CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN LAS POBLACIONES AUTOCTONAS Y EN TRANSPLANTES DE "MYTILUS CALIFORNIANUS" EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA. ESTUDIO COMPARATIVO A LAS POBLACIONES DE CALIFORNIA, E. U. A.

T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS

HECTOR ERNESTO REYNOSO NUNO

RESUMEN de la tesis de Héctor Ernesto Reynoso Nuño, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en OCEANOGRAFIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada B.C. México.

Febrero de 1985.

Resumen aprobado por:

Dra. Adriana Jorajuria O.

Durante el mes de septiembre de 1981 se realizó un muestreo en las poblaciones autóctonas del mejillón Mytilus californianus, para analizar metales pesados (Ag, Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Al y Mn). Esto se llevó a cabo en las localidades de Erendira y Punta Baja B.C., así como Santa Rosaliita y Punta Abreojos B.C.S.

Junto con este muestreo se transplantaron mejillones procedentes de Bodega Bay California E.U.A., los cuales fueron colocados en las localidades de la Isla de Todos los Santos y en el interior de la Bahía de San Quintín. Los

datos obtenidos tanto de poblaciones autóctonas como de transplantes se compararon con los resultados del State Mussel Watch (SMW) del mismo año.

Los resultados muestran que las poblaciones de mejillones de Baja California y en especial Punta Abreojos B.C.S., presentan condiciones altamente pristinas, donde la influencia antropogénica es practicamente nula. Las concentraciones resultaron ser mucho menores en la mayoría de los metales que Bodega Bay California; localidad considerada por el SMW, como referencia de una localidad no afectadapor contaminación. Por esta razón la asimilación de estos metales en los mejillones de las costas de la Península de Baja California, obedece mas a las necesidades fisiológicas de esto organismos.

Estas bajas concentraciones se atribuyen a la presencia del Agua Ecuatorial que fué evidente durante el muestreo; la cual tiene características oligotróficas.

De los resultados del transplante de San Quintín se concluye que en esta localidad no hay acumulaciones significativas de metales característicos de contaminación (como Ag, Cr, Cu y Pb); mas bien existe una acumulación de metales de origen terrígeno (Mn y Al), la cual es producto de la gran remoción de sedimentos ocasionada por vientos y mareas. Esto es

altamente beneficioso a los cultivos de ostión japonés Crassostrea gigas, que actualmente se llevan a cabo a nivel comercial.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION
SUPERIOR DE ENSENADA.

DEPARTAMENTO DE ECLOGIA MARINA.
DIVISION DE OCEANOLOGIA.

CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN LAS POBLACIONES AUTOCTONAS Y EN TRANSPLANTES DE *Mytilus californianus* EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA. ESTUDIO COMPARATIVO A LAS POBLACIONES DE CALIFORNIA E.U.A.

TESIS

Que para cubrir parcialmente los requisitos
necesarios para obtener el
grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:

HECTOR ERNESTO REYNOSO NUNO

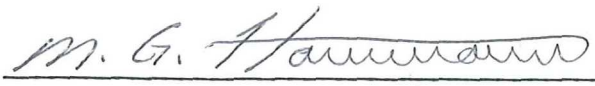
Ensenada B.C., Febrero de 1985.

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:

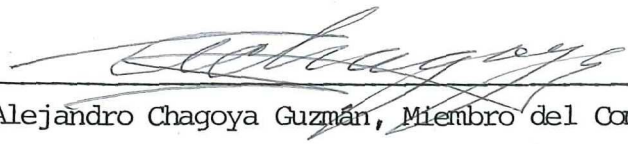
Dra. Adriana Jorajuria Corbo, Director del Comité

M.C. Anamaría Escofet Giansone, Miembro del Comité

Dr. José Rubén Lara Lara, Miembro del Comité



M.C. Gregory Hammann, Miembro del Comité



Dr. Alejandro Chagoya Guzmán, Miembro del Comité

Dr. José Rubén Lara Lara, Jefe del Departamento de Ecología Marina

Dra. María Luisa Argote Espinoza, Directora de la División de Oceanología

M.C. Gilberto Gaxiola Castro, Director Académico Interino

Tesis presentada en Febrero 11 de 1985

"El objeto de llevar a cabo cualquier investigación es el de arrancarle los
secretos a la naturaleza y eso ya de por si debe ser la mayor satisfacción".

Katsuo Niishikawa, 1943-1984.

DEDICATORIA.

Dedico esta tesis a mi esposa, por su gran ayuda y fé que me brindó en el transcurso de mis estudios de Maestría.

A mis hijos: Naytzé, Rabaigh e Isa.

A mis padres y hermanos.

A mis suegros por su apoyo.

A mi querido amigo Katsuo quien fué mi director inicial y que gracias a su gran curiosidad científica, fuí entusiasmado a realizar este trabajo

A la familia Nishikawa-Chavez: Amelia, Katsuo, Keniche y Keiko.

Agradecimientos.

Mis agradecimientos a Mark D. Stepenson jefe del proyecto "State Mussel Watch" de Monterrey California, por la valiosa ayuda que recibí al permitirseme hacer uso de las instalaciones, bibliografía y datos que me fueron facilitados; sin lo cual este trabajo no hubiera sido posible.

Al Dr. George Hemingway y al "Sea Grant", por el apoyo económico que me fué dado al efectuar los análisis.

Al Dr. Jhon Martin, por su amabilidad de aceptarme en los laboratorios de Moss Landing California y llevar allí mis análisis.

A mis amigos Graciela Hontoria de Peña y Sergio Ramos R., por su gran ayuda y paciencia que me brindaron en la elaboración de mis gráficas.

A mi compañero Daniel Loya, por su disposición y ayuda en los trabajos con la computadora.

A mi amiga Tere Wing, por ayudarme a procesar mis datos.

A mi amiga y Secretaria Sara Gonzalez León, por la elaboración de mis tablas, que amablemente llevó a cabo.

A todos mis sinodales por su amistad, ayuda y paciencia con que fuí tratado; así como por sus valiosas sugerencias.

A mi amigo Gilberto Glaxiola por sus atinadas observaciones.

Al Dr. Enrrique Carrillo y a su amable esposa, por todos los favores y consejos que recibí.

CONTENIDO

	pagina
I INTRODUCCION	1
I.1 Antecedentes	6
I.2 Objetivos	14
II DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	16
II.1 Condiciones oceanográficas dominantes en la región	16
III MATERIALES Y METODOS	20
III.1 Análisis de laboratorio	23
IV PROCESAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS	27
IV.1 Comparación entre zonas (California E.U.A.vs. Baja California)	28
V RESULTADOS	33
V.1 Niveles de Oligoelementos en mejillónes	35
V.2 Muestreo de poblaciones autóctonas de mejillones	39
V.3 Transplantes	45
V.4 Análisis de varianza multivariado entre las dos zonas	54
V.5 Análisis de agrupamiento ("Cluster Analisis")	62
V. 6 Comparación de medias globales entre lugares	65
V.7 Indice de similitud	65
VI DISCUSION	68
VII CONCLUSIONES	83
VIII BIBLIOGRAFIA	86
IX APENDICES	97

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	pagina
1	Distribución de estaciones de muestreo y transplantes en California E.U.A. y Baja California	16-a
2	Diagrama del sistema de sujetadores para transplantes.	22
3	Distribución de plata y cadmio en las poblaciones naturales de Mytilus californianus.	40
4	Distribución de cromo y cobre en las poblaciones naturales de Mytilus californianus.	41
5	Distribución de zinc y plomo en las poblaciones naturales de Mytilus californianus.	42
6	Distribución de aluminio y manganeso en las poblaciones naturales de Mytilus ccalifornianus.	43
7	Distribución de plata y cadmio en los transplantes colocados en California E.U.A. y Baja California.	47
8	Distribución de cromo y cobre en los transplantes colocados en California E.U.A. y Baja California.	49
9	Distribución de zinc y plomo en los transplantes colocados en California E.U.A. y Baja California.	51
10	Distribución de aluminio y manganeso en los transplantes colocados en California E.U.A. y Baja California.	53
11	Dendograma de similitud entre los metales del muestreo total (Calif. E.U.A. y Baja California).	64

INDICE DE CONTENIDO DE TABLAS

Tabla	Contenido	pagina
I	Localización de las estaciones de California E.U.A. y Baja California	18
II	Características biométricas de las muestras de Mytilus californianus de las localidades en Baja California	34
III	Indices de Condición (Ic) y Gonadal (Ig)	36
IV	Concentración de los metales en mejillones nativos de California E.U.A. y Baja California	37
V	Concentración de los metales en mejillones nativos de California E.U.A. y Baja California	38
VI	Factores de asimilación de los diferentes transplantes en relación con su lugar de origen	46
VII	Análisis de varianza multivariado de una vía para los metales característicos de contaminación (Ag, Cu y Pb)	55
VIII	Análisis de varianza multivariado de una vía entre los metales característicos de surgencias (Cd y Zn)	56
IX	Análisis de varianza multivariado de una vía entre los metales característicos de un origen terrígeno	57
X	Coeficientes de correlación entre las medias de los metales de las localidades muestreadas en California E.U.A.	59
XI	Coeficientes de correlación entre las medias de los metales de las localidades muestreadas en Baja California	60

XII Coeficientes de correlación entre las medias de los metales de las localidades muestreadas en California E.U.A. y Baja California 61

XIII Coeficientes de correlaciónentre las medias de los transplantes de las dos zonas (California E.U.A. y Baja California 63

XIV Comparación de medias globales 66

XV Valores del índice de similitud (Is) aplicado a las localidades de muestreo de Baja California 67

CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN LAS POBLACIONES AUTOCTONAS Y EN TRANSPLANTES DE *Mytilus californianus* EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA. ESTUDIO COMPARATIVO A LAS POBLACIONES DE CALIFORNIA E.U.A.

I INTRODUCCION.

En las últimas décadas la explotación pesquera y las actividades de maricultivo se han incrementado considerablemente a lo largo de las costas de la península de Baja California. En gran medida esto ha obedecido a la fertilidad de las aguas de sus litorales y la abundancia de lagunas costeras (Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1976).

Es notorio que éstas lagunas así como las costas de la península en general, presentan aún condiciones pristinas, debido a que la intervención del hombre en este medio y la contaminación antropogénica es prácticamente nula. Desde luego existen excepciones, en particular los grandes centros poblacionales de Tijuana y Ensenada B.C., así como Santa Rosalía y la Paz B.C.S., que por su desarrollo están expuestas a contaminación principalmente de origen urbano y a

menor escala industrial.

En las últimas fechas y debido a los incrementos en los asentamientos humanos registrados a partir de la apertura de la carretera transpeninsular hace dos décadas, se han creado centros poblacionales con un marcado desarrollo pesquero e industrial (como es el caso de las ciudades de Ensenada y Tijuana B.C., respectivamente), los cuales son fuentes potenciales de contaminación al medio ambiente.

Aunado a estas fuentes locales de contaminación, existe otra que por su magnitud y la cercanía de ella a la Península de Baja California no puede ser ignorada. Tal es el caso de la región del Sur de California E.U.A., la cual engloba el centro poblacional e industrial mas populoso de la costa oeste del continente Americano, que incluye las áreas de San Francisco, Los Angeles y San Diego California (Goldberg, 1979). Esta región se encuentra colindando al sur con la península dee Baja California y es lo que se llama la Cuenca del Sur de California E.U.A., la cual comprende una amplia zona costera delimitada al norte por Point Conception, al sur por Point Loma, al este por la zona costera de California E.U.A. y Baja California y al oeste por la corriente de California.

Esta región es una cuenca oceanográfica con características

propias que derivan de la interacción entre la Corriente de California y los eventos de surgencias característicos en ambas costas, las cuales deben de ser tomadas en cuenta por el peligro potencial de acarreo de los metales que son descargados en la zona de California E.U.A.

En esta cuenca existen cinco grandes descargas municipales que introducen volumenes considerables de contaminantes. De acuerdo a Schafer (1980), en 1979 se depositaron a través de estas descargas, un volúmen promedio de $4x10^3$ litros por día, que contenían aproximadamente 660 toneladas métricas de material en suspensión. Esta cantidad representa un contenido en toneladas metricas por año de 42.2 de plata (Ag), 42.3 de cádmio (Cd), 237 de cromo (Cr), 359 de cobre (Cu), 223 de plomo (Pb) y 724 de zinc (Zn).

Se comprende así la necesidad e importancia de disponer de datos de concentraciones de metales pesados en el medio ambiente de nuestras costas debido a que es estratégico el contar con referencias que permitan evidenciar problemas de deterioro ecológico, salud humana y efectos en la economía de la región. Con esta información se pueden preveer y evitar casos de contaminación como los que afectaron la salud de la población en la Prefectura de Toyama Japón, que se vió afectada por contaminación de cadmio, ocasionándole el sindrome de "Itai-Itai" y que hasta el año de 1965 produjo

mas de 100 muertes por no haber sido detectada a tiempo ((Kobayashi, 1971).

La prevención se puede llevar a cabo en cuanto se detectan concentraciones anómalamente altas, en relación a un medio ambiente no contaminado.

Las cadenas tróficas también pueden resultar seriamente afectadas ante concentraciones muy altas de metales pesados; debido a los procesos de biomagnificación y bioacumulación que en ellas pueden efectuarse (Phillips, 1980).

Al existir en nuestras costas cultivos de moluscos a nivel comercial, como es el caso del ostión japonés Crassostrea gigas, que actualmente se lleva a cabo en la Bahía de San Quintín, así como la extracción de diversos productos pesqueros, se plantea la incognita de que sucede con los elementos antropogénicos descargados en la Cuenca de California, así como las descargas de los centros poblacionales de Baja California.

Una de las soluciones a esta necesidad puede ser un programa de vigilancia utilizando organismos como los mejillones (Mytilus sp.), que es el caso que se plantea en este estudio, donde se sigue la misma metodología del "State Mussel Watch" (SMW; Stephenson et al., 1979 y 1980).

Este estudio es por consiguiente el inicio de un programa de vigilancia de la contaminación de metales pesados a nivel nacional, usando mejillones, como una extensión de los esfuerzos hechos por varios investigadores a nivel internacional, para preservar nuestro medio ambiente marino.

I.1 Antecedentes.

Katz y Kaplan (1981), reportaron concentraciones de algunos metales pesados en los sedimentos del Sur de California E.U.A. Según estos autores el transporte de estos elementos a través de las costas y la plataforma continental está íntimamente asociado con las partículas de materia orgánica y sedimentos en suspensión, las cuales se forman en su mayor parte en las descargas mismas, ya sea al contacto con el agua de mar o bien porque ya están formadas en el mismo material desechado. Esto podría en un momento dado dar lugar a un transporte del material descargado en la Cuenca de California a nuestras costas, por efectos de la Corriente de California. Para hacer un buen planteamiento de los objetivos de trabajo se requiere saber de antemano cuales son los contaminantes de mayor impacto en el ambiente natural, la economía de la región y la salud humana.

Los contaminantes se pueden dividir basicamente en tres tipos: 1) domesticos, 2) industriales, y 3) derivados de actividades agricolas. En nuestro caso los metales pesados son de gran interés, ya que por un lado revelan la presencia de contaminación de tipo industrial y urbano (tal es el caso del plomo, plata, zinc y cobre), por otro

lado de eventos de surgencias costeras (con metales como el cadmio y el Zn), así como fuentes de origen terrígeno (cromo, aluminio y manganeso) (Martin et al., 1976; Ouellete, 1978; Goldberg, 1979; Stephenson et al., 1979 y Stephenson et al., 1980).

Tradicionalmente en los estudios de contaminación marina se han usado muestras de diferentes tipos de ambientes (agua, sedimentos y organismos); sin embargo cada uno de ellos tiene sus limitaciones. Por ejemplo el análisis de metales pesados en muestras de agua presenta grandes variaciones, según la profundidad, localidad y estacionalidad del muestreo. Esto se debe a que las concentraciones no son las mismas en toda la columna de agua, además de que pueden variar significativamente en períodos de tiempo relativamente cortos (Spencer y Brewer, 1969; Brewer et al., 1972 y Morris, 1974). Por otro lado dichos análisis presentan problemas por las bajas concentraciones que generalmente se encuentran dentro de la compleja matriz salina que forma la molecula de agua de mar (Katz y Kaplan, 1981).

Los metales pesados se presentan en dos formas químicas principales en el agua de mar; la primera en forma de iones pares, donde la atracción es a través de la molecula de agua y la otra es en forma de complejos coordinados,

donde existe la donación de un eletrón al metal, formando ligaduras coordinadas (Hutzinger, 1980).

La mayoría de los metales son introducidos a la biota acuática en forma iónica; debido a la afinidad por las proteínas a nivel celular, estos son introducidos en los tejidos de los organismos, como resultado de procesos enzimaticos (Phillips, 1980). Sin embargo la acumulación de los metales varía según la capacidad de absorción de la biota, y a sus rutas de movilización. Por ejemplo el plomo tiene como principal forma de transporte la formación de compuestos orgánicos que pueden ser facilmente absorbidos por la biota (Hutzinger, 1980). El zinc se puede encontrar en el agua de mar como un ión simple o un ión par de hidróxido de zinc ($ZnOH^+$), mientras que el cadmio es mas común encontrarlo en forma de cloruro de cadmio $CdCl^+$ y el plomo en forma de carbonato de plomo $PbCO_3$ (Zirino y Healy, 1970).

Sin embargo es dificil seguir la ruta y el comportamiento de cada metal en particular dentro del medio marino. Las investigaciones han mostrado que los organismos pueden acumular contaminantes o substancias tóxicas, como por ejemplo metales pesados, hidrocarburos de petróleo y compuestos organo clorados, a niveles mayores que los del medio acuático que les rodea. Tal es el caso del mejillón

Mytilus californianus (Stephenson *et al.*, 1979). Estos procesos se llevan a cabo por la asimilación que ocurre en branquias y glandula digestiva principalmente, debido al secuestro de los metales por ligaduras y proteínas de alto peso molecular conocidas como metalotionínas (Carpene y George, 1981).

El uso de indicadores biológicos poseé ventajas sobre el análisis de muestras de agua y sedimentos, como es el de no requerir una gran cantidad de muestreos, debido a que los organismos cuentan con una capacidad de integración en el tiempo de los metales presentes en el medio ambiente, (Phillips, 1976). Los requisitos que deben llenar un organismo bioindicador pueden resumirse según las estrategias planteadas por Haug *et al.*, (1974) y Phillips (1980):

a) El organismo deberá acumular el contaminante sin sucumbir a los niveles encontrados en el medio ambiente (niveles subletales).

b) El organismo deberá ser sedentario, de tal manera que sea representativo del área de estudio.

c) El organismo deberá ser abundante en el área de estudio.

d) El organismo deberá ser lo suficiente longevo, para que permita el muestreo de mas de una clase de su edad.

e) El organismo deberá tener una talla razonable, capaz de proporcionar una cantidad adecuada de tejido para análisis.

f) El organismo deberá ser accesible al muestreo y lo suficientemente resistente que permita su manejo para estudios de laboratorio.

g) El organismo deberá tolerar el rango de condiciones oceanográficas existentes en la zona donde se empleará (para el caso de los transplantes esto es basico).

h) Todos los organismos de una especie dada, empleados en la investigación, deberán presentar una proporción entre el contenido del contaminante en los tejidos y el la concentración de este en el medio ambiente que le rodea. Esto debe ser consistente en todas las localidades estudiadas y bajo todas las condiciones.

Los moluscos del genero Mytilus se han seleccionado como uno de los organismos indicadores de mayor uso, por ser eficientes acumuladores de los metales del medio ambiente (Brooks y Rumsby, 1965; Pringle et al., 1968 y Bryan,

1973), tolerantes a las concentraciones del medio ambiente (Bayne,1976), integradores en largos periódos de tiempo (Phillips, 1976) y de amplia distribución (Brooks y Rumsby, 1965).

El uso de mejillones como bioindicadores ha permitido en la actualidad satisfacer la necesidad de cubrir grandes áreas geográficas y así tener mayor comprensión de la contaminación marina (Fowler y Oregioni; 1976). El programa "National MuMMEW Watch" (NMW) iniciado por Goldberg (1975), se enfoca para lograr este objetivo, extendiéndose posteriormente a nivel global como "International Mussel Watch" (IMW) (Stephenson et al., 1979).

Dichos programas plantean estrategias para vigilar las costas de los efectos de la contaminación (Goldberrg , 1975 y Goldberg et al., 1983). Asimismo estos programas han demostrado que el concepto de un organismo centinela como es el caso del mejillón, puede ser una herramienta muy útil para evaluar la contaminación de tipo industrial en aguas costeras (Farrington, 1983), ya que tienen la capacidad de bioacumular entre 10 y 10 veces las concentraciones existentes en el agua de mar (Phillips, 1976).

Algunos investigadores (Stephenson et al.,1979; Goldberg et al., 1983 y Farrington, 1983), han encontrado diferencias significativas entre lugares contaminados y no contaminados para compuestos de bifenil policlorados (PBCs), hidrocarburos y metales pesados. Tales resultados demuestran que este tipo de estudios pueden arrojar resultados prácticos y útiles que realmente séan auxiliares valiosos para valorar los efectos y la extensión de la contaminación costera.

Goldberg (1975, 1979) y Goldberg et al., (1983), comprendieron la necesidad de emprender un muestreo continuo en ambas costas de E.U.A., quedando en la costa de California como "State Mussel Watch of California" (SMW) (Stephenson et al., 1979)

El SMW ha llevado a cabo muestreos intensivos a lo largo de la costa de California E.U.A. en una serie de 32 estaciones, cubriendo desde 1977 hasta el presente año en forma continua (Stephenson et al.,1979, 1980 y 1982). Sin embargo hasta ahora no han sido posibles estudios que complemeten el cuadro en la porción sur de la frontera que corresponde a la zona costera de Baja California, con excepción de el estudio de Vidal y Acosta (1976), quienes analizan cobre y zinc en 11 estaciones comprendidas entre la frontera con E.U.A., y la Bahía de Todos los Santos

B.C.. Sin embargo el resto de la península y otros metales de importancia como el cadmio (Cd) y la plata (Ag) no fueron analizados durante su estudio.

Nishikawa (comunicación personal) obtuvo datos aislados de concentraciones de Cd y Zn en las áreas de Punta Abreojos y San Quintín B.C. Así mismo Chow et al., (1976) realizaron muestreos con Mytilus californianus y M. edulis a lo largo de las costas de California y Baja California (desde Piedras Blancas Calif. hasta Punta Banda B.C.). Estos autores muestran que hay una correlación muy estrecha entre altas concentraciones de plomo y los grandes centros poblacionales.

Por otro lado la importancia del Cd en los ciclos biogeoquímicos de las aguas de Baja California, ha sido demostrado por varios investigadores en análisis hechos a muestras de agua de mar y plancton (Martin y Broenkow, 1975; Martin et al. , 1976; y Knauer y Martin, 1981). Estos investigadores encontraron una relación muy estrecha entre los procesos que envuelven la regeneración de fosfatos y nitratos con las concentraciones del cadmio en el medio acuático marino; y asimismo observaron que el microplancton de la costa sur de Baja California, posee la capacidad de bioacumular cadmio en cantidades mayores que las comunidades planctónicas de la costa de California,

siendo este proceso independiente de surgencias y de las descargas industriales (Knauer y Martin, 1981). Sin embargo una relación de estos procesos a concentraciones de estos metales en moluscos no fué llevada a cabo.

I.2 Objetivos.

1) Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Ag, Cd, Cu, Zn, Cr, Al, Pb y Mn) en las poblaciones autóctonas del mejillón Mytilus californianus, en la parte oeste de la Península de Baja California.

2) Relacionar las concentraciones a variaciones de las condiciones hidrográficas.

3) Evaluar el grado en que, mejillones transplantados a nuestras costas acumulan metales característicos de contaminación, surgencias, sedimentos etc.; que afecten a nivel local bahías, darsenas o esteros donde no existan poblaciones autóctonas.

4) Detectar si existe algún tipo de acumulación de metales en las zonas en que ya existen cultivos comerciales de ostión, que indique peligro tanto en la calidad del

producto como de la salud publica.

5) Comparar las dos zonas (E.U.A. vs. Baja California), para detectar diferencias entre las concentraciones de los metales característicos de contaminación (Ag, Cu y Pb), surgencias (Cd y Zn) y de origen terrígeno (Al, Mn y Cr).

II DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en la costa occidental de la Península de Baja California. Las estaciones de muestreo de poblaciones autóctonas de transplantes se aprecian en la Figura 1 y tabla I. La extensión del área de estudio fué entre las coordenadas 31 45' 47'' N, 116 03' 00''W y 26 35' 30'' N, 113 32' 20''. La península tiene como limites: Al norte la frontera con California E.U.A. y al sur la boca del Golfo de California, al este el Golfo de California y al oeste el Oceano Pacífico.

II.1 Condiciones oceanográficas dominantes en la región

La presencia de la Corriente de California es el fenómeno que mayor influencia tiene en las costas de California E.U.A. y Baja California. Esta se caracteríza por ser ancha (aprox. 300 km) y en dirección constante hacia el sur, siendo común la formación de algunos remolinos y meandros (Reid, et al. 1958 y Bernstein et al., 1977). Uno de ellos de suma importancia es el reportado por Hickey (1979), que se forma a medida que la corriente alcanza la costa del sur de California y del norte de Baja

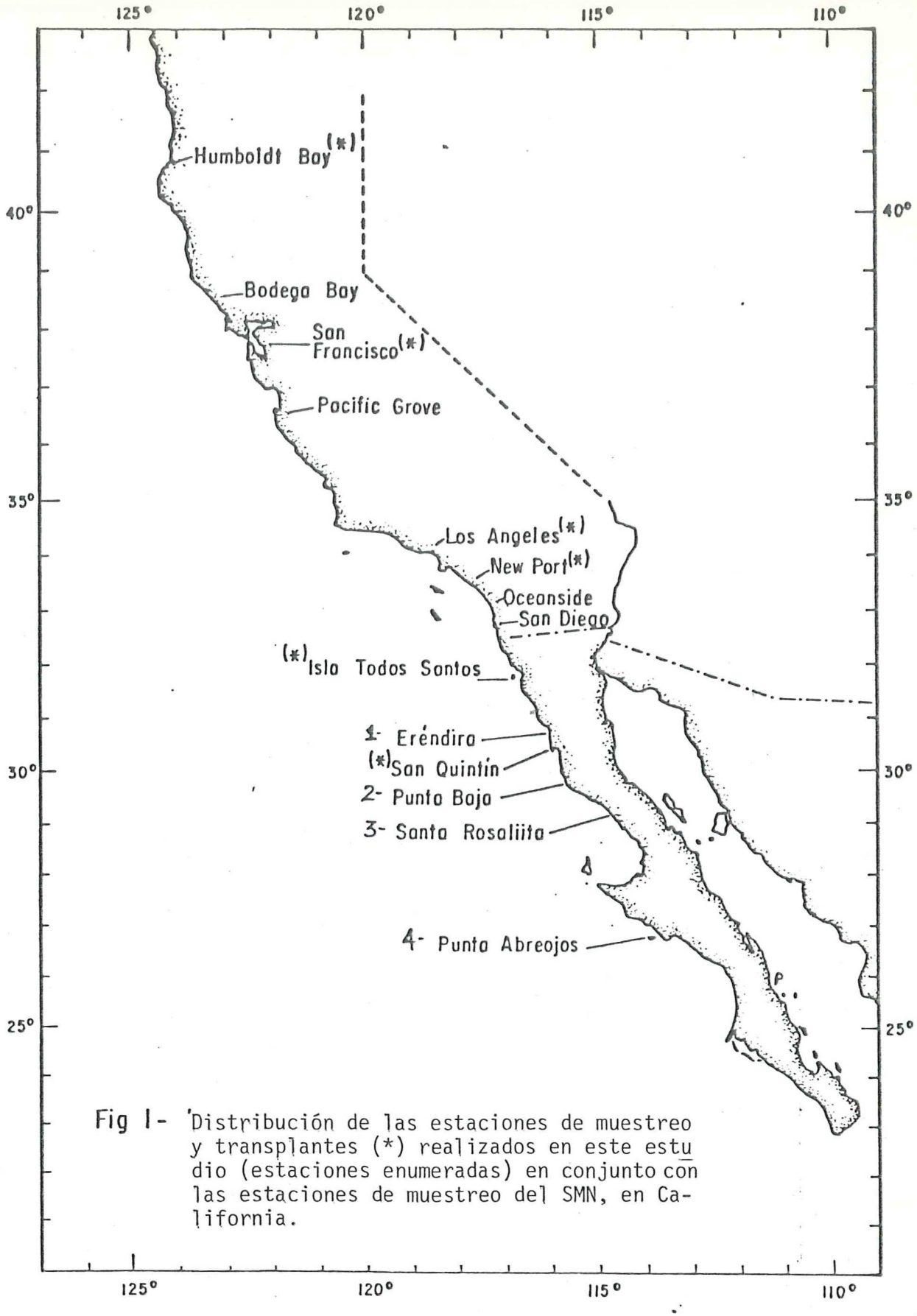


Fig 1- Distribución de las estaciones de muestreo y transplantes (*) realizados en este estudio (estaciones enumeradas) en conjunto con las estaciones de muestreo del SMN, en California.

TABLA No. 1

LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE CALIFORNIA, E.U.A. Y BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

	NUMERO DE ESTACION	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD
E.U.A.	1	Hymboldt Bay *	40°45'40"	124°14'15"
	2	Bodega Head	38°31'30"	123°15'45"
	3	San Francisco *	37°41'45"	122°20'30"
	4	Pacific Gove	36°38'08"	121°55'29"
	5	Los Angeles	33°43'00"	118°19'00"
	6	Los Angeles *	33°43'00"	118°19'00"
	7	Newport *	33°30'00"	118°00'00"
	8	Oceanside	33°11'10"	117°23'30"
	9	Point Loma	32°21'01"	117°10'22"
	10	San Diego *	32°20'00"	117°10'20"
MEXICO	11	Isla Todos los Santos	31°45'47"	116°50'10"
	12	Eréndira	30°40'40"	116°03'00"
	13	San Quintín *	30°25'48"	116°00'00"
	14	Punta Baja	29°55'30"	115°49'00"
	15	Sta. Rosaliita	28°40'00"	114°14'08"
	16	Punta Abreojos	26°35'30"	113°32'20"

* Estaciones de transplantes.

California, ramificandose esta en dos componentes, una que tiende a dirigirse hacia el sur y la otra hacia el norte. La ultima dá lugar a una especie de remolino que puede alcanzar en extención hasta San Quintín B.C. (30 N) y que representa para nuestros intereses un posible acarreo y permanencia de elemetos contaminantes procedentes de la propia Cuenca de California en nuestras costas.

La existencia de lineas de flujo norte-sur, son bien consistentes e inclusive algunas de ellas tienden a juntarse a la linea de costa a la altura de Punta Baja y Santa Rosallita B.C. (Wyllie, 1966; apend. 1).

Estas lineas de flujo pierden extensión durante los meses de agosto y septiembre, debido a un debilitamiento de la Corriente de California, el cual es bien conocido (Gomez José y Velez Muñoz, 1982). Esto dá lugar a la introducción del Agua Ecuatorial, la cual asciende (apend. 2).

Cuando se presenta este debilitamiento por regla general se observan concentraciones bajas de nitratos y fosfatos (Fleminger y Wyllie, 1974; apend. 3); valores altos de temperatura y salinidad (Gomez, J. y Velez, M. H., 1982; apendices 4 y 5 y Wyllie, 1966; apendices 6 y 7). También son comúnes los eventos de surgencias, los cuales

se caracterízan por concentraciones bajas de nutrientes, así como baja temperatura y salinidades altas, siendo mas evidentes estas ultimas en la zona que se encuentra mas hacia el norte de la Península de Baja California (Wyllie, 1966; Bakum, 1973 y Bakum y Nelson, 1975; apends. 3,4,5,6,7 y 9).

En el caso de nuestro muestreo, podemos afirmar que se realizó en presencia del Agua Ecuatorial, con temperaturas altas y valores de índices de surgencias bajos (apendices 8,9,10,11 y 12). Esto por consiguiente ha de significar valores bajos de nutrientes y una pobre productividad primaria.

III MATERIALES Y METODOS.

Durante el mes de septiembre de 1981 se llevó a cabo el muestreo del presente estudio, sobre poblaciones autóctonas del mejillón Mytilus californianus en las localidades de Eréndira y Pta. Baja B.C., así como Santa Rosaliita y Pta. Abreojos B.C.S. (Fig. 1, Tabla I).

Los mejillones extraidos de las poblaciones autóctonas fueron colectados en el nivel medio de la zona de intermareal, sobre sustrato rocoso, con pendiente similar. Se tomaron tres muestras replicas de 15 organismos cada una en cada lugar. Se tuvo el cuidado de no exceder la talla mínima de 7 cm, sugerida por el MW, debido a que se elimina la variación que en un momento dado pueda ocasionar la actividad sexual, por el desalojo de gametas, lo cual afecta sensiblemente las mediciones de Zn y Cu (Boyden, 1974, 1977 y Stephenson, et al. 1979). Aún con esta precaución las gametas fueron desechadas durante los análisis, como se explica en la sección de análisis de laboratorio.

La colección de las muestras se llevó a cabo manualmente durante la baja mar, usando cuchillos de acero inoxidable, ya que se ha comprobado que la contaminación que pueda producir es insignificante (Grooves, 1977). Para proteger las

muestras durante el manipuleo, se utilizaron guantes de polietileno. Los organismos colectados fueron puestos en bolsas del mismo material, las cuales fueron previamente enjuagadas con agua bidestilada. Posteriormente se depositaron en hieleras de polietileno con hielo seco para su transporte al laboratorio. La conservación se llevó a cabo congelando las muestras en un refrigerador a temperaturas de - 30°C, hasta su análisis.

Junto con este muestreo se llevaron a cabo transplantes de mejillones procedentes de Bodega Bay California E.U.A., los cuales fueron depositados en la Isla de Todos Los Santos y San Quintín B.C. (Fig. 1, Tabla I). Los mejillones para los transplantes fueron obtenidos de Bodega Bay Calif. por ser el lugar mas limpio considerado por el SMW. Esto organismos fueron colocados a 10 m de profundidad en bolsas de Nylon, por medio de un sistema especial de flotadores (Fig. 2), los cuales se dejaron seis meses el de la Isla de Todos los Santos B.C., no así el de San Quintín B.C., que se dejó ocho meses por no haber podido ser localizado a tiempo (julio a diciembre de 1981 el de la Isla y de julio de 1981 a enero de 1982, el de San Quintín).

El transplante de San Quintín fué colocado en el interior de la Bahía, donde los disturbios provocados por el viento y las mareas son muy frecuentes; mientras que el de la Isla de

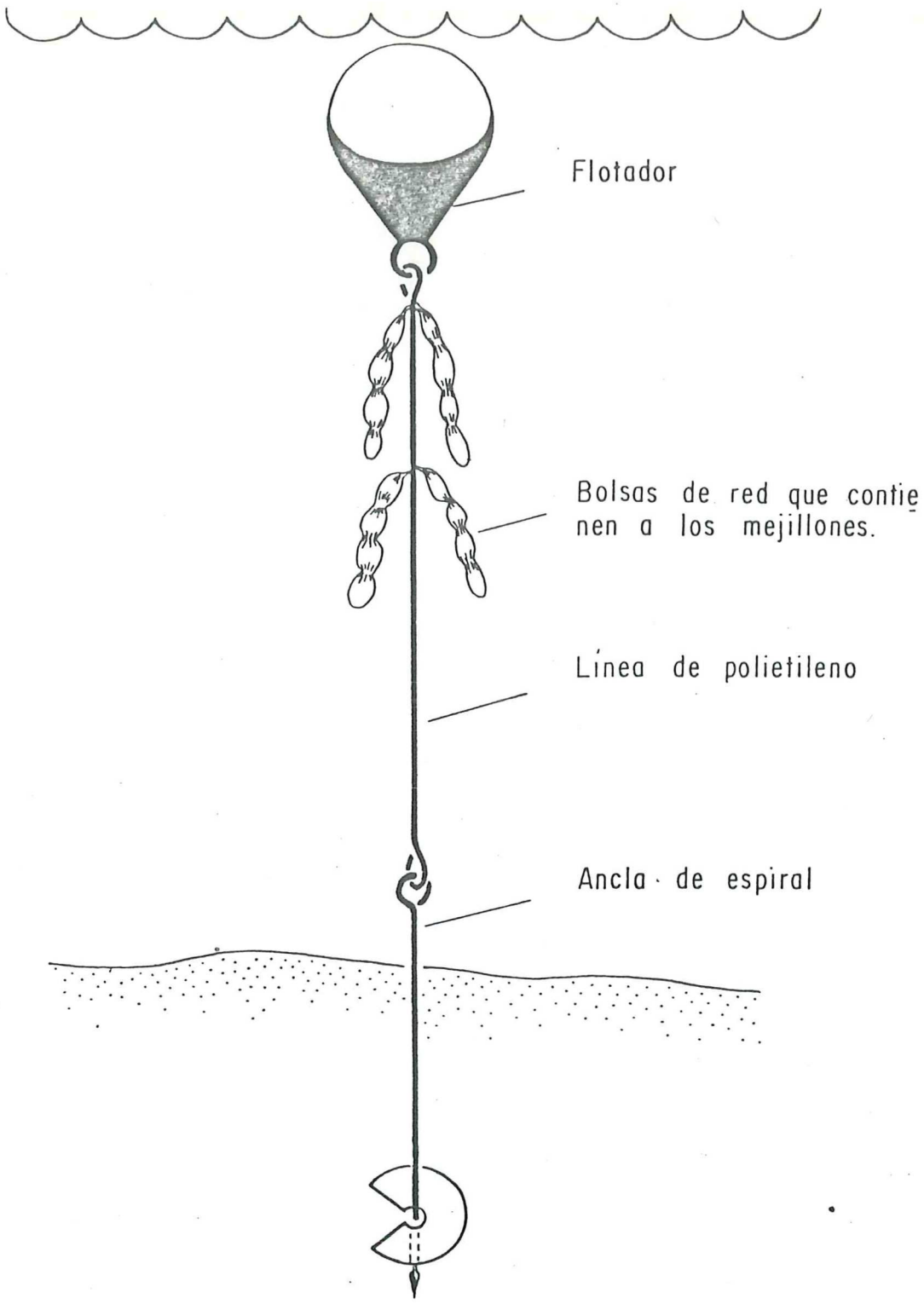


Fig. 2 Diagrama del sistema de sujetadores de transplan_ tes, utilizado en este estudio.

Todos Los Santos se dejó en aguas mas claras y de menor turbulencia, en el lado protegido de la isla.

III.1 Análisis de laboratorio.

Los análisis se llevaron a cabo en los laboratorios de Moss Landing California , usando los mismos métodos y normas de calidad que usa el SMW (Stephenson,1979) y que a continuación se describen. Esto permitió obtener datos comparables.

Para el manejo, limpieza y todo el procedimiento que se le dió a las muestras se usaron guantes de polietileno. El laboratorio donde se llevó a cabo todo el proceso de disección, digestión y análisis, está especialmente diseñ

para trabajar con metales pesados. Este laboratorio está construido en su mayor parte con material plástico, evítandose al máximo el uso de cualquier material metálico. Este posee una presión positiva con aire limpio y filtrado, con el mismo objeto de evitar al máximo la contaminación.

Toda la cristalería fué lavada con una solución de limpieza "Micro-R", para después enjuagarse tres veces con agua desionizada (18 megohm), obtenida de un sistema millipore "Milli-QR", posteriormente se enjuagó todo en ácido nítrico

ultrapuro (HNO3) 1:1 y se dejó reposar en esta solución por lo menos una semana, para finalmente ponerse a reposar otra semana en agua desionizada.

La preparación de las muestras consistió en lavar y enjuagar con un cepillo duro de fibras orgánicas el exterior de las conchas de los mejillones todavía congelados útilizando un flujo constante de agua "Milli-QR". Se abrieron las conchas con un bisturí de material inoxidable, cortándose el músculo aductor.

En la disección se separaron las gónadas del resto de los tejidos, siendo estos últimos los que se útilizaron en los análisis. Antes de desecharse las gónadas, se pesaron las de una muestra de 15 organismos de cada lugar, con el objeto de obtener su media. Las gónadas se desecharon para evitar la gran variabilidad que introducen estas, originadas por los cambios substanciales de peso. Estos cambios de peso ocasionan grandes variaciones en el cálculo de las concentraciones de los metales pesados especialmente Cu, Pb y Zn, pues el tejido de reserva acumulado en las gónadas, puede en un momento dado actuar como un diluyente de los metales en el resto de los tejidos (Alexander y Young, 1976 y Boyden, 1977).

Se tomaron los datos biométricos de los quince organismos de

una replica para obtener las medias del peso de los tejidos y la longitud de sus conchas.

Se llevó a cabo un homogenizado de los tejidos restantes de cada una de las replicas, útilizando una licuadora con aspas de titanio, ya que se evita la contaminación pues hay un mínimo de corrosión (Stephenson et al., 1979.). El homogenizado tiene por objeto el reducir el número de análisis que se tendrían que hacer si se usaran mejillones en forma individual, reemplazando al metodo de la muestra mínima, que en general resulta intratable por su magnitud (Stephenson, 1979).

Para la digestión de las muestras se tomó una alícuota de 5 gr del homogenizado en un vaso de precipitados de 30 ml y se secaron a 70 C por 72 hrs. en un horno. Las muestras se pesaron nuevamente y se les agregó 5 ml de ácido nítrico al 70 %. Después se digirieron por tres horas, secándose hasta carbonizarse a 350 C. Para eliminar los lípidos se le agregaron otros 5 ml de ácido nítrico ultrapuro redestilado en cuarzo y después se oxidó agregando unas gotas de peróxido de hidrógeno al 30 %. Una vez realizado lo anterior, la muestra fué evaporada hasta llegar a un residuo ligeramente húmedo, agregándose finalmente 25 ml de ácido nítrico al 1%, poniéndose esta última solución en recipientes de plástico de 30 ml.

Los análisis de plomo (Pb), plata (Ag), y cromo (Cr), se llevaron a cabo en un espectrofotómetro de absorción átomica "Perkin-Elmer 603", equipado con un horno de grafito "HGA 2100". Un horno de flama (aire-acetileno) fué usado para Cd, Cu, Mn y Zn. Para el aluminio se utilizó una flama de acetileno-oxido nitroso.

La estandarización de los análisis del National Mussel Watch (NMW) y los laboratorios que participan en él, se llevó a cabo útilizando hojas de orquídeas NBS # 1571 e higado de bovino NBS # 1577, ante los cuales se refirieron nuestras concentraciones, usandose como punto de referencia. El ácido nítrico ultrapuro fué probado corriendo testigos antes de ser usado en las muestras durante los procesos de digestión y análisis para evitar la contaminación de estas.

IV PROCESAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS.

Se utilizaron los índices de condición (Ic) y gonadal (Ig) propuestos por Giese and Pearse (1974) y usados por el SMW (Stephenson, et al., 1980) los cuales se expresan de la siguiente forma:

$$Ic\ (gr/cm) = Mt/Lc \qquad (1)$$

Donde Mt = media del peso de los tejidos.

Lc = media de la longitud de las conchas.

En ambas mediciones se tomaron los datos biométricos de 15 organismos.

Este índice nos indica la proporción de tejido que tienen las muestras con respecto a la longitud de sus conchas. Se asume que los mejillones en buenas condiciones tendrán una mayor proporción de tejidos a una longitud dada y por ende un mayor índice. El Indice gonadal es empleado como una medida que nos dá información de que tan desarrolladas tiene las gónadas la población, tal indice se expresa como:

$$Ig = Mg/Mt \qquad (2)$$

Donde Mg = media del peso de las gónadas.

Mt = lo mismo que en (1).

A mayor valor de este índice, hay mas proporción de gónadas para una longitud de concha dada.

IV.1 Comparación entre zonas (California E.U.A.vs. Baja California)

El SMW realizó por su parte su muestreo durante el mes de enero de 1982, en plena epoca de lluvias, siendo las localidades muestreadas: Bodega Bay, Pacific Grove, Los Angeles, Oceanside y Point Loma Calif. E.U.A.; así mismo fueron recolectados los transplantes luego de permanecer seis meses en las áreas de Humboldt Bay, San Francisco, Los Angeles, New Port y San Diego (Fig. 1, Tabla I).

Los datos de California E.U.A., fueron gentilmente proporcionados por M.D. Stephenson (comunicación personal, datos aún sin publicar), con los que se comparan nuestros resultados.

Un análisis estadístico de comparación entre zonas (Calif. E.U.A vs. B.C.), se llevó a cabo entre los metales

característicos de contaminación (Ag, Cu y Pb), surgencias (Cd y Zn) y de origen terrígeno (Al, Mn y Cr). Se realizó utilizando un análisis de varianza multivariado de una vía, comparando las medias de los grupos de metales, entre las dos zonas. Esta prueba no se pudo realizar para la totalidad de los metales en conjunto, por los pocos datos de las estaciones muestreadas, resultando una matriz imposible de trabajar por este método.

Debido a la heterogeneidad de las matrices de dispersión detectada a través de la Prueba de Box (Morrison, 1979), se aplicó una transformación logarítmica natural y al 1 % de significancia se pudo obtener una homogeneidad de dispersión aceptable.

Para entender los patrones de asimilación entre las poblaciones tanto de E.U.A., Baja California y transplantes, se llevaron a cabo correlaciones lineales entre las concentraciones promedio de los ocho metales correspondientes a las localidades de cada zona;. las cuales son: a) Población de mejillones de la costa de California E.U.A., b) de Baja California, c) entre los transplantes de las dos zonas (E.U.A. y B.C.).

Por último se construyeron dendogramas utilizando los mismos coeficientes de correlación transformados a índices

de afinidad; con el fín de hacer análisis de agrupamiento entre los metales y así corroborar los patrones de asimilación de estos metales entre las poblaciones muestreadas.

A los datos de los transplantes se les aplicó un factor de asimilación (Fa), el cual se llevó a cabo comparando los resultados de los transplantes con los valores obtenidos en Bodega Bay Calif. E.U.A., por ser este lugar donde fueron extraidos los organismos para ser transplantados. Este factor se plantea como:

$$Fa = [\text{ Conc. final}]/[\text{Conc. inicial}] \quad (3)$$

Donde valores inferiores a 1 indican que hubo una disminución de la concentración con respecto a las concentraciones del lugar de comparación.

Se hicieron relaciones de las medias globales (la media de todos los metales para cada lugar), con el objeto de establecer comparaciones con la media global de Bodega Bay (52 ppm) y tratar de tener una idea general de las veces que está contenida las medias de las estaciones de Baja California en la media global de Bodega Bay y así entender en que grado las estaciones de la Península poseen mayores o menores concentraciones que las de este lugar pristino de referencia por el SMW (Stephenson et al., 1979 y 1982). La ecuación aplicada fué:

$$R = Xmi/52 \quad (4)$$

Donde Xmi= La media de todos los metales del lugar i (ppm).

Para obtener mas información de la similitud entre estaciones (al asimilar los metales), se plantea en este estudio por primera vez un índice de similitud, que es una modificación del índice de Sorensen (1948). Dicho índice se expone de la siguiente forma:

$$Is = 1-[(D)/(A+B)] \quad (3)$$

Donde:

A = Valor de la localidad con mas alta concntración (ppm).

B = Valor de la localidad con mas baja concentración (ppm).

D = Valor absoluto de la diferencia entre A y B.

Los valores del índice varían entre 0 (no similitud) y 1 (similitud total). La modificación consiste en representar con el termino D/A+B la disimilitud a fin de tomar en cuenta las diferencias de las concentraciones entre las localidades comparadas. Este índice solo se

aplicó a los metales que se asocian a contaminación (Ag, Cr, Zn y Pb), y se utilizó como referencia las concentraciones de Bodega Bay Calif., por su naturaleza pristina, que es bien conocida (Stephenson, et al. 1979).

V RESULTADOS

La Tabla II muestra las características biométricas de los mejillones muestreados en Baja California, incluye poblaciones autóctonas y transplantes. En dicha Tabla se aprecia que los mejillones que mostraron mayor peso de tejidos fueron los de Punta Abreojos (7.53 + 2.8), observando también la mayor desviación estandar. Mientras que Eréndira mostró el promedio de peso y la desviación típica menor (5.20 + 0.78), con un bajo coeficiente de variación en este lugar.

La mayor variación de pesos de los tejidos se dió en el transplante de la Isla de Todos los Santos, que es donde se obtuvo el coeficiente de variación mas alto (38%). Aquí mismo se registró el mayor peso gonadal (45.5 gr) mientras que el menor fué en Santa Rosaliita B.C. (17.68 gr)

La longitud promedio máxima de la concha se registró en el transplante de San Qunintín B.C. (7.3 + 0.7 cm); la mínima de 6.8 cm, fué obtenida simultaneamente en Eréndira e Isla de Todos los Santos (con desviaciones estandard de + 0.5 y 0.7, respectivamente).

Los valores de los coeficientes de variación muestran que

TABLA No. II

Características biométricas de las muestras de Mytilus californianus, obtenidas en los diferentes lugares de Baja California. (X= media; S= desviación Standar).

	LOCALIDAD	n	PESO X±S DE LOS TEJIDOS (en gr)	C.V. %	PESO DE GONADAS (en gr de 15 organismos)	LONG. X±S (en cm)	C.V. %
1	Transplante Isla Todos los Santos 20/Dic/81	(15)	7.00±2.67	38	45.45	6.8±0.7	11
2	Ensenada 27/Dic/81	(15)	5.20±0.78	15	33.03	6.8±0.5	8
3	Transplante San Quintin 2/Mar/82	(7)	6.14±1.35	22	26.40	7.3±0.7	10
4	Punta Baja 21/Sep/81	(15)	6.26±1.81	29	42.9	6.9±0.7	10
5	Santa Rosaliita 27/Sep/81	(15)	6.23±1.74	28	17.68	6.9±0.8	12
6	Pta. Abreojos 10/Sep/81	(15)	7.53±2.80	37	19.82	7.1±0.7	10

hubo mayor variación en los pesos de los organismos que en las longitudes de sus conchas (15-38 gr y 8-12 cm, respectivamente), indicándonos que el muestreo fué muy homogeneo en el tamaño de los organismos, pero no así en su contenido de tejidos y gónadas.

La Tabla III, muestra los índices de Condición (Ic) y Gonadal (Ig). En dicha Tabla se aprecia que los organismos muestreados en Punta Abreojos B.C. son los de mayor proporción de tejidos (1.06), mientras que los de Eréndira B.C. se observa la menor (0.76). En los resultados del índice gonadal se pueden observar que el transplante de San Quintín registró el mayor valor de este índice (0.47) Pta. Abreojos B.C. el menor (0.18). No se realizaron cálculos para las muestras de California E.U.A., debido a que no se dispuso de las características biométricas de sus organismos.

V.1 Niveles de Oligoelementos en mejillones.

Los valores de las tres réplicas hechas para cada uno de los ocho metales en los seis lugares muestreados en la península junto con las de California E.U.A. se aprecian en las Tablas IV y V (incluyendo lugares de monitoreo y transplantes respectivamente). En estas Tablas se

TABLA III

Indice de condición (Ic) e Indice gonadal (Ig) de los organismos analizados en B.C.

LUGAR	Ic	Ig
Isla de Todos Los Santos	0.82	0.44
Eréndira	0.76	0.44
San Quintín (+)	0.82	0.47
Punta Baja	0.90	0.46
Santa Rosaliita	0.91	0.19
Punta Abreojos	1.06	0.18

(+) Calculado para este caso de una muestra de 7 organismos; se realizó con el promedio de los pesos de los tejidos, el promedio de los pesos gonadales y el promedio de las longitudes de las conchas.

Tabla IV

Concentraciones de metales en los mejillones nativos de las costas de California E.U.A. y Baja California, México. Las concentraciones están expresadas en ppm de peso seco. Los números superiores son los valores promedio de 3 muestras integradas de 15 organismos y los números entre paréntesis son sus desviaciones estandar.

Localidad	Ag	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Al	Mn
			CALIFORNIA, E.U.A.					
Bodega Bay	0.80 (0.02)	12.00 (0.67)	1.80 (0.00)	4.80 (0.17)	127.00 (4.9)	0.83 (0.31)	265.00 (93)	7.00 (1.00)
Pacific Grove	1.30 (0.32)	8.50 (0.70)	1.30 (0.20)	3.30 (1.00)	260.00 (16.00)	6.70 (0.99)	121.00 (33)	7.50 (1.50)
Los Angeles	4.60 (0.62)	2.30 (0.80)	3.40 (0.53)	6.8 (0.38)	170.00 (38.0)	6.80 (0.95)	154.00 (25)	9.90 (0.98)
Oceanside	0.20 (0.06)	0.82 (0.2)	1.40 (0.02)	6.20 (0.42)	112.00 (16.0)	1.40 (0.15)	625.00 (67)	0.19 (0.01)
Point	25.00 (0.2)	0.85 (0.1)	1.10 (0.72)	10.00 (15.0)	136.00 (0.45)	1.80 (24)	179.00 (0.10)	7.60
			BAJA CALIFORNIA MEXICO					
Ensenada	0.11 (0.04)	6.70 (1.2)	1.15 (0.10)	6.72 (0.54)	113.00 (7.0)	0.60 (0.14)	101.00 (24)	6.43 (0.25)
Pta. Baja	0.13 (0.01)	7.27 (0.65)	1.30 (0.1)	5.32 (0.47)	114.67 (22.0)	0.70 (0.00)	39.01 (12)	3.73 (0.97)
Santa Rosaliita	0.51 (0.00)	6.64 (1.39)	0.90 (0.10)	5.28 (0.47)	97.33 (22.00)	1.03 (0.00)	25.4 (12)	3.27 (0.97)
Punta Abreojos	0.01 (0.00)	2.13 (0.71)	0.30 (0.08)	3.18 (1.00)	30.67 (13.0)	0.23 (0.12)	31.87 (5)	1.65 (0.56)

Tabla V

Concentraciones en ppm de metales pesados en transplantes hechos tanto de California E.U.A. (datos proporcionados por el SMW; Stephenson comunicación personal), como en Baja California México. Números superiores representan la media de tres réplicas y los números entre los paréntesis las desviaciones estandar.

Lugar	Ag	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Al	Mn
				E.U.A.				
Humboldt Bay	0.27 (0.06)	9.7 (0.7)	3.4 (0.8)	7.8 (0.5)	145 (10.0)	1.7 (0.2)	587 (21.0)	13 (0.4)
San Fc.	23.00 (2.5)	11.0 (1.1)	2.4 (0.1)	15.0 (0.4)	317.0 (13.0)	8.7 (0.2)	282.0 (36.0)	31.0 (11.0)
Los Angeles	2.40 (0.1)	3.5 (0.5)	1.3 (0.1)	6.2 (0.3)	102.0 (3.5)	3.2 (0.1)	19.0 (3.5)	3.7 (0.6)
New Port	0.60 (0.0)	11.0 (0.5)	2.1 (0.9)	31.0 (1.2)	385.0 (91.0)	18.0 (3.4)	344.0 (20.0)	25.0 (6.8)
San Diego	0.21 (0.1)	5.7 (0.7)	2.5 (0.3)	14.0 (1.8)	259.0 (22.0)	0.9 (0.1)	452.0 (48.0)	23.0 (5.4)
				BAJA CALIFORNIA MEXICO				
I. Todos Los Santos	0.07 (0.0)	6.1 (0.2)	1.1 (0.4)	5.2 (0.6)	102.0 (33.0)	1.1 (0.0)	48.0 (12.8)	4.7 (0.7)
San Quintín	0.04 (0.0)	5.0 (0.6)	1.7 (0.3)	8.5 (0.4)	148.0 (7.9)	0.5 (0.1)	932.0 (99.1)	32.7 (3.2)

observan también sus desviaciones estandar. Todos los valores están expresados en ug/gm (o ppm) de peso seco. En la Tabla IV, se presentan los valores correspondientes al muestreo de mejillones autóctonos y en la Tabla V, los valores de los transplantes.

V.2 Muestreo de poblaciones autóctonas de mejillones.

En poblaciones autóctonas de mejillones se observó que las localidades que corresponden a las descargas de la Cuenca de California (Pacific Grove, Los Angeles, Oceanside y Point Loma California E.U.A.), mostraron los valores mas altos en la mayoría de los metales (Ag, Cd, Cr, Cu, Zn, Pb, Al y Mn; Tabla IV, figs. 3-6), siendo común encontrar concentraciones bajas en la estación de mas alta latitud de California E.U.A., así como las de Baja California; tal es el caso de Bodega Bay California E.U.A. y las estaciones de Eréndira, Punta Baja, Santa Rosaliita y Punta Abreojos B.C. Los valores máximos y mínimos para las dos áreas son: Ag valor máximo (25 ppm), en Point Loma California E.U.A., mínimo (0.013 ppm) en Punta Abreojos B.C.; Cr valor máximo en Los Angeles California E.U.A. (3.4 ppm) y valor mínimo Punta Abreojos B.C. (0.3 ppm); Cu valor máximo Point Loma E.U.A. (10.0

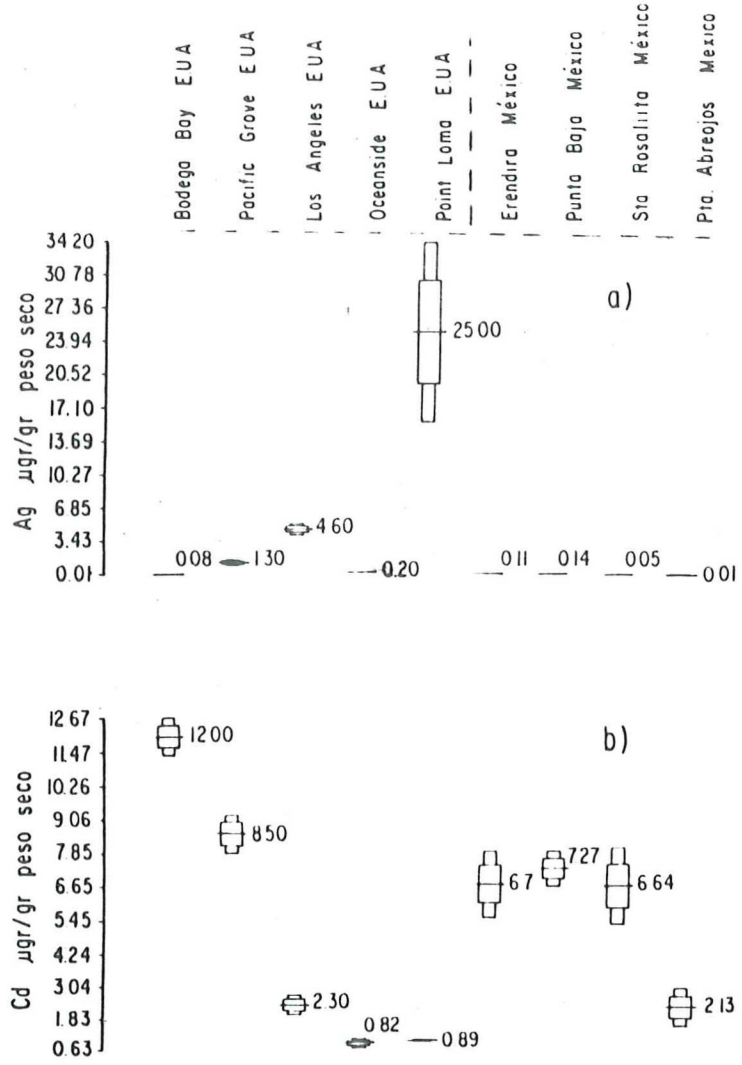


Fig. 3-

Distribución de a) plata y b) cadmio en *Mytilus californianus* en poblaciones naturales (concentración promedio de tres muestras integradas). La linea v los barras representan media, desviacion estandar y varianza respectivamente

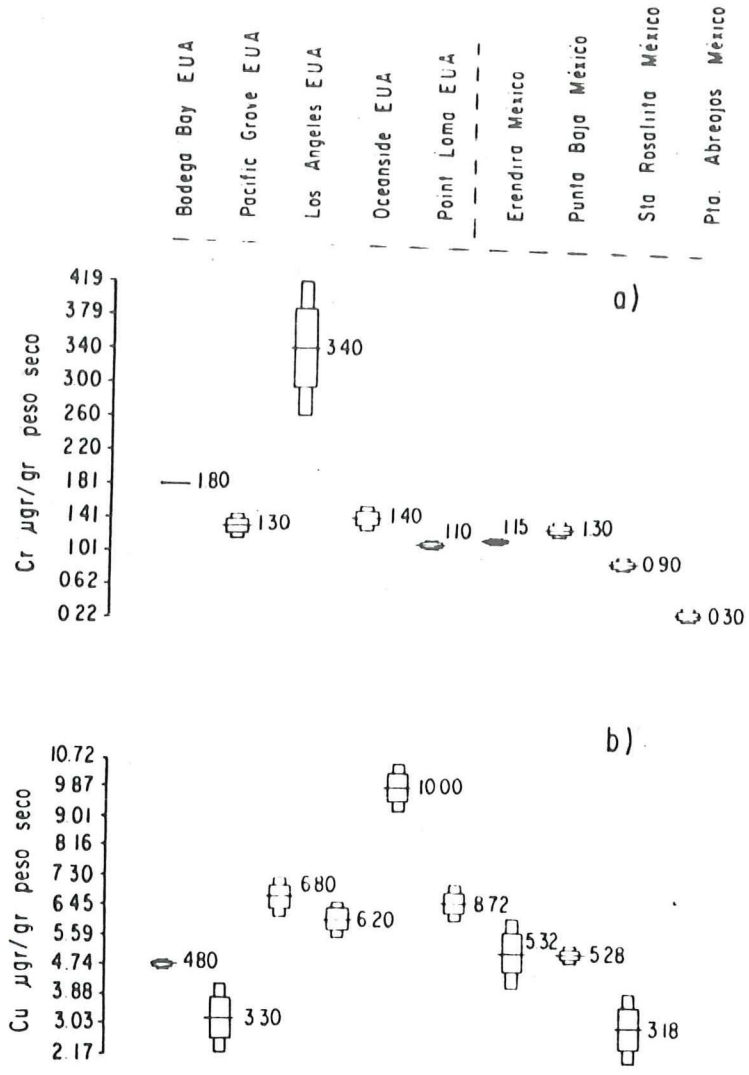


Fig 4 -

Distribución de a) cromo y b) cobre en *Mytilus californianus* en poblaciones naturales. concentración promedio de tres muestras integradas). La linea y las barras representan media, desviación estandard y varianza respectivamente

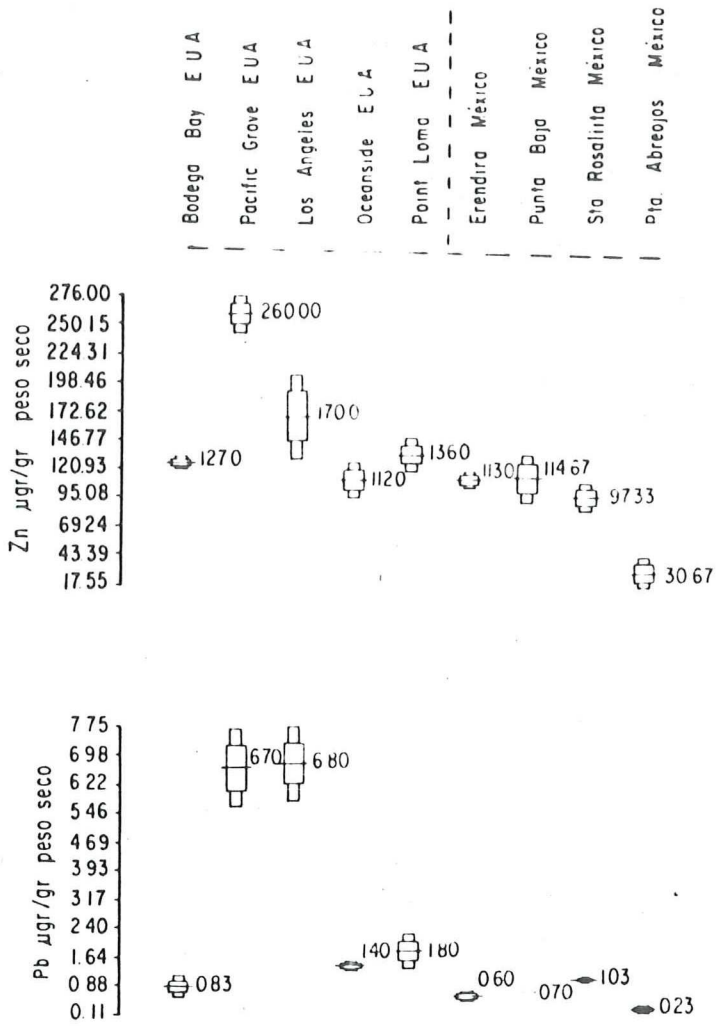


Fig 5-

Distribución de a) zinc y b) plomo en *Mytilus californianus* en poblaciones naturales (concentración promedio de tres muestras integradas), La linea y las barras representan media, desviación estandar y varianza respectivamente

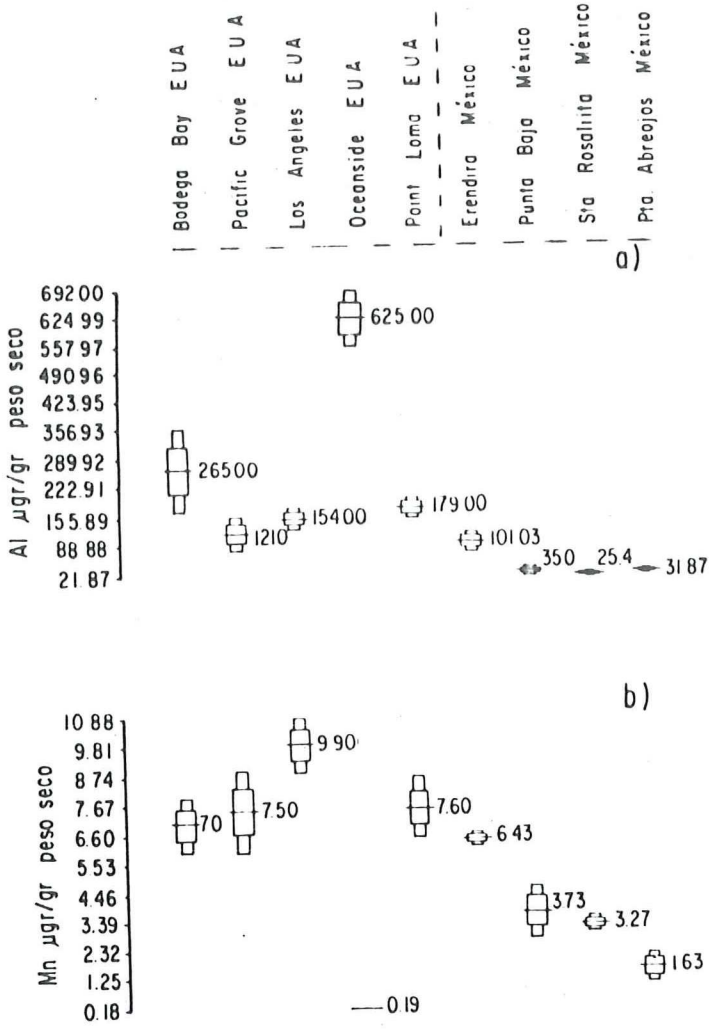


Fig. 6 -

Distribución de a) aluminio y b) manganeso en *Mytilus californianus* en poblaciones naturales. (concentración promedio de tres muestras integradas) La línea y las barras representan media, desviación estandard y varianza respectivamente

ppm) y el valor mínimo en Punta Abreojos B.C. (3.18 ppm); Zn valor máximo (260 ppm) en Pacific Grove E.U.A. y mínimo (30.67 ppm) en Punta Abreojos B.C. Pb, valor máximo (6.7 ppm) en Los Angeles E.U.A. y mínimo (0.23 ppm) en Punta Abreojos B.C.; Aluminio, valor máximo (625 ppm) en Oceanside E.U.A. y valor mínimo (25.4 ppm) en Santa Rosaliita B.C. Por ultimo Mn con un valor máximo de (9.9 ppm) en el área de Los Angeles E.U.A. y un valor mínimo de (0.19 ppm) en Oceanside E.U.A.

Por su parte el cadmio presenta un comportamiento contrastante, ya que muestra las máximas concentraciones en Bodega Bay y Pacific Grove E.U.A. (12.0 y 8.5 ppm, respectivamente), mientras que los valores mas bajos se observaron en los lugares de Los Angeles, Oceanside y Point Loma E.U.A. (2.3, 0.8 y 0.9 ppm, respectivamente); de nuevo se vuelve a incrementar en las estaciones de Eréndira, Punta Baja y Santa Rosaliita B.C. (6.7, 7.2 y 6.6 ppm, respectivamente), para finalmente caer nuevamente en la estación de Punta Abreojos B.C. (2.1 ppm).

Un hecho notorio fué de que Punta Abreojos mostró los valores mas bajos de Ag, Cr, Cu, Zn y Pb (figs. 3-a; 4, y 5, respectivamente). También existen tendencias muy evidentes de disminución en el Cd, Al y Mn (figs. 3-b y 6, respectivamente). Este hecho es el resultado de una

disminución muy gradual y marcada en las concentraciones de todos los metales (figs. de la 3 a la 6) conforme se muestreó hacia las estaciones que se localizan mas al sur, como es el caso de las de Baja California.

V.3 Transplantes.

En este caso no se observaron patrones generales de comportamiento como en el de las poblaciones autóctonas, por tal razón se describen brevemente las principales características de cada metal en particular.

La Tabla V, muestra las concentraciones promedio en transplantes hechos en la costa de California y de Baja California. La Tabla VI por su parte muestra los factores de asimilación (calculados a partir de la ecuación 3).

Empezando por la plata observamos que el valor máximo (23 ppm) se registró en el transplante de San Francisco California E.U.A. y el mínimo (0.04 ppm), se obtuvo en el de San Quintín. En la Figura 7-a, Tabla V, se aprecian valores altos en las áreas mas contaminadas de California

Tabla VI

Factores de asimilación en los diferentes transplantes en relación a su lugar de origen, Bodega Bay, Calif. E.U.A.

Lugar	Ag	Cd	Cu	Cr	Zn	Pb	Al	Mn
Humboldt Bay	3.38	0.81	1.63	1.89	1.14	2.05	2.20	1.86
San Francisco	2875.	0.92	0.31	1.33	2.50	10.48	1.20	4.43
Los Angeles	30.00	0.29	1.31	0.72	0.80	3.86	0.10	0.53
New Port	7.50	0.92	6.46	1.17	3.03	21.69	1.30	3.57
San Diego	2.63	0.48	2.92	1.39	2.04	1.05	1.71	3.29
I. de Todos Los Santos	0.91	0.51	1.20	0.61	0.80	1.33	0.18	0.67
San Quintín	0.5	0.42	1.77	0.94	1.16	0.64	3.52	4.67

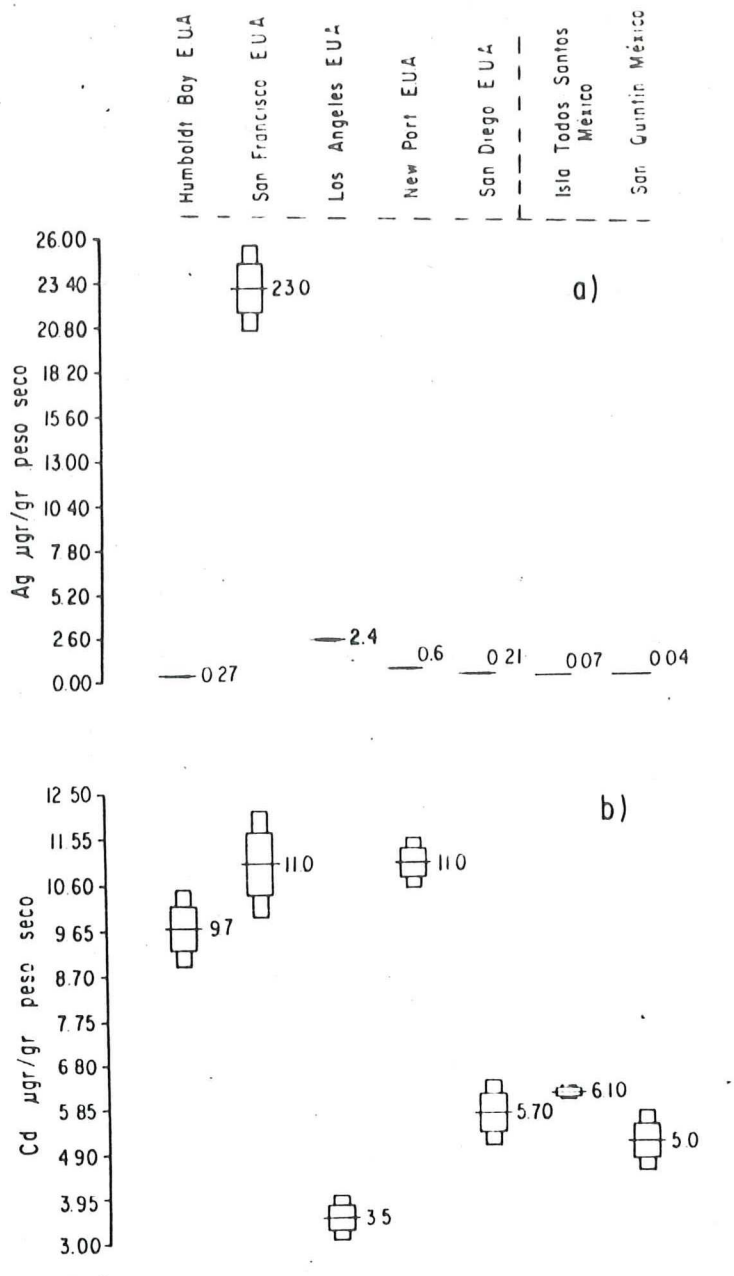


Fig 7 -

Distribución de a) plata y b) cadmio en *Mytilus californianus* en transplantes (Concentración promedio de tres muestras integradas) La linea y las barras representan media, desviación estandard y varianza respectivamente

como son San Francisco y Los Angeles registrándose valores menores en los transplantes de Baja California.

El factor de asimilación (Tabla VI) mostró el valor máximo en San Francisco E.U.A., el cual indica que hay hasta 2,875 veces la concentración de Bodega Bay Calif. E.U.A. En los Transplantes de Baja California se aprecian factores de asimilación menores con valores inferiores a 1, indicando una pérdida de este metal, en los mejillones que fueron transplantados a Baja California.

El cadmio muestra un comportamiento parecido al de la plata, según se puede apreciar en la Figura 7-b; es decir es también notoria una disminución de las concentraciones en las estaciones de transplantes que se encuentran en Baja California. Este metal registró valores altos en San Francisco (13 ppm), New Port (11 ppm) y Humboldt Bay Calif.E.U.A. (9.7 ppm). El valor mínimo (5 ppm) se registró en San Quintín B.C. El factor de asimilación muestra empobrecimiento en todos los transplantes (tanto de Calif. E.U.A. como en Baja California) con valores menores a 1 (Tabla VI).

El comportamiento del cromo, también parece ser similar al de los dos metales anteriores, donde es evidente una disminución hacia el sur (Fig. 8-a). El valor máximo que

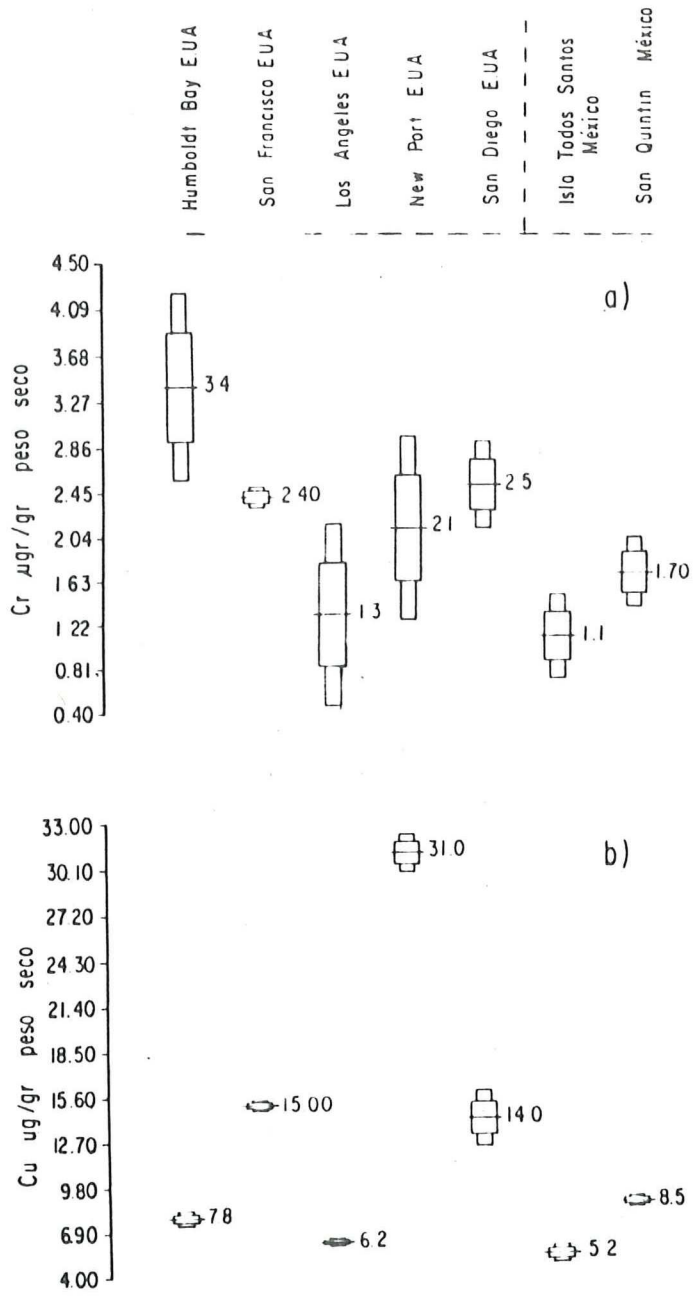


Fig 8 -

Distribución de a) cromo y b) cobre en *Mytilus californianus* en transplantes (Concentración promedio de tres muestras integradas.) La linea y las barras representan media, desviación estandard y varianza respectivamente.

se obtuvo fué en el transplante de Humboldt Bay California E.U.A. (3.4 ppm) y el mínimo (1.7 ppm) se registró en el transplante de la Isla de Todos los Santos B.C. El factor de asimilación (Tabla VI) observa una pérdida de este metal en los transplantes de Los Angeles E.U.A., Isla de Todos los Santos y San Quintín B.C., el valor máximo de este factor se obtuvo en Humboldt Bay Calif.

El Cu parece comportarse en una forma mas irregular, al menos con respecto al de los metales anteriores, pues se aprecia una mayor variabilidad en los valores de California como los de Baja California (Figura 8-b). El valor máximo se registró en el transplante de New Port California E.U.A. (31 ppm) y el mínimo (5.18 ppm) se dió en la Isla de Todos los Santos B.C. El factor de asimilación mostró el valor máximo en New Port Calif., existiendo pérdida de este metal solo en San Francisco Calif. E.U.A. (Tabla VI).

El zinc también presenta una distribución irregular, registrándose concentraciones altas en los transplantes de San Francisco, New Port y San Diego California (Figura 9-a); siendo en New Port Calif. E.U.A. donde se registró el valor máximo (385 ppm) mientras que el mínimo (101.7 ppm) se obtuvo en la Isla de Todos Los Santos B.C. Se destaca que hubo pérdida en la concentración de este

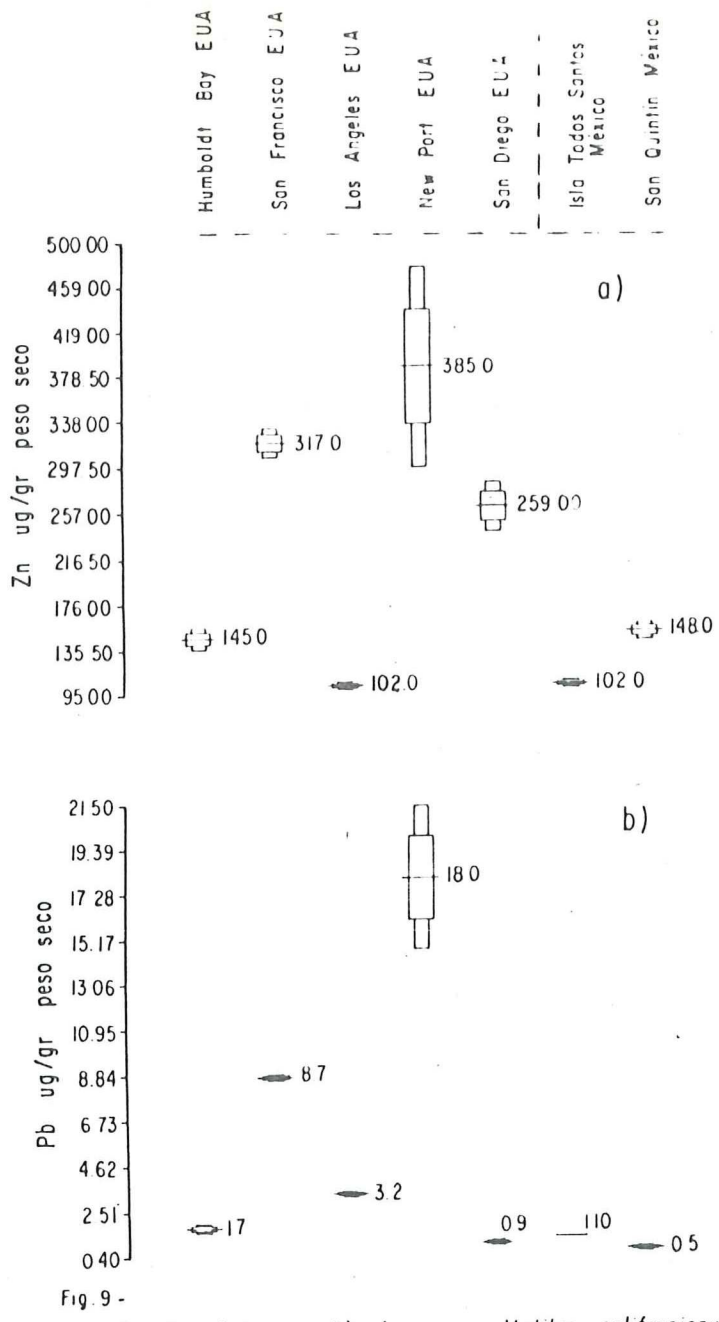
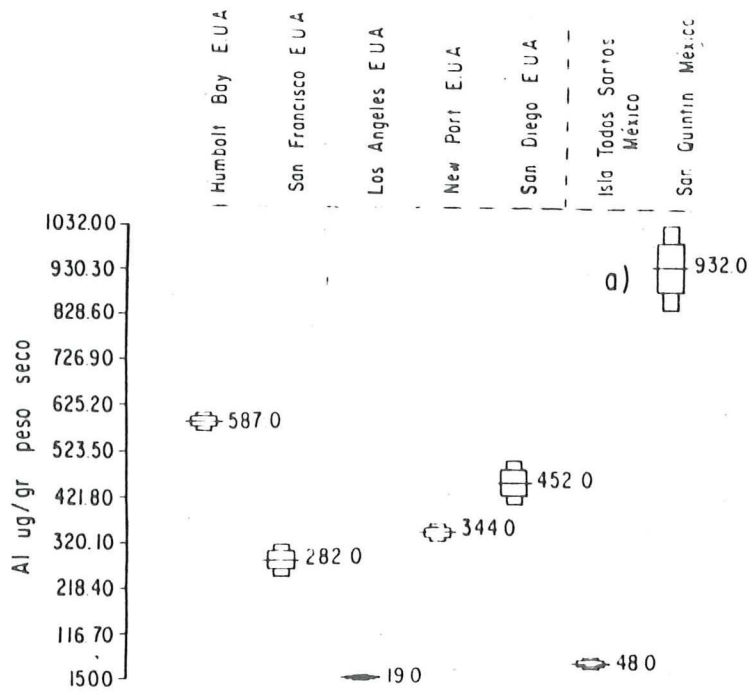


Fig. 9 - Distribución de a) zinc y b) plomo en *Mytilus californianus* en transplantes (concentración promedio de tres muestras integradas) La linea y las barras representan media, desviación estandar y varianza respectivamente

metal en los transplantes de Los Angeles Calif. E.U.A. y la Isla de Todos los Santos B.C., según se aprecia en la Tabla VI de factor de asimilación.

El valor mas grande de Pb se registró en el transplante de New Port Calif. E.U.A. (18.0 ppm), así mismo se registraron valores altos en los de las áreas de San Francisco y Los Angeles California E.U.A. (8.7 y 3.7 ppm, respectivamente); pero se presenta una cierta tendencia a disminuir hacia los transplantes de Baja California donde se registra el valor mínimo (0.5 ppm), en el transplante de San Quintín (Fig. 9-b). El factor de asimilación máximo de 21.69, se obtuvo en New Port. Así mismo la Tabla VI muestra que solo hubo pérdida en el transplante de San Quintín B.C.

El Al por ser de origen terrígeno tiende también a mostrar una distribución irregular (Figura 10-a), no observándose ningún patrón de aumento o disminución en los transplantes de Baja California. El valor máximo se observó en el transplante de San Quintín B.C. (931.97 ppm), mientras que el mínimo (48.1 ppm) se obtuvo en el transplante de la Isla de Todos los Santos B.C. Hubo una disminución de este metal en los transplantes de Los Angeles E.U.A. e Isla de Todos los Santos B.C., según se puede apreciar en el factor de asimilación (Tabla VI), donde San Quintín



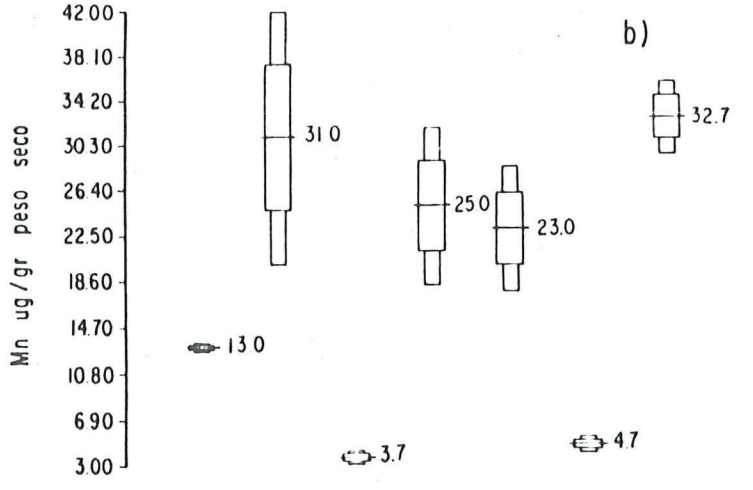


Fig. 10 - Distribución de a) aluminio y b) manganeso en *Mytilus californianus* en transplantes (concentración promedio de tres muestras integradas. La linea y las barras representan media, desviación estandard y varianza respectivamente.

B.C. mostró el valor mas alto .

El Mn parece comportarse en forma similar al del Al, pues también se asocia con sedimentos de orígen terrígeno (Figura 10-b). El valor máximo (32.7 ppm) se registró en el transplante de San Quintín B.C. y el valor mínimo (4.7 ppm) se obtuvo en el de la Isla de Todos Los Santos B.C. El factor de asimilación (Tabla VI), fué máximo en San Quintín B.C., Por otro lado los transplantes de Los Angeles E.U.A. y la Isla de Todos los Santos B.C., fueron los únicos que observaron una disminución de este metal.

V.4 Análisis de varianza multivariado entre las dos zonas.

No se detectó una diferencia significativa entre la zona de California E.U.A. con respecto a la de Baja California, en los metales característicos de contaminación (Ag, Cu y Pb), ni en los relacionados a procesos de surgencias (Cd y Zn). El análisis de varianza multivariado de una vía (tablas VII, VIII y IX), no rechazó la hipótesis de homogeneidad de centroides, indicando que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla VII

Análisis de varianza multivariado de una vía para los metales característicos de contaminación (Ag, Cu y Pb). Comparación por zonas. California E.U.A. vs. Baja California (datos transformados a ln).

Prueba de igualdad de dispersiones H1
Media = 8.754, F = 0.7325
b.d.l. del numerador: 6, d.g.l. del denominador: 289
La probabilidad asociada al intervalo (0, 0.7325) es: 0.3762
AL NIVEL DE CONFIANZA DE 95%, LA HIPOTESIS H1 NO ES RECHAZADA.

RELACIONES F UNIVARIADAS

1. g.d.l. en el numerador y 7 en el denominador

Carac.	entre medias	en las medias	relación F
1	21.60	3.69	5.85
2	5.21	0.73	7.18*
3	0.06	0.14	0.42

Valor de F para la prueba de H2: 2.058
g.d.l. del numerador: 3, del denominador: 5
La probabilidad asociada al int. (0, 2.0586) es: 0.7755
AL NIVEL DE CONFIANZA DE 95% LA HIPOTESIS H2 NO ES RECHAZADA

Tabla VIII

Análisis de varianza multivariado de una vía para los metales característicos de surgencias (Cd y Zn); comparación por zonas. California E.U.A. vs. Baja California México. (Datos previamente transformados a ln).

Determinante de la matriz de dispersión = 0.16739

Prueba de igualdad de dispersiones H1:
Media = 16.086, F = 3.653, dgl del numerador: 3, del denominador: 5353
probabilidad asociada al intervalo (0, 3.6531) es: 0.9880
AL NIVEL DE CONFIANZA DE 99%, LA HIPOTESIS H1 NO ES RECHAZADA

RELACIONES F UNIVARIADAS

g.d.l. en el numerador 1, g.d.l. en el denominador 7

Carac.	entre medias	dentro de medias	relación F
1	0.81	1.03	0.79**
2	0.99	0.23	4.21

Valor de F para la prueba H2: 4.3721
Grados de libertad del numerador: 2, del denominador: 6
La probabilidad asociada al int. (0, 4.3721) es: 0.9326

AL NIVEL DE CONFIANZA DE 95% LA HIPOTESIS H2 NO ES RECHAZADA.

Tabla IX

Análisis de varianza multivariado de una vía para los metales característicos de un origen terrígeno (Al y Mn y Cr). Comparación por zonas, California E.U.A. vs. Baja California México (datos previamente transformados a Ln)

El determinante de la matriz de dispersión es 0.110830 00

Prueba de igualdad de dispersiones H1

Media = 17.390, F = 1.455

g.d.l. del numerador: 6, del denominador: 289

Probabilidad asociada al int. (0, 1.4552) es: 0.8065

AL NIVEL DE CONFIANZA DE 95% LA HIPOTESIS H1 NO ES RECHAZADA

Relaciones F univariadas

g.d.l. del numerador: 1 y del denominador: 7

Carac.	entre medias	en las medias	relación F
1	6.35	0.40	15.99**
2	0.03	1.74	0.02
3	1.14	0.31	3.72

Valor de F para la prueba H2: 5.5732

g.d.l. del numerador: 3, del denominador: 5

La probabilidad asociada al int. (0, 5.5732) es: 0.9527

AL NIVEL DE CONFIANZA DE 95% , LA HIPOTESIS H2 ES RECHAZADA

En el caso de los metales de origen terrígeno (Al, Cr y Mn), resultó una diferencia significativa entre las dos zonas ($p < 0.05$), aunque no a una $p < 0.01$. Lo que nos indica que hay diferencias pero no muy marcadas. Esta influencia fué debido en su mayor parte por el Al (Tablas VII, VIII y IX).

Los resultados de la correlación entre las concentraciones de los ocho metales en los mejillones autóctonos de California E.U.A. se aprecia en la tabla X, donde a un nivel de significancia ($p < 0.05$), se encontró correlación significativa entre Al y Mn (0.954). La Ag y Cu (0.873) y Zn y Pb (0.824), estuvieron también correlacionados a un nivel menor de significancia ($p < 0.1$).

Los resultados de la correlación entre las concentraciones de los ocho metales de Baja California se muestran en la Tabla XI. Se encontró correlaciones significativas ($p < 0.05$), entre los siguientes metales: Cd y Zn (0.988), Cr y Zn (0.981), Cu y Mn (0.956), Cd y Cr (0.953) y Ag y Cr (0.952). También se registraron correlaciones a menor significancia ($p < 0.1$), entre Cu y Zn (0.910).

El análisis de correlaciones sobre las dos zonas, que comprende las concentraciones de California y Baja California, se aprecia en la Tabla XII. Existen

Tabla X

Coeficientes de correlación entre las medias entre los mejillones muestreados en California E.U.A., para los diferentes metales.

Cd	-0.499						
Cr	-0.274	-0.081					
Cu	0.873+	-0.731	-0.027				
Zn	-0.185	0.326	0.009	-0.553			
Pb	-0.189	-0.010	0.519	-0.435	0.824+		
Al	-0.330	-0.324	-0.247	0.912	-0.629	-0.585	
Mn	0.289	0.264	0.491	0.071	0.543	0.559	-0.594*

* Significativas al 5% N. de S.

\+ Significativas al 10% N. de S.

Tabla XI

Coeficientes de correlación entre las medias de los mejillones muestreados en Baja California, para los diferentes metales.

	Ag	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Al
Cd	0.825						
Cr	0.952+	0.953					
Cu	0.739	0.869	0.871				
Zn	0.876	0.988*	0.981*	0.919			
Pb	0.384	0.929	0.622	0.593	0.745		
Al	0.422	0.272	0.426	0.709	0.403	-0.112	
Mn	0.689	0.690	0.770	0.956*	0.729	0.343	0.982

* Significativas al 5% N. de S.

+ Significativas al 10% N. de S.

Tabla XII

Coeficientes de correlación entre las medias de los mejillones muestreados en Baja California E.U.A. y B.C. México, para los diferentes metales.

	Ag	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Al
Cd	-0.463						
Cr	0.021	0.091					
Cu	0.801*	-0.478	0.255				
Zn	0.130	0.285	0.465	0.002			
Pb	0.091	-0.045	0.655+	-0.050	0.836*		
Al	0.010	-0.285	0.204	0.216	0.068	-0.008	
Mn	0.392	0.249	0.644	0.330	0.641	0.636+	-0.288

* Significativas al 5% N. de S.

\+ Significativas al 10% N. de S.

correlaciones significatvas ($p < 0.05$) entre Ag y Cu (0.801) y Pb y Zn (0.636). También hay correlaciones a un nivel de signifiancia menor ($p < 0.1$) entre Cr y Pb (0.655) y Pb y Mn (0.636).

La Tabla XIII muestra los resultados del análisis de correlación total entre los transplantes de California E.U.A. y Baja California. Hay correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre el Cu y Zn (0.927), Cu y Pb (0.910) y la del Zn y Pb (0.823). También hay correlaciones a un nivel de significancia menor ($p < 0.1$), entre Cd y Zn (0.720), Cd y Pb (0.693) y Al y Mn (0.680).

V.5 Análisis de agrupamiento ("Cluster Analisis")

La Figura 11 muestra los resultados de este tipo de análisis. En primer lugar el grupo que mostró mayor afinidad al ser asimilado lo constituyen el Zn y Pb, El siguiente grupo que le sigue en afinidad lo forman la Ag y el Cu; después le siguen el Pb y el Mn, finalmente los metales Cr, Zn, Pb y Mn forman todos un grupo total que reune a todos los anteriores; este es el que posee el índice de afinidad menor.

Tabla XIII

Coeficientes de correlación entre las medias de los transplantes de B.C., así como en California E.U.A., para los diferentes metales.

	Ag	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Al
Cd	0.477						
Cr	0.155	0.604					
Cu	0.112	0.641	0.223				
Zn	0.407	0.720+	0.356	0.922*			
Pb	0.273	0.693*	0.082	0.915*	0.823*		
Al	-0.191	0.070	0.436	0.042	0.065	-0.190	
Mn	0.395	0.409	0.324	0.500	0.653	0.320	0.680+

* Significativa al 5% N. de S.

+ Significativa al 10% N. de S.

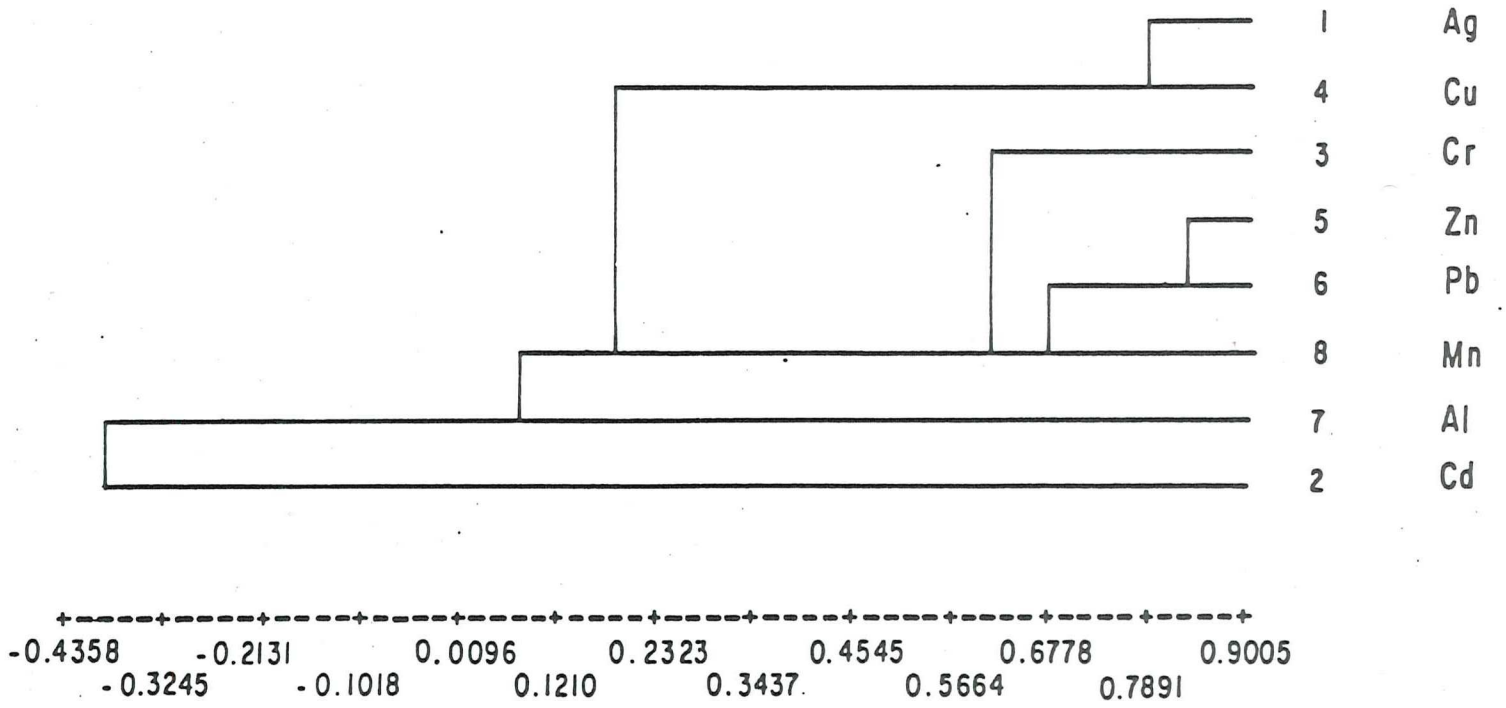


Fig. II Dendograma de similitud entre todos los metales. Incluye las dos zonas (Calif. E.U.A. y Baja California).

V.6 Comparación de medias globales entre lugares.

La comparación de las medias de los lugares muestreados en B.C. con respecto a Bodega Bay, se muestran en la tabla XIV. Los resultados indican que las estaciones de B.C. concentraron de 1 a 6 veces menos metales que Bodega Bay Calif. E.U.A.; excepción hecha en San Quintín B.C., donde la concentración global de esta localidad resultó ser sensiblemente mayor, debido al alto valor del aluminio.

V.7 Indice de similitud.

El índice de similitud de Sorensen (Tabla XV), hace notar que los valores obtenidos en Baja California, fueron los mas altos para los cinco metales (Zn, Cu, Cr, Pb y Ag). Esto indica que las estaciones de la Península, muestran mayor similitud con Bodega Bay Calif. E.U.A., que con el resto de lugares de Calif. E.U.A., donde la influencia antropogénica es ya evidente.

Tabla XIV

Comparación de medios globales (de todos los metales), que indica el número de veces en que están comprendidas las concentraciones de Baja California en la de Bodega Bay, Calif. E.U.A. (52 ppm)

Localidad	No. de veces
Isla de Todos Los Santos	2.5
Eréndira	1.76
San Quintín	0.37
Punta Baja	2.5
Santa Rosalilita	3.0
Punta Abreojos	6.0

Tabla XV

Valores del índice de similitud (Is) para las diferentes localidades (aplicado en los metales relacionados a contaminación) en relación con Bodega Bay, Calif. E.U.A.

Localidad comparada	Zn	Cu	Cr	Pb	Ag
Pacific Grove	0.66	0.81	0.84	0.22	0.12
San Francisco*	0.57	0.48	0.86	0.17	0.01
Los Angeles*	0.86	0.83	0.69	0.22	0.03
New Port*	0.50	0.27	0.92	0.08	0.24
Oceanside	0.94	0.87	0.88	0.74	0.58
Point Loma	0.97	0.65	0.76	0.63	0.06
San Diego	0.89	0.51	0.84	0.98	0.55
L. Todos Los Santos	0.66	0.98	0.75	0.86	0.70
Ensenada	0.93	0.85	0.78	00.84	0.93
San Quintín	0.93	0.96	0.96	0.78	0.70
Punta Baja	0.95	0.95	0.98	0.92	0.74
Santa Rosalía	0.87	0.95	0.67	0.89	0.25
Punta Abreojos	-0.39	-0.80	-0.21	0.44	0.28

.- * Indica transplantes

.- (-) Valores inferiores a Bodega Bay

VI DISCUSION.

El índice gonadal (Ig), nos permite diferenciar poblaciones dentro de nuestra área muestreada. Los transplantes de la Isla de Todos los Santos y San Quintín, así como las estaciones de muestreo de Eréndira y Punta Baja, corresponden a lo que sería la zona norte; mientras que Sta. Rosaliita y Pta. Abreojos a la zona sur.

Según Nelson (1928) el factor que influye en los procesos de especiación es básicamente la temperatura a la cual están adaptadas las gónadas para su desarrollo y posterior desove esta es a su vez producto de la distribución geográfica. Sin embargo hay que hacer constar que el cálculo de este índice lleva implícita una cierta varianza (Stephenson, et al., 1982), por lo que estos resultados usados en la forma antedicha deben ser útilizados como una primera aproximación para hacer comparaciones y definir poblaciones .

Tanto en poblaciones autóctonas como en transplantes los valores altos observados en los metales como Ag, Cu, Cr, Pb, Mn y Zn en las zonas industriales de California E.U.A., es debido a la contaminación de estos lugares por las aguas de desecho, arrojadas por las las industrias electrónicas, fotográficas, así como plantas industriales y pesqueras

(Stephenson et al., 1979 y 1980).

A pesar de la existencia de estas áreas contaminadas en la zona de California E.U.A., no se apreció una diferencia significativa de concentraciones entre las dos zonas (California E.U.A. vs. Baja California). Esto es debido a las formas químicas en que se presentan los metales en el agua de mar y que tienen una tasa de transportación muy restringida (Katz y Kaplan, 1981 y Goldberg, 1979).

El hecho de que el aluminio haya sido el único que presentó una cierta diferencia entre las poblaciones autóctonas de las dos zonas, puede deberse a que el SMW muestreó en invierno, que es cuando hay precipitaciones pluviales en California E.U.A., por lo que los sedimentos acarreados contribuyeron a detectar valores altos de este metal. La asociación del aluminio con fuentes terrígenas es bien conocida en los trabajos del SMW (Stephenson et al., 1979 y 1980).

Por su parte los valores altos de cadmio registrados en Bodega Bay y Pacific Grove E.U.A., son debidos a los procesos de surgencias de la región (Ouellete, 1978, Stephenson et al., 1979, 1980 y Goldberg et al., 1983).

En el caso de este muestreo no ocurre una acumulación como la detectada por McClure y Barret (comunicación personal),

quienes registraron valores altos de compuestos organoclorados en el zooplancton de Bahía Viscaíno B.C. Este comportamiento se atribuye a que parte de la Corriente de California tiende a estacionarse en dicho lugar, debido a la barrera natural que presenta Punta Eugenia. Por otro lado se puede considerar que se trabjó con organismos y elementos antropogénicos diferentes, con tasas de asimilación, bioacumulación y movilización en el medio acuático distintas a las de los metales pesados.

Sin embargo dentro de las estaciones de B.C. se registraron valores relativamente mayores de Cr, Zn y Pb en las estaciones de Punta Baja y Santa Rosaliita con respecto al resto de las demás estaciones de la misma zona de Baja California.

Este fenómeno probablemente sea ocasionado por la Corriente de California, la cual pueda arrastrar contaminantes provenietes de los centros industrializados de California y Baja California, los cuales pueden afectar levemente la concentración de estos metales en las estaciones antes mencionadas. Esto puede ser debido a una línea de flujo de la Corriente, que existe casi permanentemente alrededor de estas estaciones y que tiende a juntarse mucho a la línea de costa (Wyllie, 1966). También puede deberse a que estos metales están asociados a procesos de surgencias, en forma

similar como lo han detectado con el Cd (Ouellete, 1978 y Knauer y Martin, 1981).

Sin embargo sigue en pie el cuestionamiento sobre el destino final de la mayor parte de los metales descargados en E.U.A. (porqué no se detectan en nuestras costas). Goldberg (1979) establece que los procesos de reducción de la contaminación de metales pesados en el medio ambiente marino, tiene lugar en las mismas aguas costeras cerca de donde se depositan las descargas. Esto muy bien puede explicar el porqué no se registraron valores muy altos en los mejillones muestreados en las costas de la Península de B.C.. Así mismo Bruland et al., (1978), plantean que los sedimentos asimilan gran parte de los metales descargados. Kats y Kaplan (1981) establecen que tal asimilación se lleva a cabo a través de las superficies de las partículas donde se adhieren, confirmado por el hecho de haberse encontrado gradientes bien marcados en sedimentos adjuntos a una descarga. Estos mismos autores mencionan que el grueso de los metales pesados puede ser transportado en partículas de grano fino hacia las regiones mas profundas del oceano, donde se depositan. Esto puede explicar el destino final de la mayor parte de los metales descargados y por ende no se registraron en Baja California.

Sin embargo en los transplantes no se observó un patrón tan definido como el de las poblaciones autóctonas. Una de las

razones es que en los transplantes no se analizó por zonas, ya que en Baja California se contó solamente con dos estaciones. Por otro lado los mejillones transplantados dan información sobre condiciones muy particulares de las bahías y puertos. Estos organismos se introducen a estas aguas, debido a que no se encuentran en abundancia en forma natural (Stephenson et al., 1980). El transplante de San Quintín se destaca por el hecho de que registró las medias mas altas de las concentraciones de metales de origen terrígeno como el Al y el Mn (según Ouellete, 1978 y Stephenson et al., 1979). Esto se debe a que San Quintín se caracteríza por una gran remoción de sedimentos, originada por las corrientes de marea y los patrones de vientos que afectan la escasa columna de agua. Otro factor importante es el hecho de que la boca de San Quintín se encuentra aledaña a una de las zonas de surgencias mas intensas (Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1976), que probablemente introducen material particulado al interior de la Bahía, afectando las concentraciones de estos metales.

Por otro lado los metales característicos de contaminación (como Ag y Pb), no fueron asimilados en gran cantidad en los transplantes de Baja California. Lo que indica que estos lugares están poco afectados por la contaminación industrial tanto local como proveniente de E.U.A.

El análisis comparativo de las medias globales que se aplicó a todas las estaciones de Baja California nos indica que éstas son de 1 hasta 6 veces mas puras que las de Bodega Bay, la cual es considerada por el SMW como una estación pristina de referencia. Este tipo de información es muy valiosa, pues nos confirma el estado pristino de nuestras costas, que a nivel mundial muy bien pueden ser tomadas en cuenta como puntos de referencia. Hay que hacer la excepción al valor global registrado en San Quintín, mayor al de Bodega Bay E.U.A., pues se debe a las altas concentraciones de Al, metal de origen terrígeno, que no denota contaminación antropogénica.

El análisis del índice de Similitud aplicado en este estudio, confirma que no hubo una mayor asimilación de estos tranplantes con respecto a su lugar de origen.

En general se aprecia en este índice que las estaciones de B.C. tienen mayor similitud con Bodega Bay que los lugares ya característicos de contaminación reportados por Stephenson et al., 1979, Stephenson et al., 1980, Goldberg et al., 1983 y Farrington, 1983.

Este análisis confirma que los metales característicos de contaminación en las poblaciones autóctonas, así como en los transplantes que fueron colocados en las costas de B.C., se

encuentran a concentraciones muy bajas, de un nivel traza.

En síntesis los resultados analizados en las diferentes gráficas e índices, nos permiten apreciar que hay una disminución de las concentraciones de los metales, hacia las estaciones de Baja California. Un resultado notorio fué el hecho de reportar las concentraciones mas bajas de Zn, las cuales no han sido registradas en ningún otro lugar, tal fué el caso de Punta Abreojos lo que se puede atribuir a dos cosas:

a) Como ya se discutió anteriormente, a medida que se avanza hacia el sur existe una disminución de este metal y de la mayoría de los demás debido al alejamiento de los grandes centros urbanos potenciales de contaminación de California y Baja California.

b) Debido a la influencia del agua tropical que se manifiesta intensamente durante los meses de septiembre, octubre y noviembre.

En este punto podemos argumentar que nuestro muestreo se llevó en plena presencia de Agua Ecuatorial. El como afecta tal influencia en la asimilación de los metales, se puede resumir:

1) Una variación estacional de condiciones oceanográficas (alternancia de Agua Ecuatorial y de la Corriente de California, que es mas evidentemente en las estaciones del sur como Pta. Abreojos), traerá consigo variaciones en las concentraciones de los metales. Por ejemplo Ouellete (1978) encontró una correlación significativa entre índices de surgencias y altas concentraciones de Cd; así mismo una muy importante variación de las concentraciones de Zn, Cr y Mn relacionadas a cambios de las condiciones ambientales. Por su parte Knauer y Martin (1981), Ouellete (1978) y Goldberg (1983), observaron una correlación muy estrecha entre la liberación del Cd y Zn y los procesos de la oxidación de la materia orgánica, la cual es proporcional a la concentración de los nutrientes. Es muy probable que en nuestro caso las bajas concentraciones de Cd y de la mayoría de los demás metales se deba a la presencia de aguas oligotróficas características del Agua Ecuatorial. A una baja concentración de metales en la columna de agua corresponderá una baja asimilación en los mejillones, al menos esto ha sido evidenciado para el Zn (George y Brian, 1980).

2) La actividad sexual y la consiguiente expulsión de gametas son una forma de introducir variación en las concentraciones de metales pesados, debido a que parte de ellos se pierden junto con las gametas (Latouche y Mix, 1982 y Boyden, 1974 y 1977). Este hecho puede ser importante para argumentar aún

mas sobre las bajas concentraciones de los metales en Punta Abreojos, ya que en este lugar se muestrearon organismos adultos con tallas menores a los 7 cm. Lo que significa que la talla usada en este estudio y propuesta por el SMW, no fué la adecuada en esta localidad. Esto se atribuye al hecho de que las poblaciones de mejillón de Punta Abreojos están en los limites de su distribución, debido a la temperatura y que el tamaño de un adulto de esta región es sensiblemente menor al de latitudes mayores (Coe y Fox, 1942 y Boetius, 1962).

Estas adaptaciones fisiológicas, producto de las condiciones a que están expuestos los organismos, puede muy bien afectar las tasas de asimilación de los metales. Por ejemplo Lobel et al., (1982), menciona que mejillones de una misma población poseen diferentes mecanismos para regular su asimilación de Zn. Si esto sucede en los organismos de una misma población, la probabilidad de que ocurra entre poblaciones de diferentes lugares es determinante y puede explicar las bajas concentraciones de este metal en Punta Abreojos, en comparación al resto de las estaciones tanto de Baja California como de California E.U.A.

Esto se confirma con los resultados de los índices de condición y gonadal, indicadores de zonas con poblaciones similares. Por ejemplo los mejillones de Santa Rosaliita y Punta Abreojos registraron valores similares de estos

índices, los cuales definen la zona sur. Así mismo Eréndira y Punta Baja y los dos transplantes, pueden ser considerados como organismos adaptados a la zona norte, donde la Corriente de California tiene la mayor influencia. Es muy probable que los organismos de las costas de California E.U.A., se comporten similarmente.

Otra causa fisiológica resultado de esta alternancia de masas de agua estacional puede ser lo planteado por Bayne (1976), quien expone que los mejillones a bajas concentraciones de oxígeno y altas temperaturas, tienden a incrementar su tasa de filtración. En aguas oligotróficas, esto seguramente debe actuar en los tejidos de los organismos a manera de un lavado de los metales, en vez de que ocurra una retención como sería en condiciones de surgencias. Al menos ésta debe ser una explicación a los bajos valores de concentración de Cd en Punta Abreojos (y quizás de la del resto de los metales), ya que se ha encontrado que éste está estrechamente relacionado con las concentraciones de nitratos y fosfatos que son llevados a la superficie durante los procesos de surgencias (Martin et al., 1976).

Por otro lado existen evidencias de que el plancton oceánico y costero que se encuentra al sur de Punta Eugenia, tiende a acumular cadmio en proporciones tres veces mayores que el plancton de las costas de California. Se explica tal

situación a la composición de las especies (Martin y Broenkow, 1975). El plancton de este tipo de aguas generalmente es pequeño en tamaño y con una gran capacidad de reciclar los nutrientes (Malone, 1971 a, 1971 b y 1977).

Si se asocian las dos ideas sobre la proporción de nutrientes y metales pesados en la columna de agua junto a la gran eficiencia de reciclar estos por el plancton tropical; podemos inferir de que las altas tasas de Cd registradas en el plancton (Knauer y Martin, 1981), son resultado de sus requerimientos fisiológicos muy particulares, no ocurriendo lo mismo en las poblaciones de los mejillones con mecanismos de asimilación muy diferentes. De hecho Marshall y Talbot (1979), así como George y Pirie (1979), detectaron Cd en las branquias y riñones de mejillones, sin embargo la forma química de este metal no fué aislada. Por su lado Carpene y George (1981), concluyeron que la asimilación y acumulación de este metal se lleva a cabo en las branquias a nivel intracelular por difusión, ocurriendo un secuestro de este metal por ligaduras con proteínas de alto peso molecular.

Finalmente es importante agregar que las surgencias que se registraron en el sur de la Península durante la época en que se muestreó fueron debiles (ver apendice) y por ende se produce un descenso de la productividad primaria que puede dar lugar a una situación de hambruna para los mejillones de

esta zona. Este tipo de hambrunas hacen perder metales pesados debido a que la excreción es mayor que la asimilación (Pentreath, 1973). Por otro lado en el norte los eventos de surgencias fueron sensiblemente mayores (ver apendice), justificando los valores ligeramente mayores de Cd y Zn tanto en los transplantes como en los mejillones de las poblaciones autóctonas.

Los resultados mostraron que existe un mayor número de correlaciones significativas entre los metales de las estaciones de muestreo de Baja California que entre las localidades contaminadas de California, E.U.A. Esto puede significar que en zonas virginales como las de la Península, existe una asimilación natural de los diferentes metales que esté mas acorde con las necesidades fisiológicas del organismo. Para una zona contaminada la asimilación se ve afectada por las grandes concentraciones de los metales provenientes de las descargas industriales. Boyden (1977), encontró regresiones bien consistentes entre las concentraciones de los metales y los pesos de los mejillones de zonas limpias.

En este estudio se encontraron correlaciones significativas entre Ag, Cu, Pb y Zn similares a las encontradas por Stephenson et al., 1979 y 1980), en las estaciones de E.U.A. y que se relacionan con zonas de contaminación.

Las correlaciones entre los metales de los mejillones de California E.U.A. reportados por Stephenson et al. (1979), fueron: Mn-Al, Mn-Zn, Pb-Zn, Ag-Zn, Ag-Pb, Ag-Cu y Ag-Cr. Este tipo de correlaciones de estos metales son característicos de zonas industrializadas, ya que metales como Ag, Cu, Cr y Pb son indicadores de contaminación industrial (Stephenson, et al., 1979). En este muestreo las correlaciones entre los metales, fueron característicos de metales relacionados a procesos de surgencias y a un origen terrígeno como el Cd, Zn, Al y Mn; en forma similar a lo expuesto por Ouellete (1978), Goldberg et al., (1983) y Farrington (1983).

Por su parte los transplantes no mostraron un patrón regular de asimilación lo cual es producto de la variabilidad introducida por la metodología tal puede ser el caso de: adaptación de los organismos al nuevo medio, posición en la columna de agua y cambio de factores ambientales como, corrientes, mareas, cambios de temperatura, disponibilidad de la misma cantidad y composición de alimento, etc.; que influyen fuertemente en el metabolismo de los organismos (Roesijadi, et al., 1984).

Por último se discute el comportamiento del análisis de agrupamiento . En primer lugar el grupo que mayor afinidad mostró al ser asimilado lo constituye el Zn y el Pb, esto es

congruente con los resultados reportados en California por Stephenson et al. (1980). El siguiente grupo con afinidad grande lo constituyen la Ag y el Cu. Es muy probable que este par de metales estén asociados entre sí, como resultado de su origen antropogénico. Sin embargo variaciones estacionales de Ag y Cu se han relacionado a depositaciones de sedimentos (Ouellete, 1978).

Otro grupo lo constituye el Pb y el Mn, cuya afinidad pensamos que se debe al hecho de que el plomo se vió asociado al Mn influenciado en gran parte por los escurrimientos pluviales, ya que en California E.U.A., se muestreó en epoca de lluvias. Esto obedece a que el plomo se encuentra diseminado en la átmosfera y con las lluvias ocurre un lavado de ésta, por lo que este metal se precipita y es arrastrado a través de los arroyos y ríos al mar (Goldberg, 1979).

Siguiendo con este tipo de asociaciones en la misma gráfica, se puede apreciar que el Cr, Zn, Pb y Mn, pueden todos formar un grupo que bien puede ser de un origen antropogénico asociado a escurrimientos pluviales con elementos terrígenos.

El Al y el Cd no presentan afinidad entre sí ni con el resto de los demás metales. Esto se debe a que, que el Cd tiene una estrecha relación con los fenomenos de surgencias (Ouellete, 1978; Stephenson et al., 1979; Stephenson et

al., 1980; Farrigton, 1983 y Goldberg, 1983). Mientras que el Al está mas relacionado a procesos de la depositación de sedimentos. En este análisis de agrupamiento se encontraron patrones de asociación muy similares a los observados por Ouellete (1978), Stephenson et al., 1979 y Stephenson et al., 1980.

VII CONCLUSIONES.

1) El índice gonadal permite diferenciar poblaciones de dos orígenes: zona norte y zona sur.

2) Existe un gradiente de disminución en la concentración de la mayoría de los metales (Ag, Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Al y Mn), a medida que se avanza hacia el sur de la Península de Baja California. Así mismo se registraron concentraciones bajas en las estaciones de las mas altas latitudes de Calif. E.U.A., así como concentraciones altas en las estaciones características de contaminación definidas por el SMW.

3) Los índices de similitud y dominancia, usados por primera vez en este estudio, pueden ser usados como otros puntos de vista para hacer mejores comparaciones entre los lugares de muestreo. Estos índices muestran que a nivel mundial puede considerarse la península de Baja California como un punto de referencia donde las concentraciones de la mayoría de los metales son similares y aún menores que las de Bodega Bay Calif. E.U.A., actualmente considerada por el SMW como área pristina de referencia. Aún así estas concentraciones tratadas con análisis de varianza no fueron significativamente diferentes para la mayor parte de los metales a las concentraciones registradas en California

E.U.A., lo cual se atribuye a la insuficiente cantidad de datos. La excepción fueron los metales de origen terrígeno, influenciado en su mayor parte por el Al, fenómeno que se atribuye al hecho de haber sido muestreadas las costas de California E.U.A. en época de lluvias.

4) Se encontraron concentraciones sumamente bajas de Zn y de el resto de los otros metales en Punta Abreojos. Esto se debe seguramente a la época en que se muestreó, que corresponde a un periódo de mayor influencia del Agua Ecuatorial cuyas características son definitivamente oligotróficas y a las respuestas fisiológicas a que los organismos están adaptados en cada localidad.

5) Las afinidades de asimilación entre los metales que se registraron en Baja California, fueron en su mayor parte entre metales que se asocian a eventos de surgencias y a un origen terrígeno.

6) La talla mínima de 7 cm propuesta para evitar variaciones por madurez gonadal, no fué operable en los mejillones de Pta. Abreojos, ya que estos organismos desarrollan su madurez gonadal con tamaños sensiblemente menores. Esto se debe a que los organismos de este género, se encuentran en el limite sur de su distribución geográfica en este hemisferio.

7) Los transplantes de Baja California acumularon muy pocas cantidades de metales característicos de contaminación. San Quintín se ve solo influenciado por la presencia de elementos de origen terrígeno. Esto nos permite establecer que la Bahía de San Quintín es un área pristina para beneficio de los ostricultivos a nivel comercial que ya están establecidos.

VIII BIBLIOGRAFIA

Alexander, G.V. y D.R. Young. 1976. Trace metals in Southern California mussels. Mar. Poll. Bull. 7 (1): 7-9

Alvarez Borrego, S. y Chee Barragán A. 1976. Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín B.C. Ciencias Marinas, 3 (1): 25-28.

Bakun A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America 1946-71; NOAA Technical Report NMFS SSRF 671.

Bakun A. y C.S. Nelson. 1975. Climatology of upwelling-related processes off Baja California. Presentado en el Simposio de Ciencias Pesqueras; en la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. 16-22 de febrero de 1975.

Bayne ed. 1976. Marine Mussels. Their Ecology and Physiology. Cambridge England University Press. pp. 506.

Bernstein, R.L., L. Breaker y R. Whritner, 1977. California Current eddy formation: ship and satellite results. Science; 195: 353-359.

Boetius, I. 1962. Temperature and Growth of Mytilus edulis (L) from the northern harbour of Copenhagen (the Sound). Meddelelser, Fra Danmarks Fiskeri-og Havunders gelser, Kobenhaun, N.S., 3: 339-346.

Boyden, C.R. 1971. Effect of size upon metal content of shellfish. Jour. Mar. Biol. Ass. U.K. 57: 675-714.

Boyden C.R. 1974. Trace elements content and body size in Molluscs. Nature, London, 252: 311-314.

Boyden, C.R. 1977. Effect of size upon metal content of shellfish. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 57: 675-714.

Brewer, P.G., D.W. Spencer y D.E. Robertson. 1972. Trace elements from the GEOSECS-II test station in the Sargasso Sea. Earth Planet. Sci. Letters 16: 111-116.

Brooks, R.R. y M.G. Rumsby. 1965. The biogeochemistry of trace element uptake by some New Zeland bivalves. Limnol. and Ocean. 10: 521-527.

Bruland, K.W., G.A. Knauer, y J.H. Martin, 1979. Cadmiun in northeast Pacific Waters. Limnol. and Ocean. 23: 618-625.

Bryan, G.W. 1973. The occurrence and seasonal variation of trace metals in the Scallops Pecten maximus(L) and Chlamys opercularis(L). Jour.Mar. Biol. Ass. U.K.; 53: 145-166.

Carpene, E. y S.G. George. 1981. Absortion of cadmiun by the gills of Mytilus edulis (L). Molecular Physiology; 1: 23-34.

Coe, W.R. y D.L. Fox. 1942. Biology of the California sea mussel Mytilus californianus. I. Influence of temperature, food supply, sex and age on the rate of growth. Jour. of Experimental Zool. 60: 1-30.

Chow, T.J., H.G. Snyder y C.B. Snyder. 1976. Mussels (Mytilus sp.) as an indicator of lead pollution. Sci. Total Environ. 6: 55-63.

Farrington, J.W. 1983. Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution. Ocenus 26 (2): 18-26.

Fowler, S.W. y Oregioni, B. 1976. Trace metals in mussels

from the N.W. mediterranean. Mar. Poll. Bull. 7(2): 26-29.

Fleminger, A. y J.W. Wyllie. 1974. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. Atlas No. 20. Marine Life Res. Prog. Scripps Inst. of Ocean. La Jolla California. June.

Fleminger, A. 1982. Califronia Cooperative Oceanic Fisheries. Atlas No. 30. Marine Life Res. Prog. Scripps Inst. of Oceanography. La Jolla Calif. August. The Mussel (and Oyster) Watch. Oceanus 6 (2): 18-29.

Fowler, S.M. y B. Oregioni. 1976. Trace metals in mussels from the N.W. Mediterranean. Mar. Poll. Bull. 7(2): 26-29.

George G.S. y J.S. Brian. 1980. Metabolims of Zinc in the mussel Mytilus edulis (L); A combined ultrastructural and biochemical study. Jour. Mar. Biol. Ass. U.K.; 60: 575-590.

George, S.G. y Pirie, B.J.S. 1979. The ocurrence of cadmiun in sub-cellular particles in the kidney of the Marine Mussels Mytilus edulis exposed to cadmiun. The use of electron microprobe analisis. Biochim. Biophys, Acta

580: 234-244.

Giese, D.C. y J.S. Pearse. 1974. Reproduction of marine invertebrates. Giese A.C. y J.S. Pearse (edits.); Academic Press.

Goldberg, E.D. 1975. The Mussel Watch a first step in global marine monitoring Mar Poll. Bull. 6: 111.

Goldberg, E.D. 1979. La salud de los oceanos. Publicado por la UNESCO. Madrid España.

Goldberg, E.D., Koide, M., Hodge, V., Flegal, A.R. y J. Martin. 1983. U.S. Mussel Watch: 1977-1978, resutls on trace metals and radionuclids. Stuarine Coastal and Shelf Science; 16 (1): 69-93.

Gomez José Valdez y Velez-Muños Héctor. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. Ciencias Marinas; 8 (2): 167-178.

Gordon, M.G. Knauer y J. Martin. 1977. The concentration and variability of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in the intertidal/subtidal marine organisms prior to offshore drilling in southern California. Year 2. Final Rept. to

Scientific applications; Inc. and BLM.

Grooves, R.D. 1977. Environmental studies. South Texas outer continental shelf biology and chemistry. Final Rpt. to BLM.

Hickey, B.M. 1979. The California Current System hypothesis and facts. Progress in oceanography; 8: M.V. Angel and J. O'Brien edits. Pergamon Press.

Haug, A., Nelsom, S. y S. Omong. 1974. Estimation of heavy metal pollution in two Norwegian fjord areas by analisis of the brown algae Ascophylum nodosum. Envir. Poll. 7: 173-193.

Hutzinger, O. 1980. The handbook of environmental chemistry. Vol. 1; edited by Otto Hutzinger.

Katz, A. y I.R. Kaplan. 1981. Heavy metals behavior in coastal sediments of Southern California: A critical review and synthesis. Marine Chemistry 10: 261-269.

Knauer, G.A. y J.H. Martin 1981. Phosphorus-Cadmiun cycling in northeast Pacific Waters. Sears Foundation. Journ. of Marine Research. 39 (1): 65-76.

Kobayashi, J. 1971. Relation between the "Itai-Itai" disease and the pollution of river water by cadmiun from a mine. Adv. Water Pollut. Res. Proc. 5th Int. Conf. San Francisco Hawaii, I (25): 1-7.

Latouche, D.V. y M.C. Mix. 1982. The effects of depuration, size and sex on trace metals levels in Bay Mussels. Mar. Poll. Bull. 13 (1): 27-29.

Lobel, P.B., P. Mogie, D.A. Wrigth y B.L. Wu. 1982. Metal accumualtion in four moluscs. Mar. Poll. Bull. 13 (5): 170-174.

Malone, T.C. 1971a. The importance of nanoplankton and netplankton as primary producersin the California Current System. Fish. Bull. 69: 799-820.

Malone, T.C. 1971b. The relative importance of netplankton and nanoplankton as primary producers in neritic and oceanic tropical waters. Limnol. and Ocean. 16: 633-639.

Marshall, A.T. y Talbot, V. (1979). Acumulation of cadmiun and lead in the gills of Mytilus edulis; x-ray microanalysis and chemical analysis. Chem.i Biol. Interactions 27: 111-123.

Martin, J.H. y W.W. Broenkow. 1975. Cadmiun in plankton: elevated concentrations off Baja California. Science, 190: 884-885.

Martin, J.H., Bruland, K.W. y Broenkow. 1976. Cadmiun transport in the California current. Marine pollutant transfer; edited by H.L. Widom y R.A. Duce.

Morris, A.W. 1974. Seasonal variation of dissolved metals in inshore waters of the Menai Straits. Mar. Poll. Bull. 5(4): 54-59.

Morrison, F.D. 1979. Multivariate Statistical Methods. McGraw-Hill Book Co.

Nelson, T.C. 1928. On the distribution of critical temperatures for the spawing for ciliary activity in bivalve molluscs. Science, Vol. 67: 220-221.

Ouellete, T. 1978. Seasonal variation of trace metals and the major inorganic ions in the Mussel, Mytilus californianus. Master Thesis; California State Unv.; Hayward.

Pentreath, R.J. 1973. The accumulation from water of Zn, Mn, Co and ~~Fe by the Mussel Mytilus edulis. J. Mar.

Biol. Ass. 53: 127-143.

Phillips, D.J.H. 1976. The Common mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by Zinc, Cadmiun, Lead and Cooper. II Relationship of metals in the mussel to those discharged by industry. Marine Biol. 38: 71-80.

Phillips, D.H. 1980. Quantitative aquatic biological indicators. Applied Science Publishers; LTD, London.

Pringle, B.H., D.E. Hissong, E.L. Katz y S.T. Mulawka. 1968. Trace metals accumulation by estuarine molluscs. Jour. Sanit. Eng. Div.; 94: 455-475.

Reid, V.L., G.L. Roden y J.G. Wyllie. 1958. Studies of the California current system. Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. Progress Report. 6: 27-46.

Roesijadi G., J.S. Young, A.S. Drum y J.M. Gurtisen. 1984. Behavior of trace metals in Mytilus edulis, during a reciprcal transplant field experiment. Marine Ecol. Progress Series, 18: 155-179.

Schafer, H.A. 1980. Characteristics of municipal waste waters. Coastal water research Project, Biennieal Report 1979-1980: 235-240.

Sorensen 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant society, based on similar species content. K. Danske Vidensk. Selsk. 5: 1-34.

Spencer, D.W. y P.G. Brewer. 1969. The distribution of copper, zinc and nickel in sea water of the Gulf of Maine and the Sargasso sea. Geochim. Cosmochim. Acta. 33: 325-339.

Stephenson, M.D., M. Martin, S.E. Lange, A.R. Flegal y J.H. Martin. 1979. California Mussel Watch 1977-78. Vol. II. Trace metals concentrations in the California mussel Mytilus californianus. Water Quality Monitoring Rept. No. 79-22; Nov. 1979.

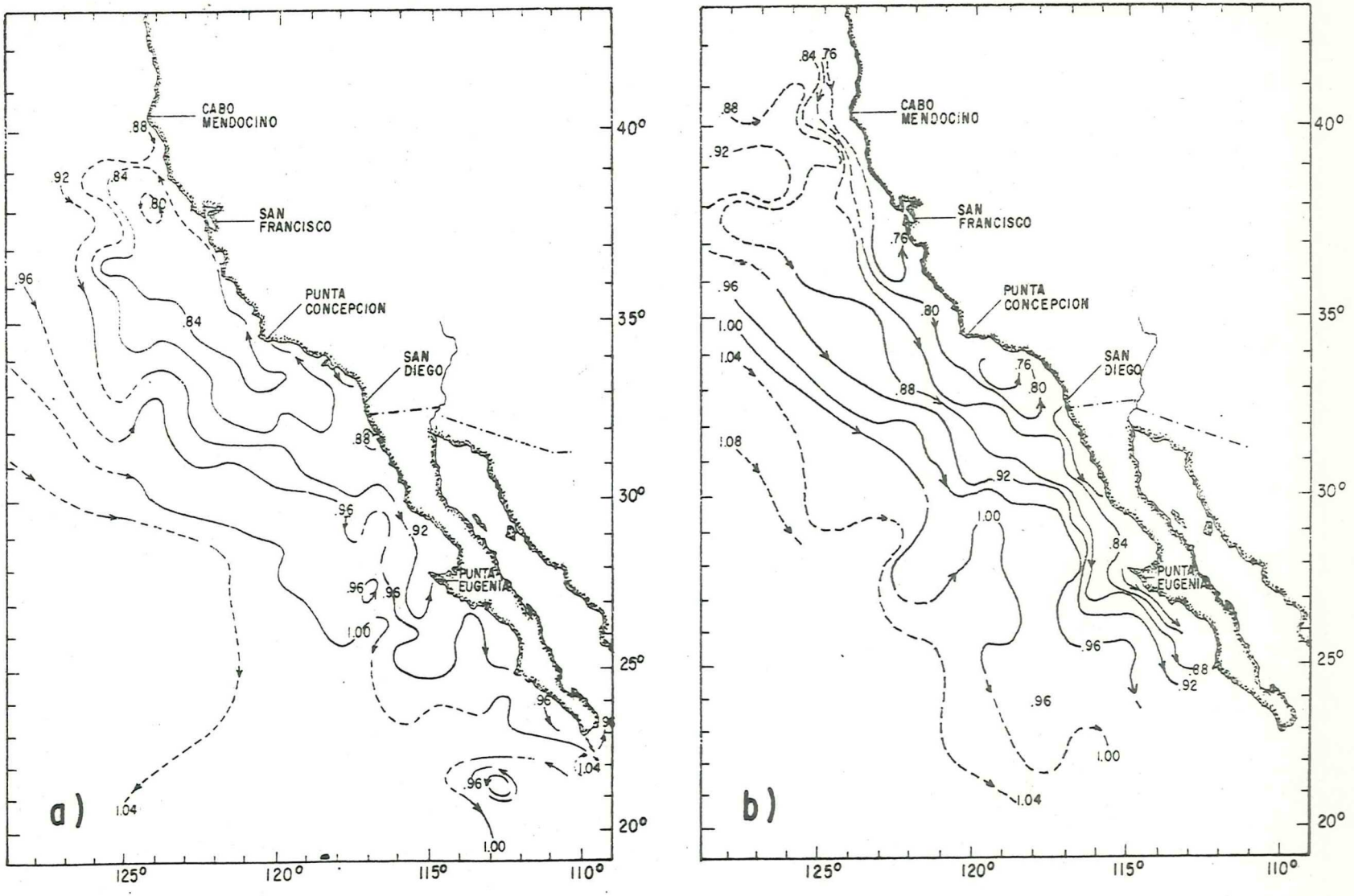
Stephenson, M.D., S.L. Coale, M. Martin y J.H. Martin. 1980. California State Mussel Watch 1979-1980. Trace metals concentrations in the California mussel Mytilus californianus, and the Bay mussel M. edulis along the California Coast and selected Harbors and Bays. Part I. Water Quality Monitoring Rept. 80-81. Decemb. 1980.

Wyllie, J.G. 1966. Geostrophic Flow of the California Current at the surface and 200 m. CALCOFI atlas; 4: 288 pp.

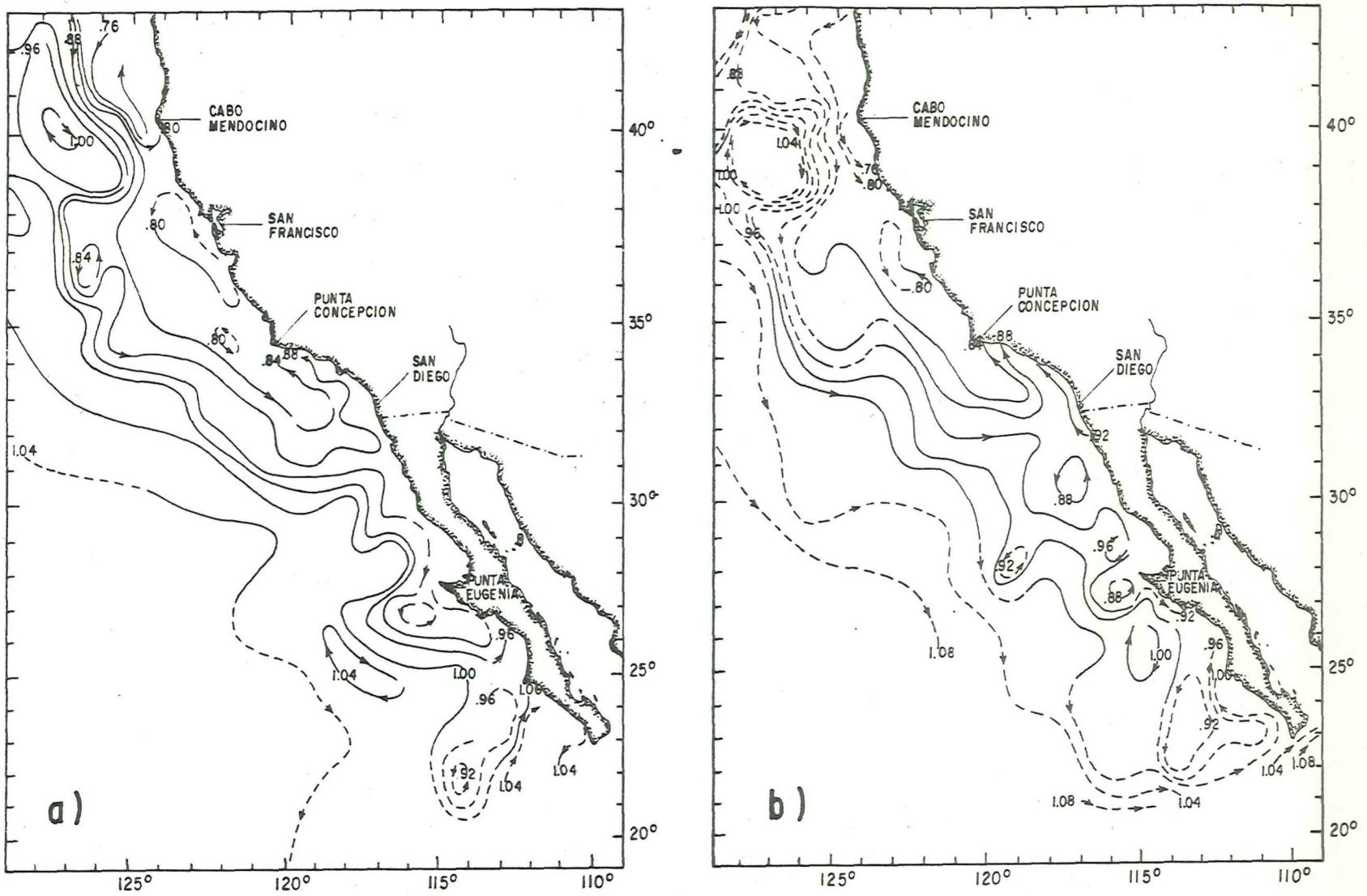
Zirino, A. y M.L. Healy. 1970. Inorganic zinc complexes in sea water. Limnol. and Ocean. 15 (6): 956-958.

Suarez Vidal Carlos Eugenio y Acosta Ruiz M. Jesus. 1976. Distribución de cobre y zinc en mejillón Mytilus californianus, en la parte noroccidental de la Baja California. Ciencias Marinas; 3(2): 18-23.

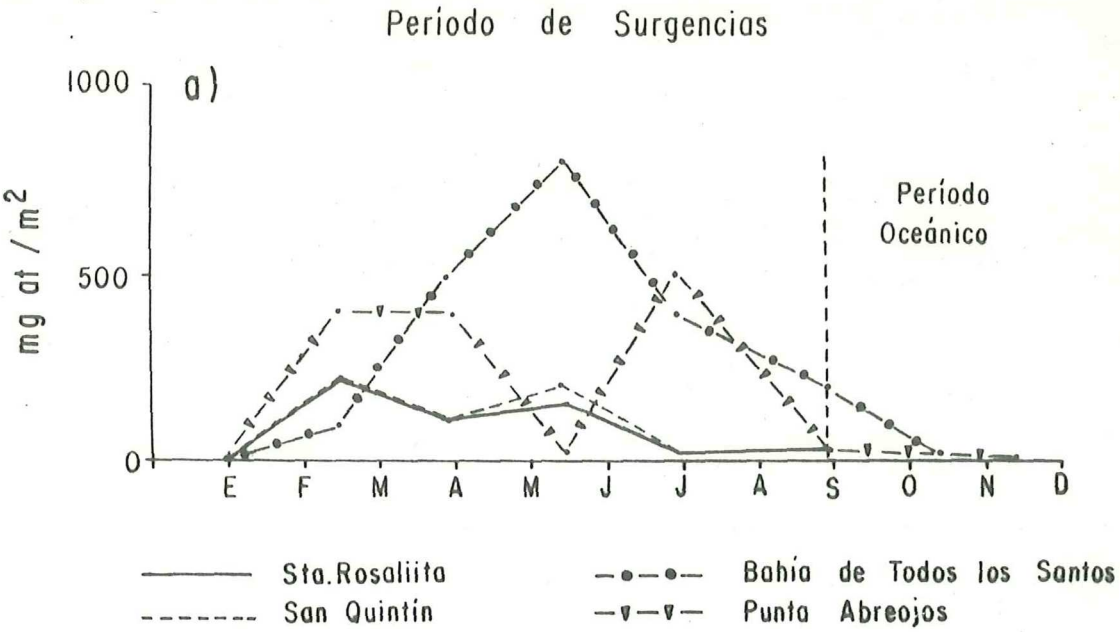
IX APENDICES

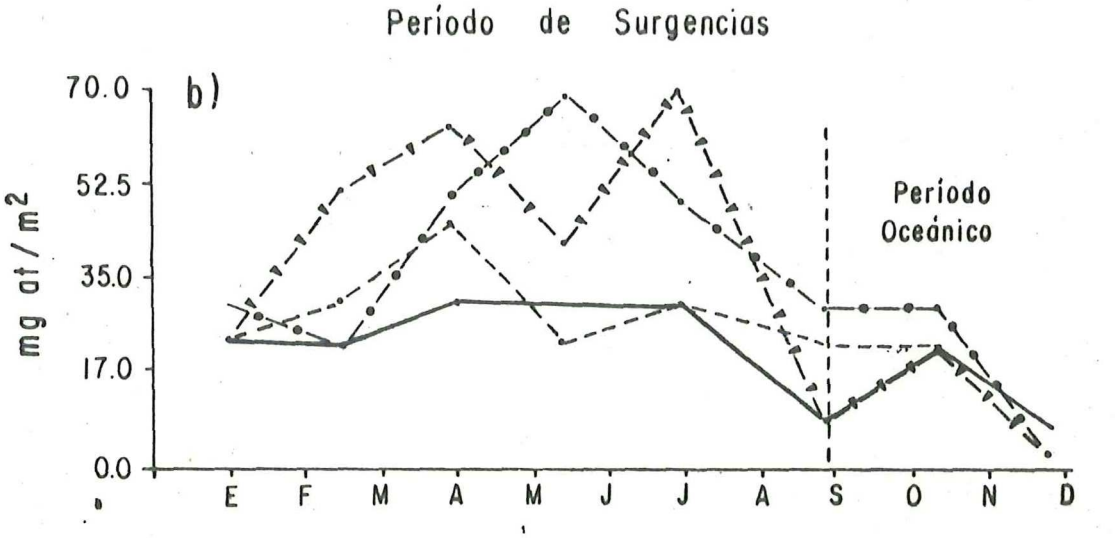


Apénd.I.- Flujo geostrófico superficial promedio (1950-65), correspondiente a los meses de enero (a) y mayo (b). Datos obtenidos de CALCOFI.

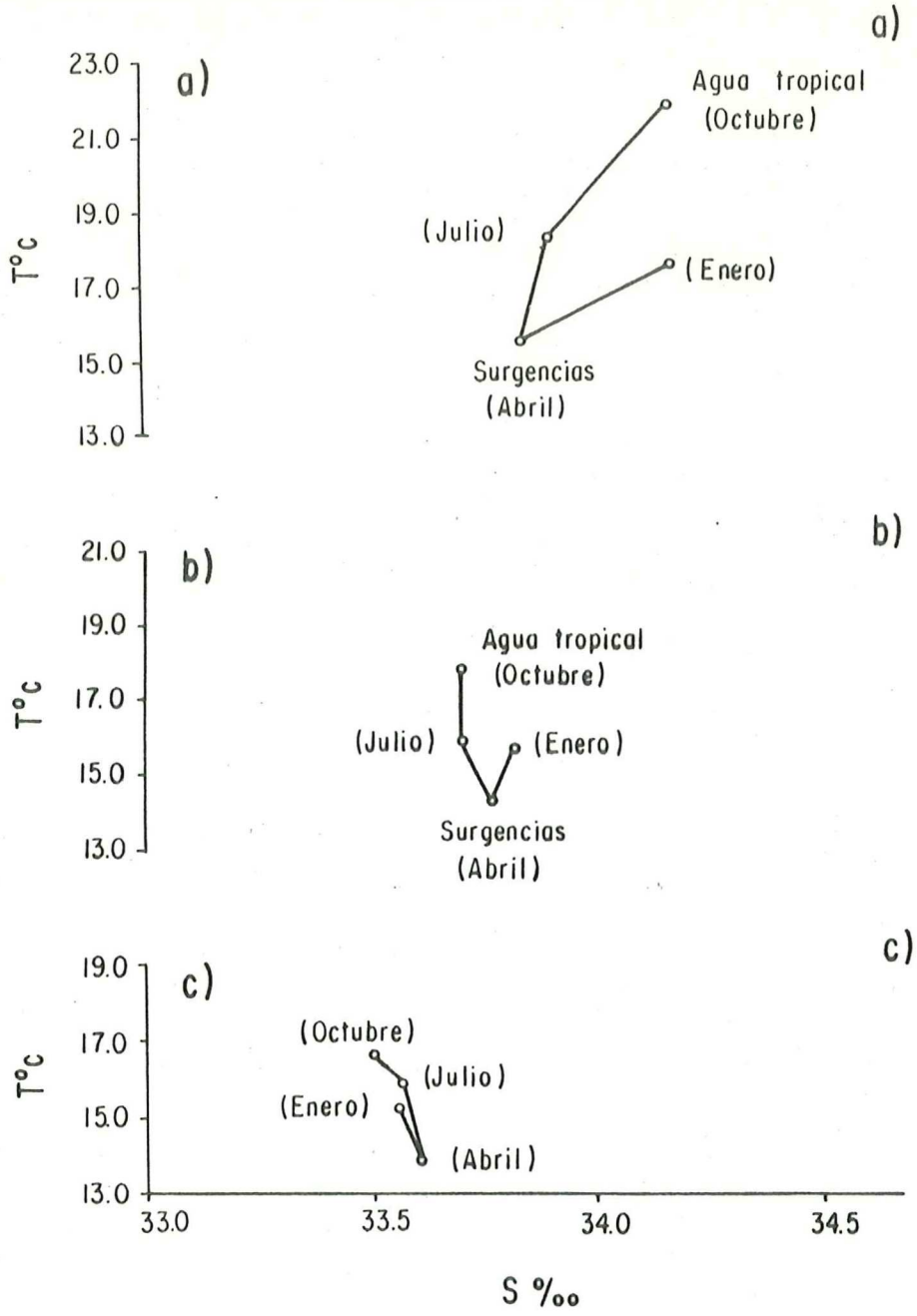


Apénd. 2.- Flujo geostrófico superficial promedio (1950-65); correspondiente a los meses de agosto (a) y septiembre (b). Datos obtenidos de CALCOFI.

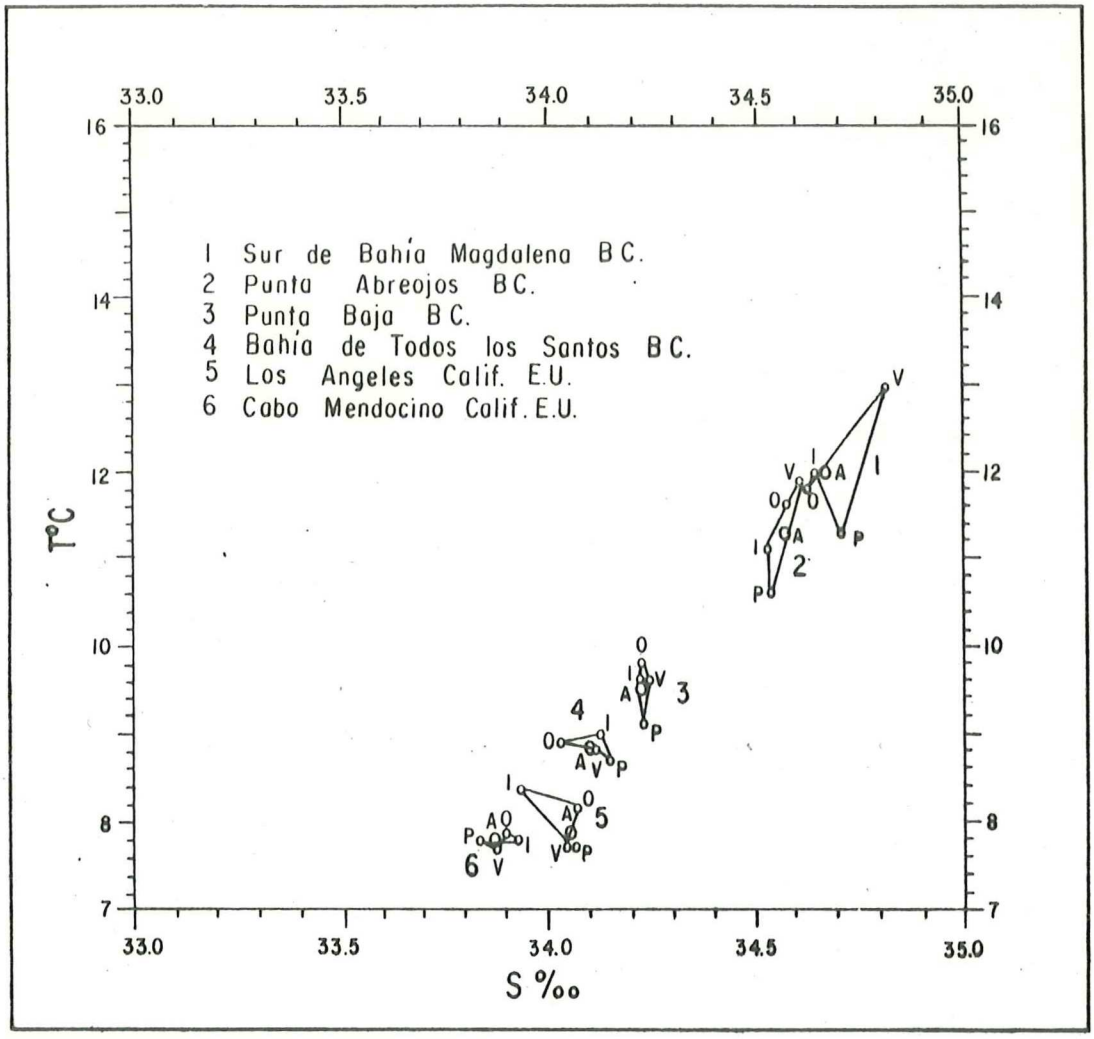




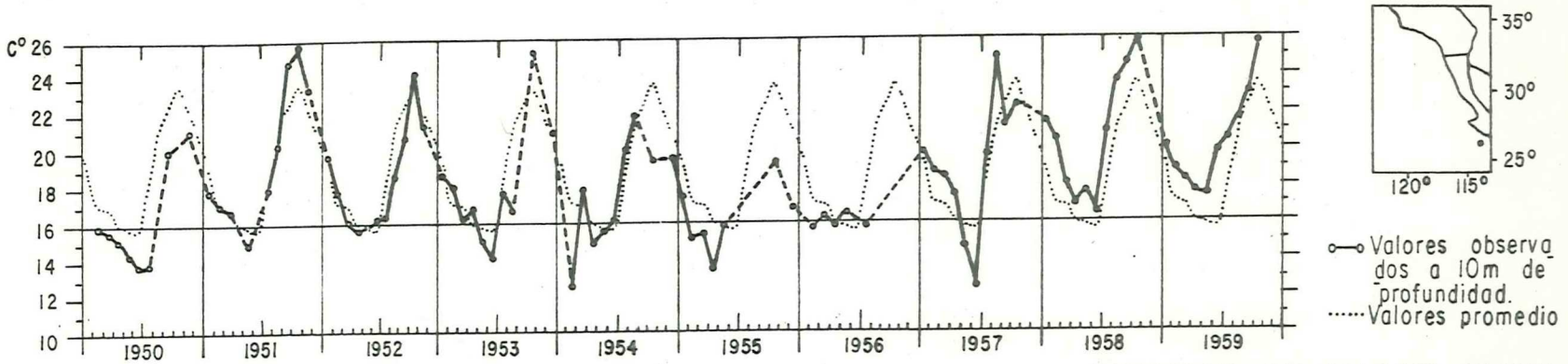
Apénd. 3. Distribución de nutrientes , a) nitratos y b) fosfatos en las zonas de Punta Abreojos, Sta. Rosaliita, San Quintin y Bahía de Todos los Santos. Datos obtenidos de CALCOFI (1974) para el año de 1969. Valores integrados de 0-50 m.

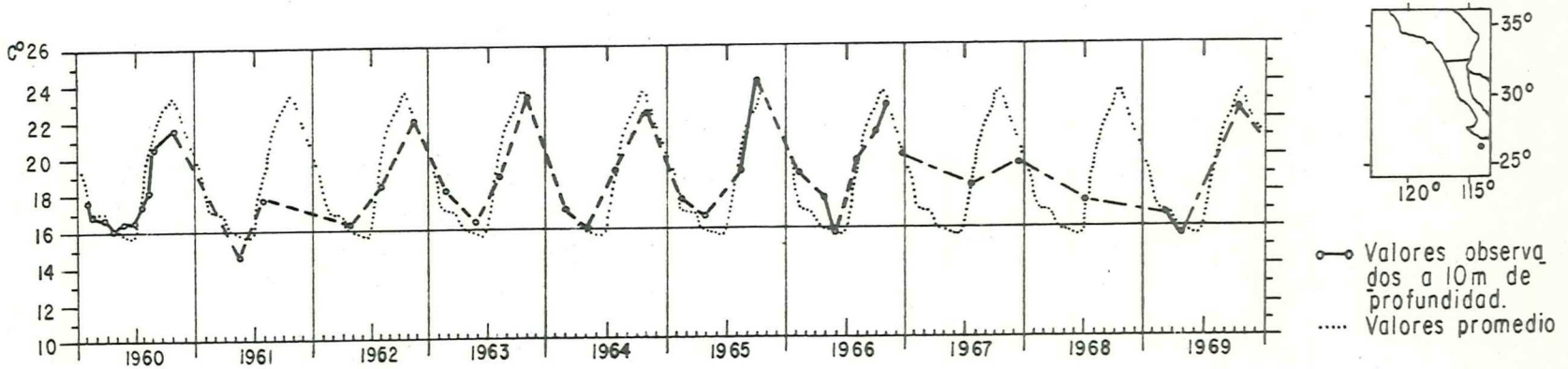


Apénd. 4 Diagramas T-S de datos integrados de 0-50 m de profundidad obtenidos de CALCOFI (1980) a) Punta Abreojos, b) Santa Rosalillita, c) Bahía de Todos Santos. Promedios anuales (1950 - 78)

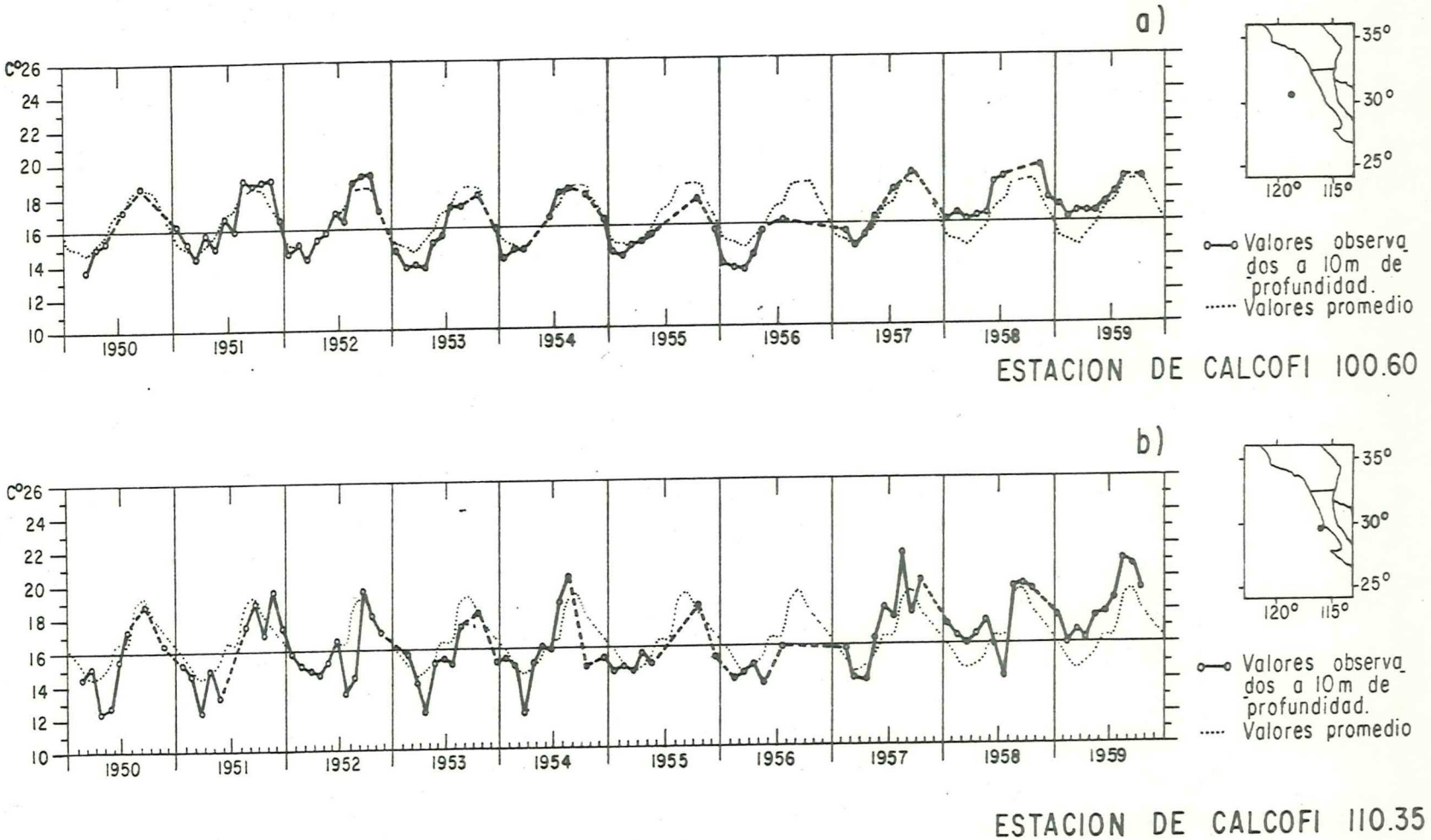


Apénd. 5- Polígonos estacionales T-S a 200 m de profundidad, A significa promedio anual, P promedio de primavera, V promedio de verano, O promedio de otoño, I promedio de invierno. (Período 1950-59)
Tomado de Gomez J, 1982.

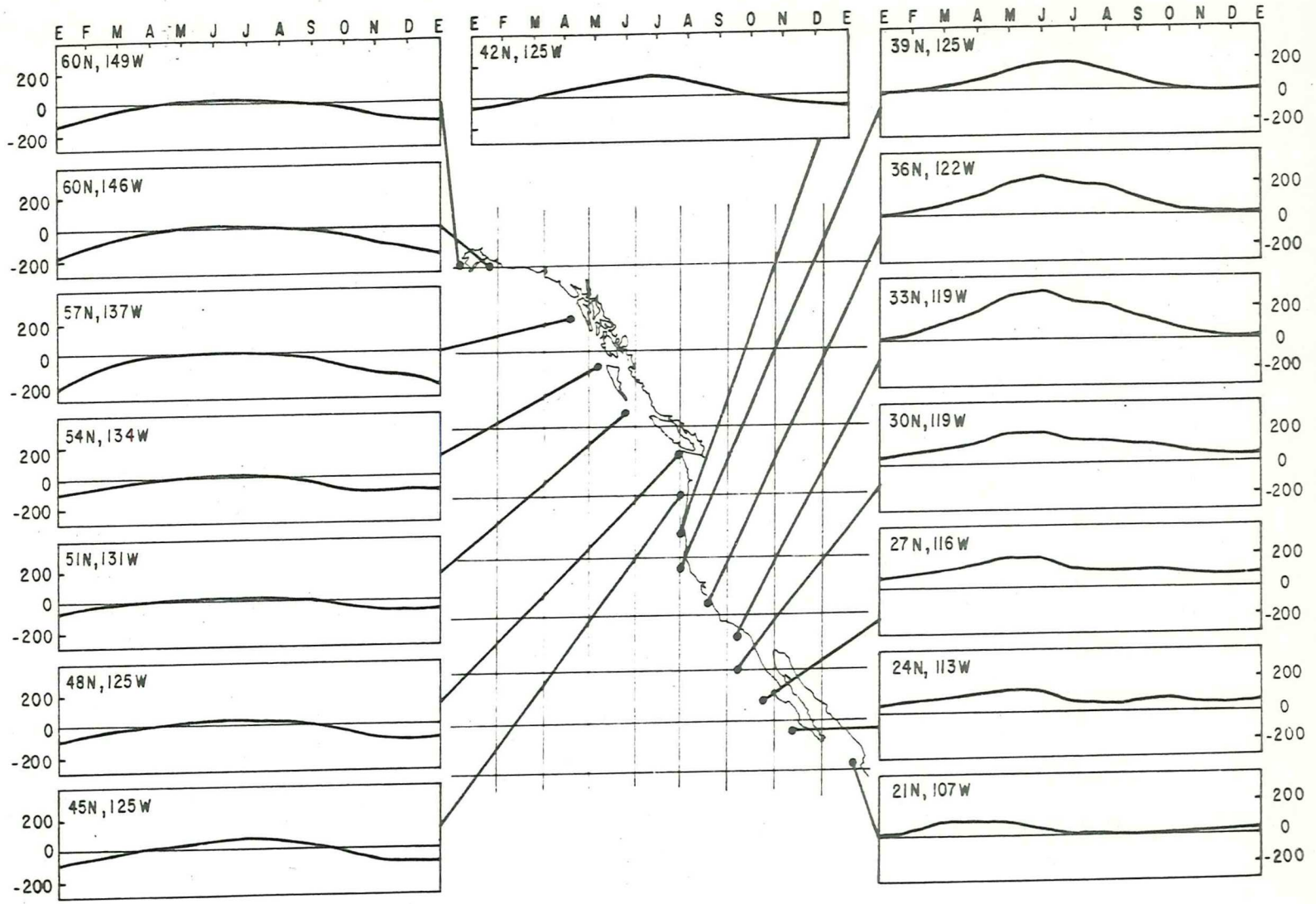




Apénd. 6-Series de tiempo de temperatura segun datos de CALCOFI, a 10 m de profundidad Años 1950-1969 Localidad: Punta Abreojos. Estación de CALCOFI 130.35.

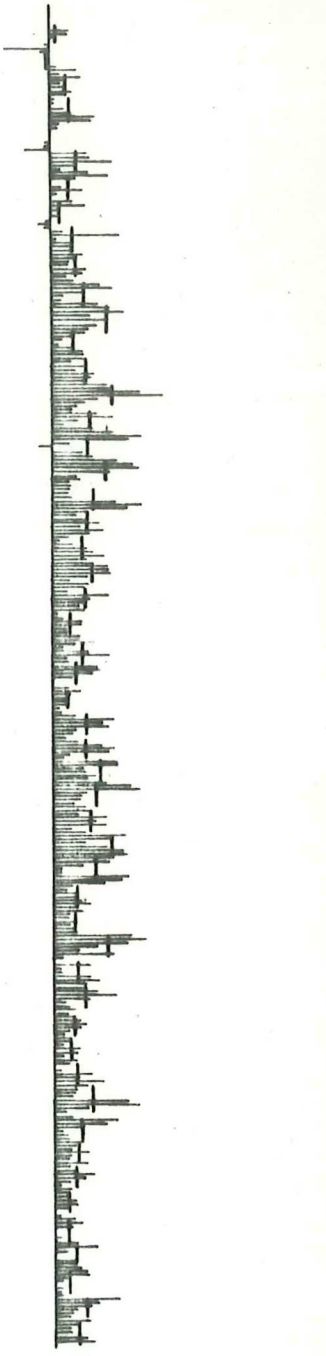


Apénd. 7- Series de tiempo de temperatura segun datos de CALCOFI, a 10 m de profundidad Años 1950-1959 Localidades a) frente a Bahía de Todos Santos b) Punta Baja. Estaciones de CALCOFI 100.60 y 110.35 respectivamente.



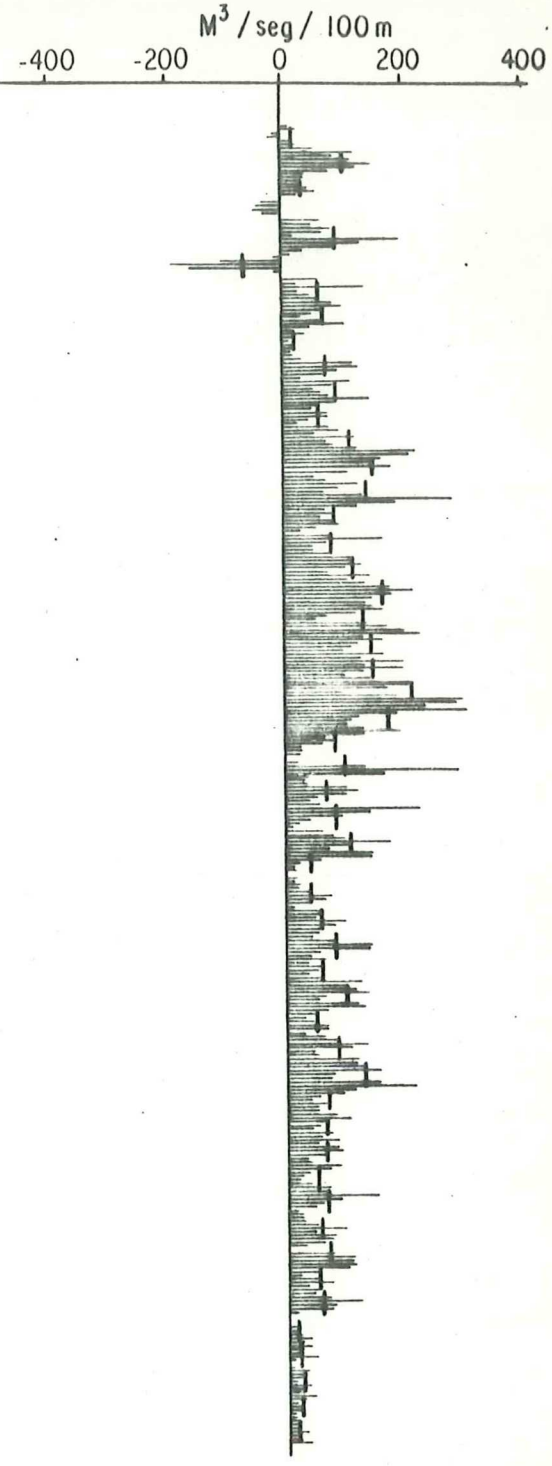
Apénd. 9 - Indices de surgencias, computadas por Bakun, durante un período de 20 años (1948-1967) NOAA, 1973.

COMIENZO DE SEMANA			MEDIA SEMANAL
4	ENE		11
11	ENE		-5
18	ENE		28
25	ENE		33
1	FEB		2
8	FEB		43
15	FEB		33
22	FEB		15
1	MAR		36
8	MAR		41
15	MAR		56
22	MAR		94
29	MAR		39
5	MAR		58
12	ABR		103
19	ABR		64
26	ABR		61
3	MAY		89
10	MAY		70
17	MAY		60
24	MAY		50
31	MAY		68
7	JUN		56
14	JUN		30
21	JUN		50
28	JUN		39
5	JUL		26
12	JUL		56
19	JUL		54
26	JUL		79
2	AGO		71
9	AGO		62
16	AGO		98
23	AGO		70
30	AGO		41
6	SEP		36
13	SEP		92
20	SEP	muestreo	40
27	SEP		52
4	SEP		34
11	OCT		28
18	OCT		39
25	OCT		65
1	NOV		46
8	NOV		40
15	NOV		35
22	NOV		21
29	NOV		21
8	DIC		35
13	DIC		22
20	DIC		51
27	DIC		38



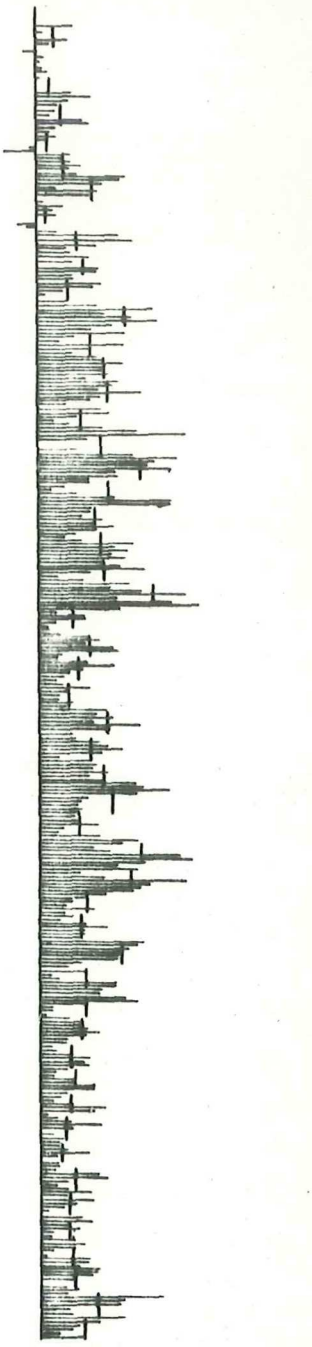
Apénd. 10.- Indices de surgencias costeras, medias semanales durante 1981 Lat 27°N, Long 116° W. Datos proporcionados por NOAA/ /NMFS Pacific Environmental Group - Monterey, California.

COMIENZO DE SEMANA	MEDIA SEMANAL
6 ENE	16
13 ENE	102
20 ENE	32
27 ENE	-5
3 FEB	88
10 FEB	-66
17 FEB	61
24 FEB	66
2 MAR	19
9 MAR	70
16 MAR	85
23 MAR	56
30 MAR	100
6 ABR	146
13 ABR	137
20 ABR	80
27 ABR	74
4 MAY	112
11 MAY	162
18 MAY	131
25 MAY	142
1 JUN	144
8 JUN	210
15 JUN	169
22 JUN	80
29 JUN	96
6 JUL	65
13 JUL	82
20 JUL	106
27 JUL	38
3 AGO	38
10 AGO	57
17 AGO	79
24 AGO	58
31 AGO	98
7 SEP	47
14 SEP	85
21 SEP	131
28 SEP	67
5 OCT	64
12 OCT	64
19 OCT	47
26 OCT	67
2 NOV	56
9 NOV	70
16 NOV	52
23 NOV	56
30 NOV	15
7 DIC	20
14 DIC	25
21 DIC	22
28 DIC	16



Apénd. II.- Indices de surgencias costeras, medias semanales durante 1980 Lat 27°N Long 116° W. Datos proporcionados por NOAA/NMFS Pacific Environmental Group - Monterey, California.

COMIENZO DE SEMANA			MEDIA SEMANAL
4	ENE		32
11	ENE		6
18	ENE		24
25	ENE		44
1	FEB		20
8	FEB		46
15	FEB		95
22	FEB		16
1	MAR		68
8	MAR		79
15	MAR		52
22	MAR		149
29	MAR		90
5	ABR		112
12	ABR		118
19	ABR		73
26	ABR		105
3	MAY		173
10	MAY		117
17	MAY		95
24	MAY		105
31	MAY		109
7	JUN		193
14	JUN		58
21	JUN		87
28	JUN		67
5	JUL		50
12	JUL		116
19	JUL		89
26	JUL		107
2	AGO		122
9	AGO		66
16	AGO		172
23	AGO		153
30	AGO		79
6	SEP		69
13	SEP		136
20	SEP	muestreo	81
27	SEP		83
4	OCT		76
11	OCT		59
18	OCT		64
25	OCT		57
1	NOV		49
8	NOV		40
15	NOV		82
22	NOV		52
29	NOV		52
6	DIC		57
13	DIC		62
20	DIC		102
27	DIC		79



Apénd 12- Indices de surgencias costeras, medias semanales durante 1981 Lat 30°n Long 119°w Datos proporcionados por NOAA/NMFS Pacific Environmental Group - Monterey, California.