los que la compresión del cuerpo está mejor adaptada. Aunque los bivalvos modernos hayan invadido otros hábitats, estas adaptaciones para excavar en el lodo y la arena han llevado a los mismos por el camino de la especialización, a tal grado que su forma de vida es sedentaria (anexo No. 4).

Las valvas de la concha son atraídas una hacia otra por acción de dos grandes músculos dorsales, llamados aductores, de función antagónica a la charnela. Estos músculos se extienden transversalmente entre las valvas en las partes anterior y posterior, se pueden observar en la superficie interna de las valvas las marcas de inserción de dichos músculos. Los aductores de la mayoría de los bivalvos contienen fibras lisas y estriadas, lo que facilita el prolongado y rápido cierre de las valvas.

Como la concha, el manto sobresale ampliamente del cuerpo y forma una gran lámina de tejido debajo de las valvas. En el borde del manto se distinguen tres pliegues: interno, medio y externo. El pliegue más interno es el más grande y posee músculos circulares y radiales, el pliegue medio destaca por su función sensorial y el externo está relacionado con la concha (Barnes, 1984).

El pie de la mayoría de los bivalvos se ha hecho comprimido (anexo No. 4), ha adoptado formas de navaja y está dirigido anteriormente como una adaptación para la excavación. El movimiento del pie se efectúa mediante una combinación de presión sanguínea y actividad muscular. La congestión del pie con sangre, acoplada a la actividad de un par de músculos pedales exteriores, produce extensión. La retracción, es efectuada por la contracción de un par de anterior y posterior de retractores, que están fijados al

pie y a la concha.

En los bivalvos las branquias y la corriente de ventilación los ha hecho desarrollar la alimentación por filtración. El plancton de la corriente de ventilación es utilizado como fuente de alimento.

Las branquias se extienden anteriormente llegando hasta los palpos, los filamentos alargados, plegados y su fijación mutua, confieren a la branquia una forma de lámina. Cuatro grandes superficies filtradoras anchas (laminillas) están presentes, dos en cada branquia (semibranquias) (Meglitch, 1973).

La alimentación se efectúa en los bivalvos por filtración de agua que pasa a través del sifón incurvante, ubicado en la parte posterior ventral de la almeja, las partículas alimenticias son llevadas de esta forma a las branquias, donde se adhieren a una secreción mucosa, la cual lleva el alimento lentamente hacia la boca, impulsado por el constante movimiento ciliar. Cuando el alimento se aproxima al borde anterior de las branquias, es recogido por los palpos labiales, los cuales hacen una separación de materiales por su tamaño, que pudieran haberse adherido a la secreción mucosa; los palpos labiales transportan el alimento hacia la boca, éste es dirigido a través de un corto esófago, al estómago en forma de bolsa, que se encuentra rodeado por una glándula digestiva grande

denominada hepatopáncreas; posteriormente se realiza la digestión intracelular. La respiración se realiza en forma simultánea con la alimentación y depende del movimiento ciliar, de las branquias y del manto como órgano auxiliar de oxigenación.

El sistema circulatorio de los bivalvos es abierto, consta básicamente de corazón, senos tisulares, branquias y manto o riñón, según la especie, para regresar de nuevo al corazón (Marshall, 1900).

La excreción se realiza por medio de dos nefridios, que se hallan situados debajo de la cavidad pericárdica o un poco detrás de ella y aparecen plegados formando una larga U. Una rama de la U 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 anterior de la cavidad sub-branquial.

Con respecto a la reproducción, la mayor parte de los bivalvos son dióicos. Las dos gónadas rodean las asas intestinales y suelen estar próximas una a otra, siendo difícil su disposición pareada. Los gonoductos son siempre simples, ya que no hay gónada. En los lamelibranquios, los gonoductos no guardan relación con los nefridios y se abren separadamente en la cavidad del manto.