

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

UTILIZACION DEL MEJILLON Mytilus californianus
COMO INDICADOR BIOLOGICO DE LAS VARIACIONES EN
LA CONCENTRACION DE D.D.T. Y SUS METABOLITOS -
ASI COMO P.C.B. 1254 EN LA COSTA NOROCCIDENTAL
DE BAJA CALIFORNIA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

P R E S E N T A

EFRAIN ABRAHAM GUTIERREZ GALINDO

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA 1978.

Por su Ejemplo

A mis Padres: OLGA Y EFRAIN
con Cariño, Admiración y Gratitud.

A mi Hita, A Leo,
A mis Hermanos.

UNIDAD DE CIENCIAS MARINAS

DEPENDENCIA: Escuela Superior de
Ciencias Marinas

ASUNTO: Se informa aprobación de
Tema de Tesis.

OFICIO: 1288/77-78

Ensenada, B.C., a 12 de junio de 1978.

Sr. Efraín Abraham Gutiérrez Galindo
P r e s e n t e

Por medio del presente en mi calidad de Presidente de la Comisión de Tesis de esta Unidad de Ciencias Marinas, me permito informarle que su Tema de Tesis "Utilización del Mejillón *Mytilus californianus* como Indicador Biológico de las Concentraciones de DDT y sus Metabolitos así como P.C 1254 en la Costa Nor-Occidental de la Baja Cfa." ha sido aprobado por esta Comisión en su reunión del día 9 de junio de 19 78.

Sin mas por el momento y deseandole éxito en su examen profesional, quedo de usted,

Atentamente


OCEAN. FRANCISCO AGUILAR RUIZ
COORDINADOR GENERAL

NAZF
/LGF*

AGRADECIMIENTOS.

Quiero hacer mi particular agradecimiento al Ocean. Carlos E. Suárez Vidal, Director de esta Tesis, ya que gracias a sus consejos e indicaciones fué posible planificar el presente trabajo; así como también el haberme permitido presentar este estudio como Tesis, ya que se trata de una parte del proyecto de Contaminación en la costa Noroccidental de Baja California llevado a cabo por la Unidad de Ciencias Marinas. Al Dr. Andrew Benson y su ayudante Tec. George W. Rommel del Departamento de Biología Marina de la Institución Oceanográfica Scripps, por haberme guiado y permitido analizar las muestras en su laboratorio. A mi compañero y amigo, Ocean. Ramón Cajal Medrano por su desinteresada cooperación y oportuna intervención en la solución de problemas inesperados durante el estudio. Al Ocean. Gilberto Flóres Muñoz por la disposición de sus conocimientos y material bibliográfico.

A David R. Young y Theodore C. Heesen del Southern California Coastal Water Research Project por el entrenamiento recibido en las técnicas para la determinación de pesticidas.

A los Oceanólogos Sergio Sañudo Wilhelmi, Ramón L. Ramos Flóres y Juan Diego Ramírez Noriega por su colaboración en la planificación y realización de los muestreos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme otorgado una beca como soporte económico durante la realización de mi Tesis Profesional.

Así mismo, transmíto mi más expresivo agradecimiento a mi maestro Ing. César Obregón M-Sanz, por su valiosa ayuda para la fabricación del sistema de canastas y por haber hecho posible la impresión y encuadernación del presente trabajo.

I N D I C E

I).-	Introducción.....	1
II).-	Materiales y métodos.....	5
III).-	Resultados.....	11
IV).-	Discusiones.....	13
V).-	Conclusiones.....	18
VI).-	Bibliografía.....	19
VII).-	Anexos.....	24

I).- INTRODUCCION.

El gran desarrollo industrial que en la actualidad se ha presentado, así como la falta de control del mismo, ha traído consigo una serie de problemas de tipo económico y ecológico - que podrían afectar en un momento dado la existencia misma del hombre. Dicho problema conocido como contaminación, proviene de la descarga de los desechos domésticos e industriales los - cuales tienen como principales receptores a los ríos y mares, - afectando a las comunidades de organismos cercanos a dichas - áreas (Young y Heesen, 1975).

Unos de los principales desechos que han causado mayores - problemas han sido los PCB's (policloruro de bifenilo) y los - insecticidas (DDT) (2-2 bis (para-clorofenil) 1-1-1 tricloro - etano), dadas sus características tales como: Gran producción, persistencia en el medio ambiente (de meses hasta años), amplia distribución y su gran liposolubilidad (Nicholson, 1967).

Los PCB's son mezclas complejas de compuestos orgánicos - sintéticos, son empleados en pinturas, linazas, como coloran- - tes en plásticos, lacas, barnices, en aislantes eléctricos, en aceites hidráulicos, aceites lubricantes y en cintas adhesivas (Young y Heesen, 1975). Existen evidencias de su amplia dis-

tribución en el medio ambiente marino (Abbot, 1965 y 1966; Risbrough, 1968 y Sodergren, 1972), y dada su baja solubilidad en el agua son acumulados principalmente en los sedimentos aledaños a las salidas de drenajes industriales (Halcrow y colaboradores, 1974).

Los PCB's son solubles en los lípidos (que juegan un papel en la economía de las especies), y extremadamente resistentes a degradaciones químicas y biológicas, así mismo son rápidamente incorporados a la cadena alimenticia y sus efectos letales se han observado en los niveles tróficos superiores (Gustafson, 1970). Varios autores, han reportado que animales que habitan en aguas contaminadas por PCB's y sobre el bentos, acumulan éstos compuestos en sus tejidos grasos (Nimmo, 1971; Duke, 1970; Yoshida, 1973).

Al igual que los PCB's y dado su bajo costo de producción, efectividad y persistencia el DDT presenta una amplia distribución en el medio ambiente marino. Uno de los principales medios de incorporación al medio ambiente marino, es a través de la atmósfera, ya que del total de DDT que es aplicado por medios aéreos en los campos agrícolas, sólo el 50% cumple su misión (Woodwell, 1967), mientras que el 50% restante se evapora en períodos de 16 a 20 semanas (Ward y Burt, 1955; Wheatley, 1965).

En los océanos el fitoplancton puede actuar como un receptor

primario del DDT de las aguas, transfiriendolo consecuentemen- -
te a los diferentes niveles tróficos (Cox 1970), y acumulando- -
se en los tejidos grasos de los organismos, dada la gran lipo- -
solubilidad que éste presenta (Halcrow W; McKay W. y Bogan 1974).
En su paso através de los diferentes niveles tróficos, el DDT -
va sufriendo alteraciones en su composición formando sus deri- -
vados (metabolitos), entre los cuales, se puede mencionar al -
DDE (1-1 dicloro 2-2 bis(p-clorofenil) etileno) y DDD (1-1 di- -
cloro 2-2 bis(p-clorofenil) etano), productos de una toxicidad -
menor que el de su formador, pero no obstante, son considera- -
dos como sustancias tóxicas de importancia (O'Brien 1967). La -
persistencias de estos residuos dependen del tipo de sustrato -
a que se adhiera, la temperatura, pH y los microorganismos que -
existan (O'Brien 1967).

El DDT y los PCB's penetran al cuerpo de los organismos -
ya sea por absorción, adsorción, vías respiratorias, así como -
por la ingestión de alimentos (Jensen 1966; Roberts 1975).
Los principales efectos de estos compuestos en los organismos -
expuestos, se refleja en las reacciones enzimáticas del meta- -
bolismo, y por ende en su fisiología (SCEP 1970).

La mayoría de los hidrocarburos clorados, incluyendo al -
PCB y DDT inhiben la productividad del fitoplancton de un 50% -
a un 90%, cuando se encuentran presentes en concentraciones de -
1.00 ppm durante 4 horas (Ukeles 1960). En 1970 Holden en es- -
tudios realizados en mamíferos marinos reportó concentraciones -

de PCB y DDT de aproximadamente 100 ppm en el Mar Báltico, Mar del Norte y el Mar de Irlanda. Golberg en 1972, observó los mismo niveles (100 ppm) en mamíferos marinos de las costas de California de Estados Unidos de América (E.U.A.).

En las costas de Baja California y en las del Sur de California (E.U.A.), la presencia de estos contaminantes ha sido reportada en varios trabajos (Burnett R. 1971; Nishikawa 1971; Suárez Vidal 1972; Velarde Rodríguez 1973; Hernández Valdéz 1973; Suárez Vidal y Acosta Ruiz 1973; Young R. y Heesen C. 1976; Guardado Puentes y Nuñez Esquer 1975; Young R. y Szpila I. 1974; Young R. y McDermott 1976) encontrándose en muestras de sedimentos, agua, peces, moluscos y en partículas atmosféricas. A su vez, se tienen antecedentes de que la producción anual de DDT en la zona Sur de California (E.U.A.) se ha incrementado de 3.5 millones a un máximo de 85 millones de kilogramos, en los últimos 25 años (Butler A.P. 1971), así como de la existencia de una descarga diaria de 150 a 250 kilogramos de DDT y sus metabolitos al océano, por el Distrito Sanitario del Condado de Los Angeles, California (E.U.A.) (Fay R. 1970) y una estimación de una entrada de 7500 kilogramos anuales de PCB's a las aguas del Sur de California (E.U.A.) (Young R. y Heesen C. 1975).

En base a lo anteriormente expuesto y considerando la importancia pesquera, que representa la Costa Noroccidental

dustriales de Estados Unidos de América, el presente trabajo -
tiene como objetivo conocer las concentraciones, distribución -
y variaciones de PCB's y DDT (y sus metabolitos) en la costa -
(zona entremareas) y en la columna de agua, en un área compren- -
dida desde las proximidades a la frontera con Estados Unidos de -
América hasta la Bahía de San Quintín B.C. (Fig. 1). También -
determinar si el mejillón Mytilus californianus es un buen ín- -
dice biológico, dado que es un organismo sésil y filtroalimen- -
tador con una amplia distribución, abundancia y disponibilidad, -
además de contener residuos de PCB's y DDT entre el límite de -
detección y el límite en que sus efectos toxicológicos no afec- -
tan la significancia de la muestra (Moore, 1966; DiSalvo, Ward y -
Hunter, 1973; Young y Szpila, 1974; Goldberg, 1975).

II).- MATERIALES Y METODOS.

Las muestras de mejillón M. californianus se obtuvieron de -
dos formas: La primera de cuatro estaciones localizadas en la -
zona de entremareas, escogidas de acuerdo a la abundancia y dis- -
ponibilidad de los bancos de mejillón (Fig. 1). La segunda de ca- -
nastas conteniendo mejillones de una talla de 4 a 6 cm, e insta- -
ladas en tres localidades a una cierta distancia de la costa -
(2 km), y a profundidades de 0.5 m, 5 m, 10 m, 15 m, (Fig. 1 y 2).

Se colectaron mensualmente (septiembre a diciembre de 1977 -
y en algunas ocasiones enero de 1978), 10 organismos de una talla-

de 5 cm por cada estación de la costa, así como 10 organismos de una talla de 5 a 6 cm por canasta durante el mismo período. Todos los organismos fueron transportados al laboratorio en bolsas de ixtle sumergidos en recipientes con agua de mar, inmediatamente después se envolvieron en papel aluminio congelándose hasta su análisis.

El análisis y determinación de los contaminantes (PCB 1254 y DDT) se llevó a cabo de acuerdo al método empleado en el laboratorio del Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP), y consta de los siguientes pasos:

Preparación de Material.

Toda la cristalería utilizada para el análisis debe ser lavada con agua y jabón (libre de fosfatos), enjuagándose con metanol y hexano, transfiriéndose posteriormente a una estufa a 350°C. por 8 horas. Hasta su uso, la cristalería deberá ser cubierta con papel aluminio.

El florisil 60/100 (MCB FX284) utilizado para la limpieza de la muestra es colocado en crisoles cubiertos de 250 g y transferidos a una mufla a una temperatura de 705°C. por 4 horas a partir del momento en que la mufla ha alcanzado la temperatura de equilibrio. Una vez activado el florisil, es depositado en un vaso de precipitados de 500 ml cubriéndolo con hexano. La columna cromatográfica utilizada en la limpieza cuyas características son: 400 mm de largo, 25 mm de diámetro externo y 22 mm de diámetro in-

terno, es empacada con 3 pulgadas de florisil 60/100 activado para remover cualquier componente polar no deseado en el hexano, añadiéndose sobre el mismo 1/2 pulgada de sulfato de sodio-anhídrido granular con la finalidad de secar la muestra. La columna deberá ser preparada al momento de iniciarse la limpieza de la muestra.

Extracción.

En este método de extracción se obtiene el 90% del total de hidrocarburos clorados identificables.

A los 10 organismos obtenidos en los muestreos, se les extraen todos los tejidos (sin visus) transfiriéndolos a un homogenizador. Del homogeneizado resultante, se pesan 10 g y se depositan en un vaso de precipitados de 150 ml al cual se le añaden 20 ml de acetonitrilo batiéndose en una licuadora de alta velocidad por un período de 2 minutos (hasta que todos los tejidos estén bien mezclados). Las aspas de la licuadora se enjuagan dos veces con 20 ml de acetonitrilo, añadiéndose el enjuague al vaso de precipitados de 150 ml.

La muestra con el acetonitrilo es decantada y filtrada a un embudo de separación de 500 ml. Los tejidos retenidos en el papel filtro son enjuagados tres veces con 20 ml de acetonitrilo. Al extracto de acetonitrilo contenido en el embudo de separación de 500 ml, se le añaden 50 ml de hexano y se agita por un período de 2 minutos, dejándose reposar hasta la separación-

del hexano del acetonitrilo (el hexano tiene menor densidad - que el acetonitrilo).

El hexano es drenado a un matraz de 250 ml previo desalojo del acetonitrilo a un vaso de precipitado de 400 ml. La fracción de acetonitrilo colectada es regresada al embudo de separación de 500 ml, añadiéndole dos veces 50 ml de hexano, y repitiéndose la misma operación.

Los extractos de hexano colectados en el matraz de 250 ml son concentrados a 40 ml en un rotaevaporador.

Limpieza.

Los 40 ml son añadidos a la columna cromatográfica (empacada), recibiendo en un matraz de 150 ml. La columna es enjuagada con 45 ml de una solución de diethyl éter al 6% en hexano, recibiendo en el mismo matraz de 150 ml. El producto de la limpieza es concentrado en un rotaevaporador a 10 ml los cuales son depositados en tubos de centrifuga de 12 ml.

Análisis.

Los 10 ml de la muestra son concentrados según lo requiere el caso a 0.4-1.0 ml, mediante un sistema de corriente de nitrógeno provisto de un filtro purificador. El concentrado se inyecta a un cromatógrafo de gases utilizando una jeringa de 5 microlitros. Para el presente estudio se utilizó un cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard modelo 5700 A con un

detector de captura de electrones. Las condiciones de operación del aparato fueron las siguientes: Flujo de gas 5% argon-metano, 30 ml/min a temperatura ambiente; temperatura de la puerta de inyección 250°C, columna 200°C y en el detector 300°C. Con una columna de vidrio de 6 pies de largo, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno; empacada con 1.95% SP 2250/1.5% SP 2401 en 100/120 Supelcon AW-DMCS 01-1947.

Identificación y Cálculos.

La identificación de los compuestos se hace mediante una comparación de los tiempos de retención en la columna cromatográfica de soluciones estandar con los tiempos de retención de la muestra. Así mismo, para determinar la concentración de cada compuesto, se hizo una comparación de la altura de pico engendrada por los estandares y la altura de pico de las muestras, asumiendo que fueron inyectadas en condiciones similares de presión y temperatura. Así mismo, se requiere conocer la concentración del estandar, el factor de recuperación en la columna, el volumen del estandar inyectado, el volumen de la muestra inyectado, el volumen final de la muestra y el peso húmedo de la muestra, para relacionarlos de la siguiente forma:

$$\text{Concentración: } \frac{APM}{APS} \times \frac{CS}{FRF} \times \frac{VSI}{VMI} \times \frac{VFM}{PHM}$$

$$\text{Unidades: } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \times \frac{\text{g}/\mu\text{l}}{\%} \times 10^{-9} \times \frac{\mu\text{l}}{\mu\text{l}} \times \frac{\mu\text{l}}{\text{g}} = \text{ppb} \text{ (peso húmedo)}$$

En donde:

- APM: Altura del pico de la muestra.
- APS: Altura del pico del estandar.
- CS: Concentración del estandar.
- FRF: Factor de recuperación en la columna.
- VSI: Volumen del estandar inyectado.
- VMI: Volumen de la muestra inyectado.
- VFM: Volumen final de la muestra.
- PHM: Peso húmedo de la muestra.

Se determina un factor de recuperación en la columna de limpieza con florisil utilizando el cálculo que a continuación se describe: Tabla 1

Inyección del estandar preparado: altura de pico-----100%
Inyección del estandar pasado a través de la columna empacada : altura de pico-----X

Metabolito	%
opDDE	98.38
ppDDE	100
opDDD	100
opDDT	99.5
ppDDD	97.3
ppDDT	96.3
PCB 1254	100

Tabla 1
Factor de Recuperación en la Columna Cromatográfica.

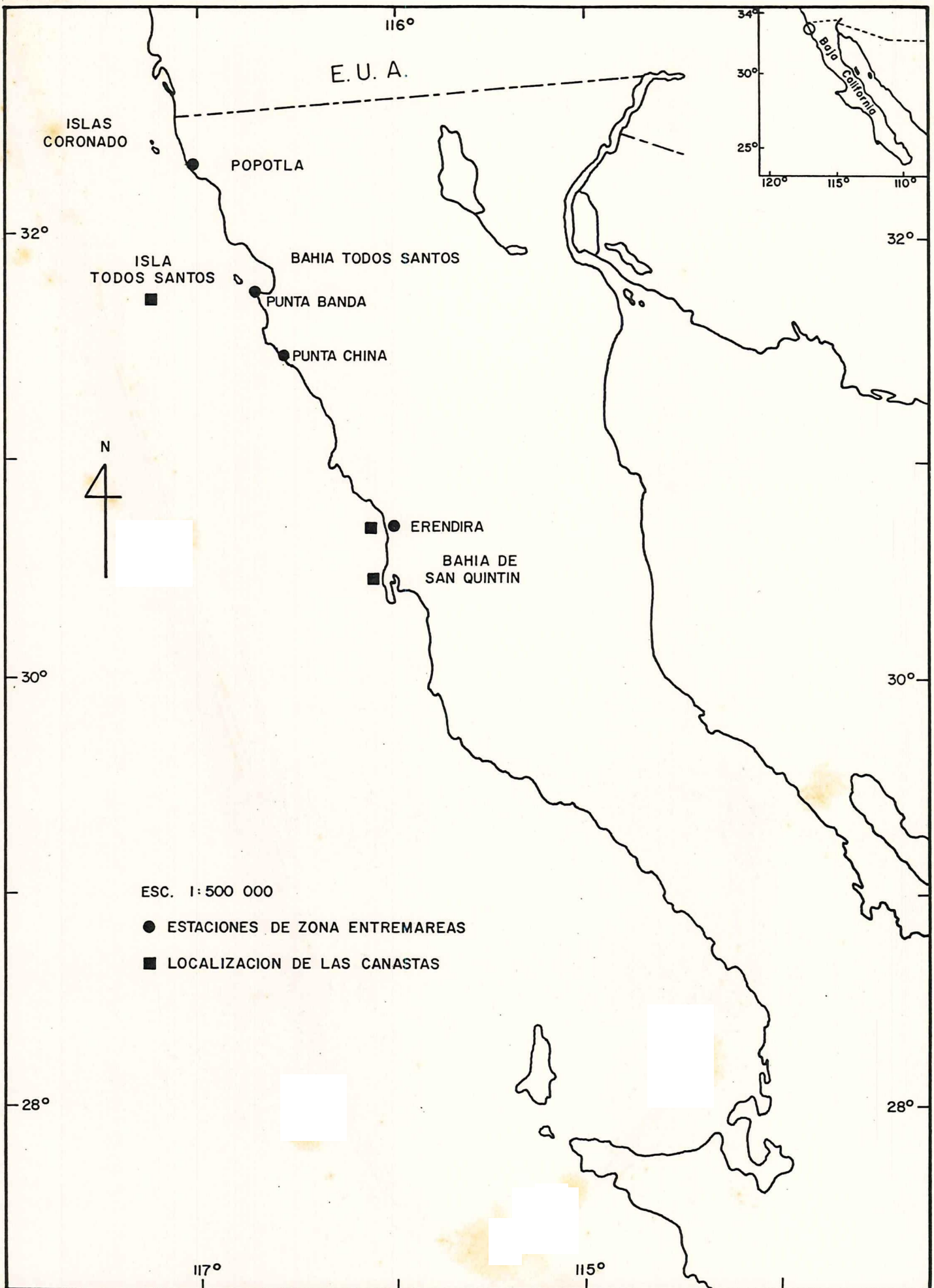


FIG. 1. ZONA DE ESTUDIO

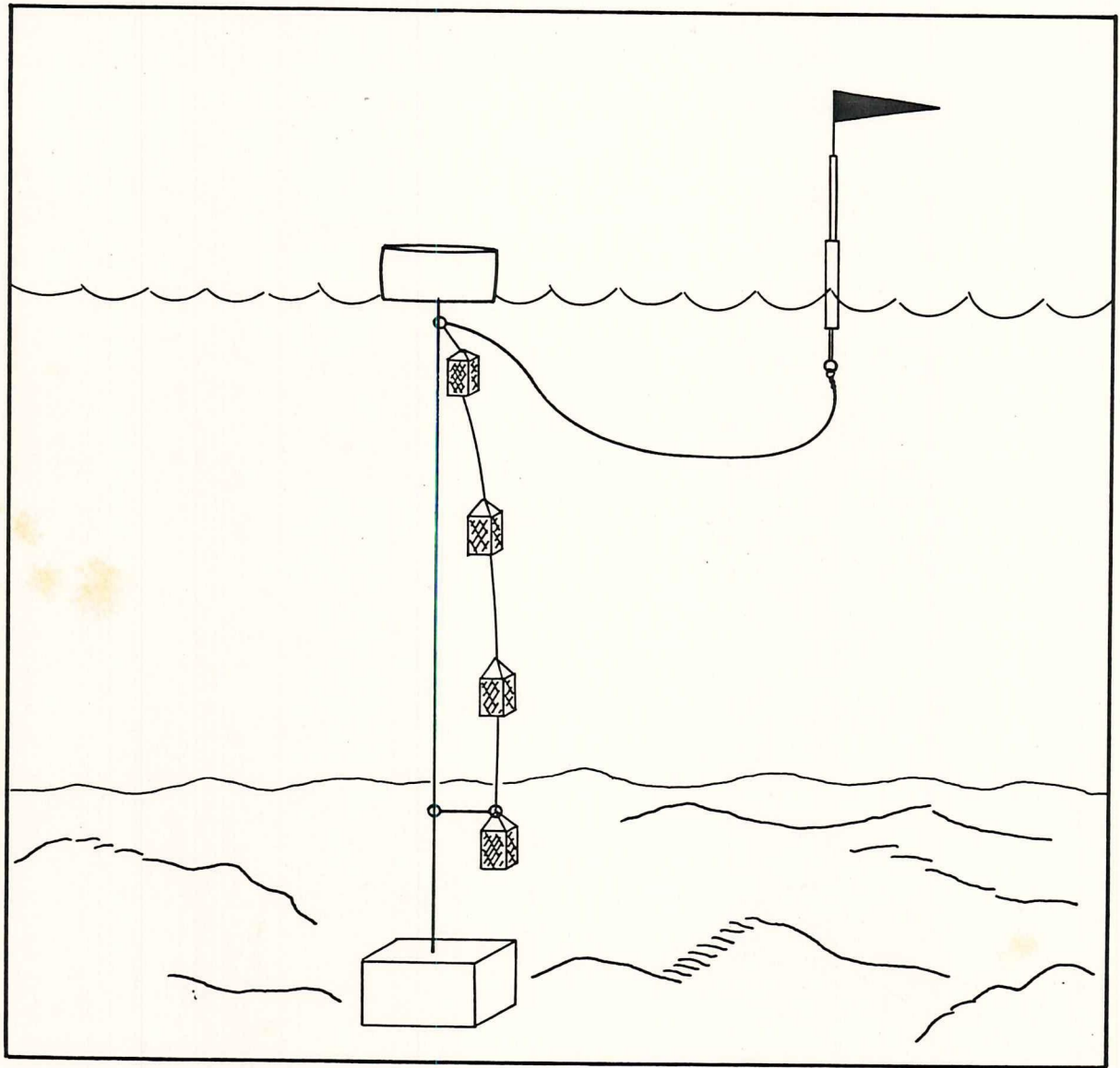


FIG. 2.- SISTEMA DE CANASTAS EN LA COLUMNA DE AGUA CONTENIENDO MEJILLONES Mytilus californianus.

III).- RESULTADOS.

La distribución de las concentraciones de DDT en las muestras del mejillón M. californianus analizadas en la zona de entremareas, presentan una tendencia a incrementarse de Norte a Sur, excepto en la estación de Punta Banda que es donde se presenta la menor concentración (2.2 ppb) (Fig. 3). Para el caso del PCB 1254, la situación es contraria a la del DDT, decrem^{en}tándose de 4.7 ppb en la parte Norte de la zona de muestreo a trazas en la parte Sur (Fig. 3).

En cuanto a la distribución de las concentraciones de DDT en los mejillones en las canastas de la columna de agua, se observa un incremento de las mismas de la Isla Todos Santos (2.4 ppb) a Eréndira (5.8 ppb), decrem^{en}tándose en San Quintín (2.1 ppb); coincidiendo la mayor concentración de la columna de agua en Eréndira (5.8 ppb) con la de la costa (5.6 ppb) (Fig. 4). En lo que refiere a las concentraciones de PCB 1254, este se detectó únicamente en la Isla Todos Santos (4.6 ppb) (Fig. 4).

Las variaciones de las concentraciones mensuales de DDT en las estaciones de Poptla y Punta Banda (Figs. 5,7), tienen a presentar un incremento casi uniforme a lo largo de la época de muestreo, no siendo así para la estación de Punta Chi--na (Fig. 9), la cual se decrem^{en}ta de septiembre a noviembre, incrementándose en enero de 1978. En la estación de Eréndira (Fig. 11) los valores no presentan un patrón definido.

Las figuras 6, 8, 10 y 12 muestran cualitativamente y cuantitativamente las variaciones en las concentraciones de los metabolitos del DDT en los organismos en cada una de las estaciones detectándose al ppDDE como el metabolito imperante seguido del opDDD.

Las concentraciones del PCB 1254 detectadas en Popotla (Fig. 13) presentan un comportamiento similar a las del DDT en el mismo período. En la estación de Punta Banda (Fig. 14) se observa en los únicos meses que fué detectado de noviembre 77 a enero 78 un incremento del mismo.

Las variaciones mensuales de las concentraciones del DDT en la columna de agua a los 0.5 m en las estaciones de la Isla Todos Santos y San Quintín (Figs. 15,17) se comportan de una manera similar, incrementándose, no siendo así para los siguientes niveles (5 m, 10 m, 15 m) de ambas estaciones, ya que en la Isla Todos Santos tienden a incrementarse las concentraciones de septiembre a noviembre, mientras que en la estación de San Quintín se decremantan. En la estación de Eréndira se pudo muestrear únicamente los meses de septiembre y octubre debido a la posible pérdida o robo de las canastas, observándose durante este período un incremento de las concentraciones en toda la columna de agua (Fig. 16).

La figura 18 nos muestra las variaciones de las concentraciones mensuales de PCB 1254 de la Isla Todos Santos no siguiendo un patrón definido.

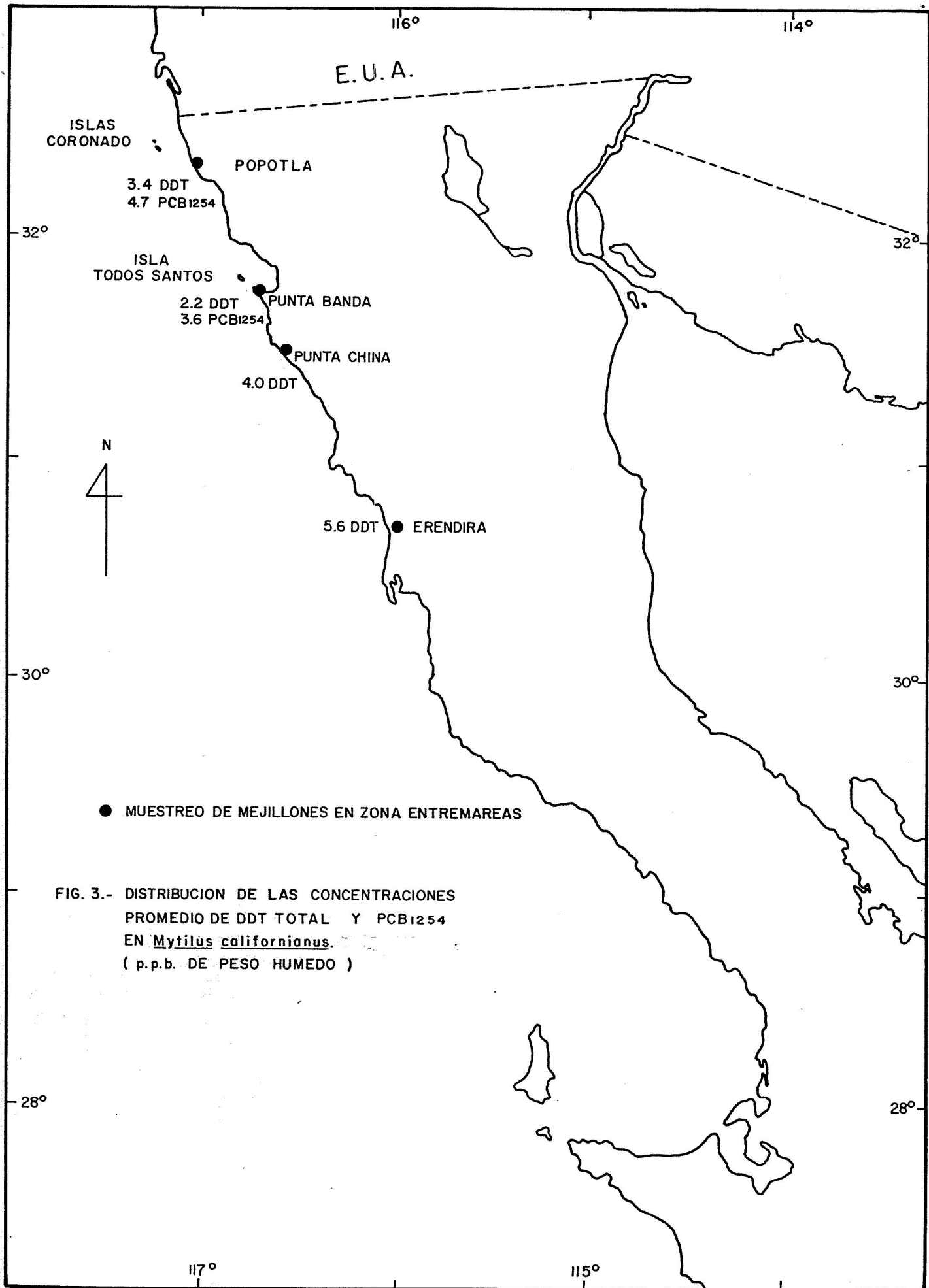


FIG. 3.- DISTRIBUCION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIO DE DDT TOTAL Y PCB1254 EN *Mytilus californianus*. (p.p.b. DE PESO HUMEDO)

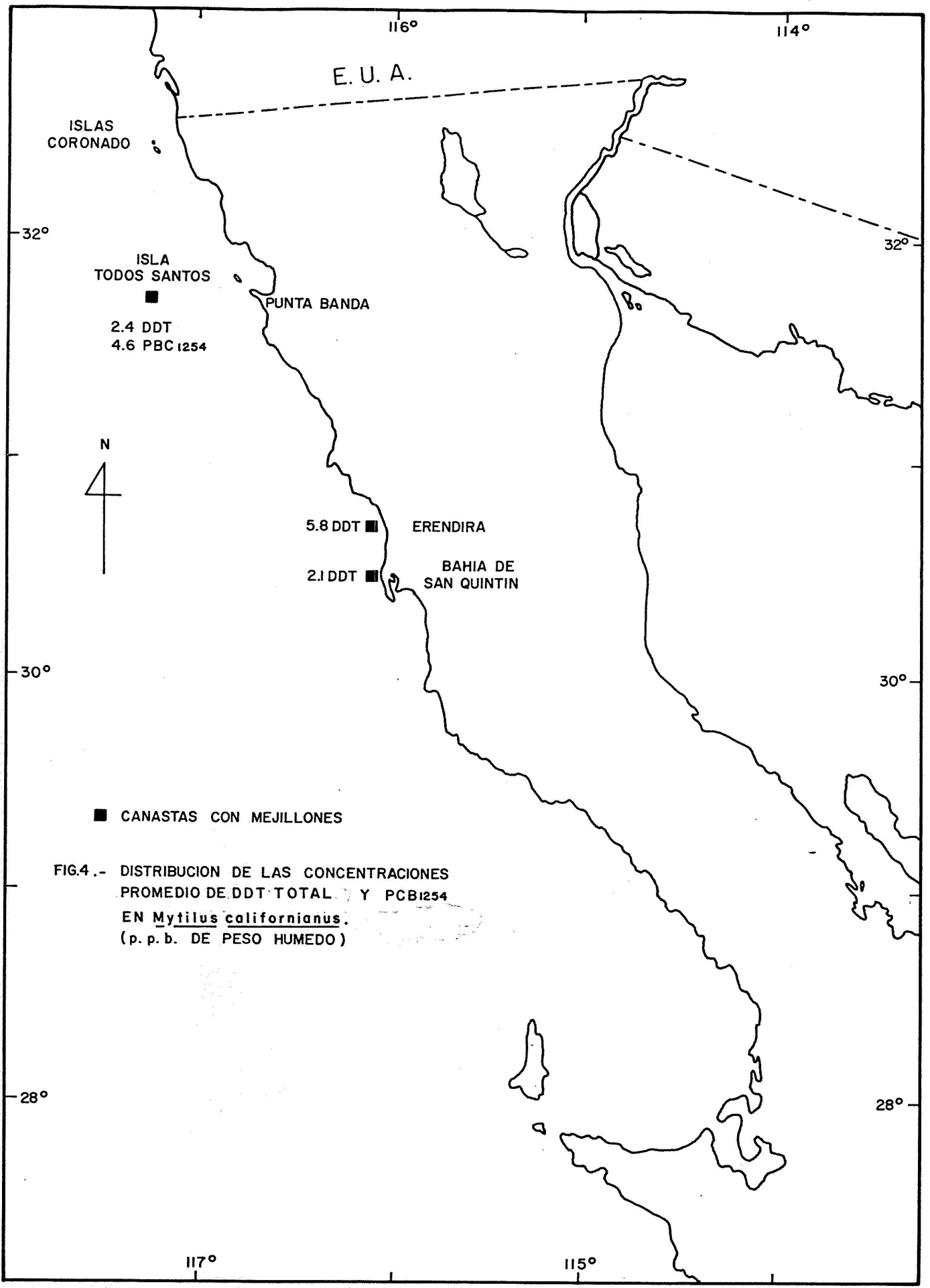


FIG.4.- DISTRIBUCION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIO DE DDT TOTAL Y PCB1254 EN *Mytilus californianus*. (p. p. b. DE PESO HUMEDO)

Coastal Oceanography, 1974, 1(1), 1-11

10

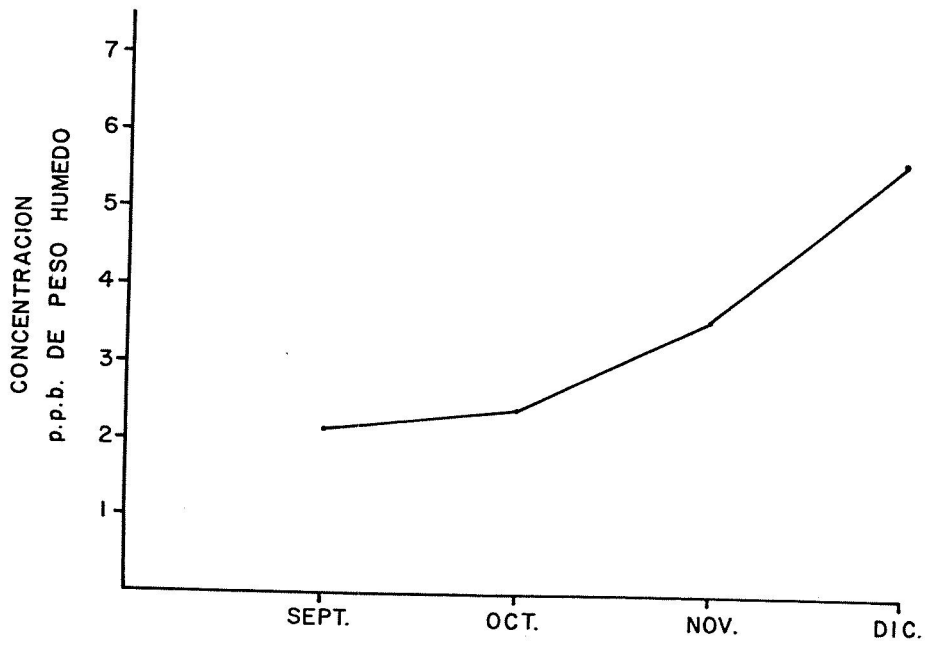


FIG. 5.- ESTACION POPOTLA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN Mytilus californianus
 (COSTA)

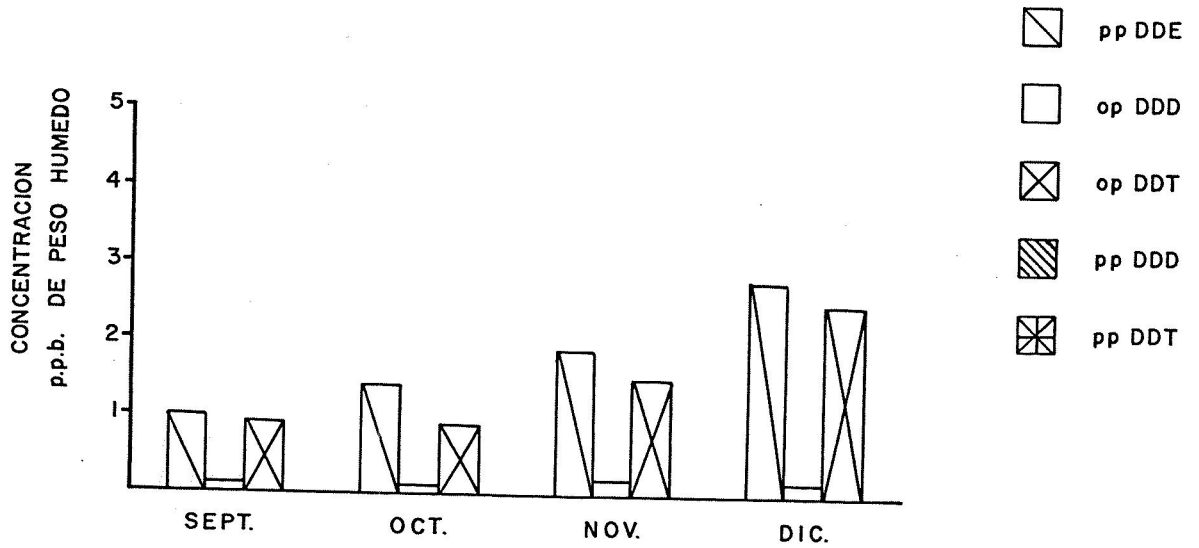


FIG. 6.- ESTACION POPOTLA
 METABOLITO DE DDT EN Mytilus californianus
 (COSTA)

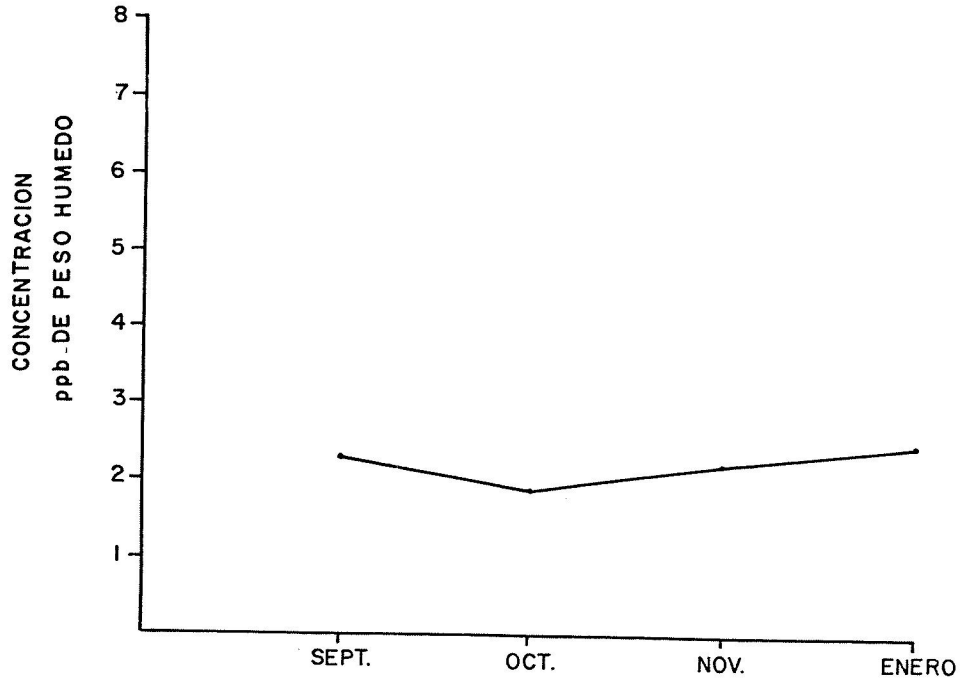


FIG. 7.- ESTACION PUNTA BANDA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN Mytilus californianus
 (COSTA)

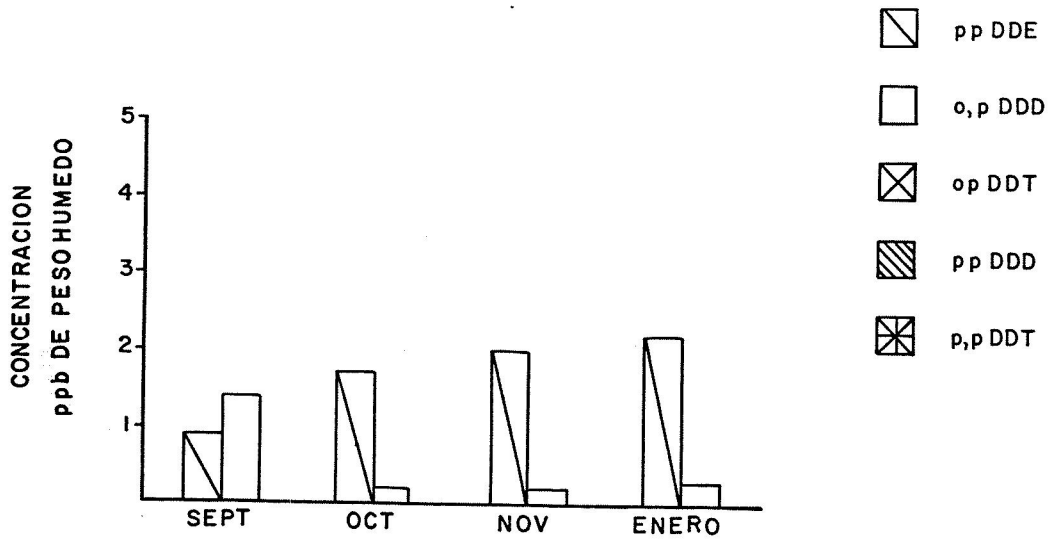


FIG. 8.- ESTACION PUNTA BANDA
 METABOLITOS DE DDT EN Mytilus californianus
 (COSTA)

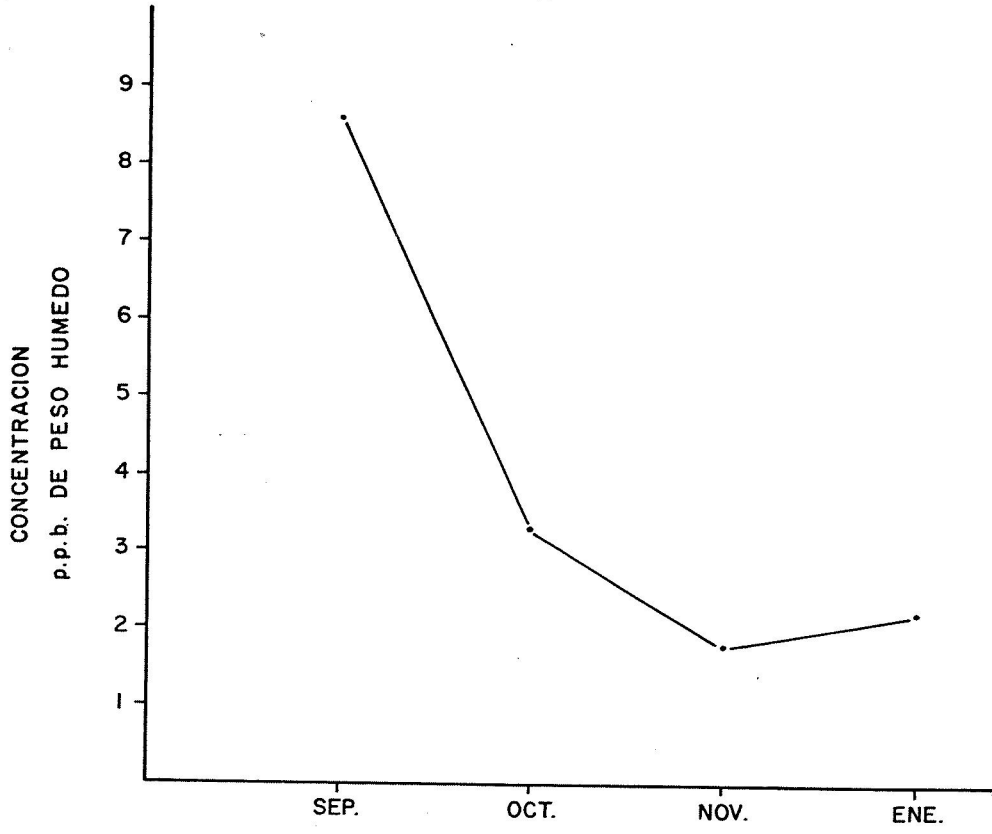


FIG. 9.- ESTACION PUNTA CHINA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN Mytilus californianus
 (COSTA)

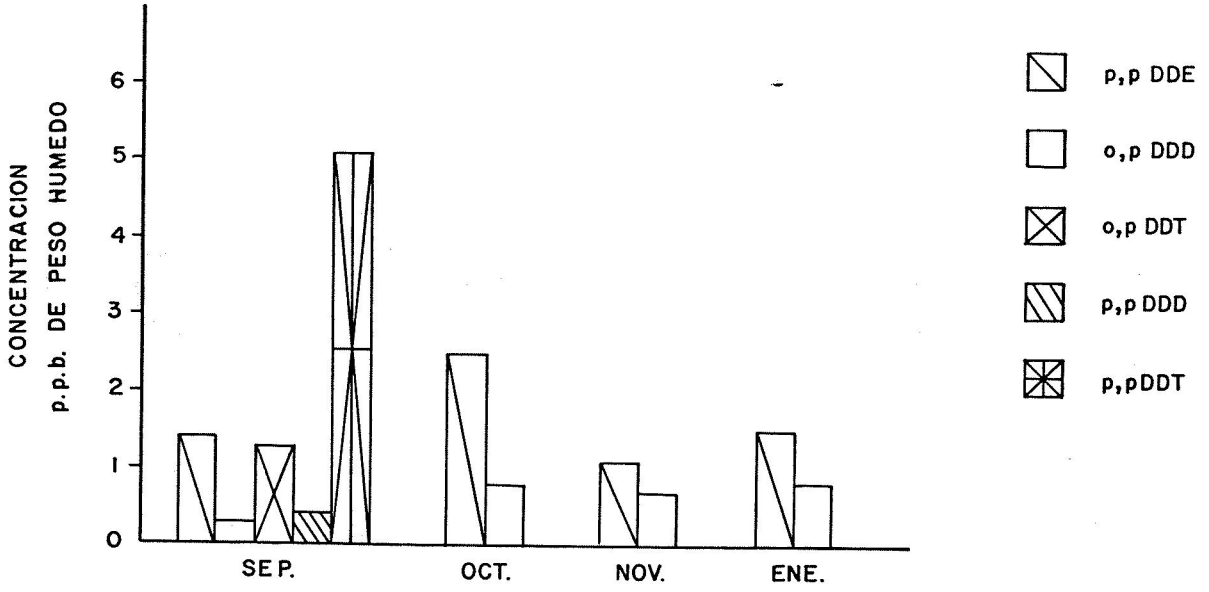


FIG. 10.- ESTACION PUNTA CHINA
 METABOLITO DE DDT EN Mytilus californianus
 (COSTA)

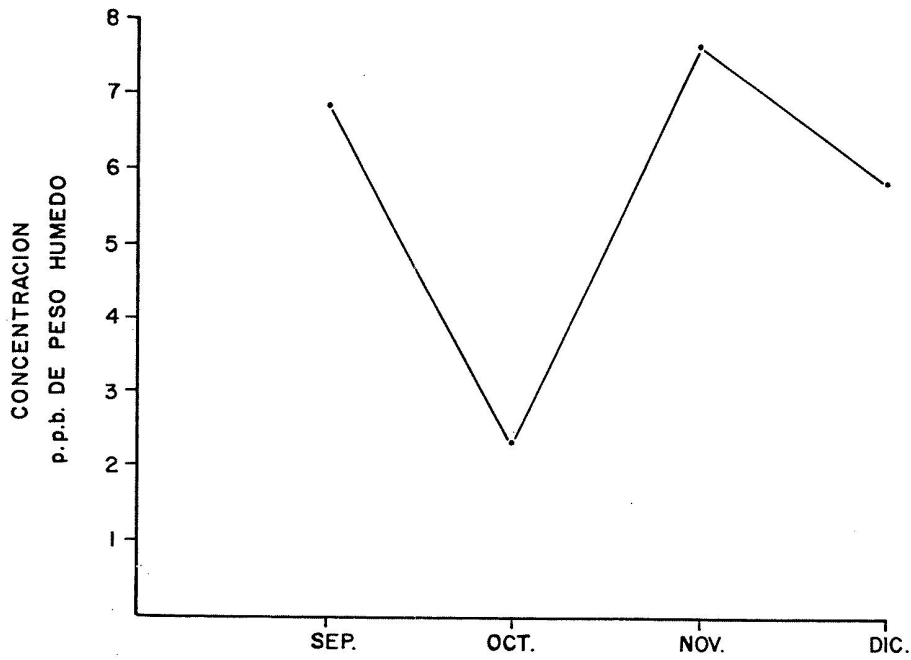


FIG. 11.- ESTACION ERENDIRA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN Mytilus californianus
 (COSTA)

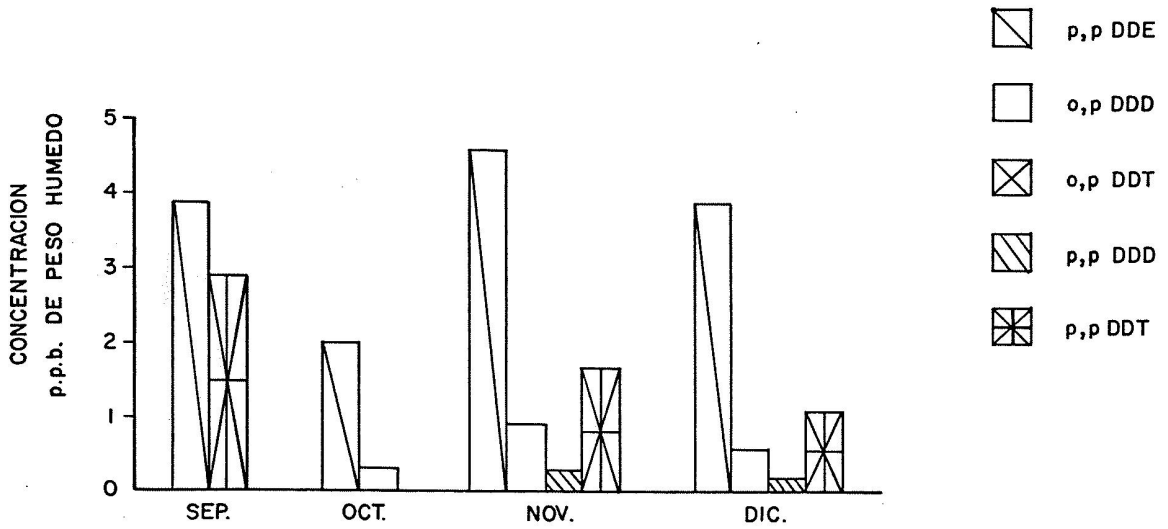


FIG. 12.- ESTACION ERENDIRA
 METABOLITOS DE DDT EN Mytilus californianus
 (COSTA)

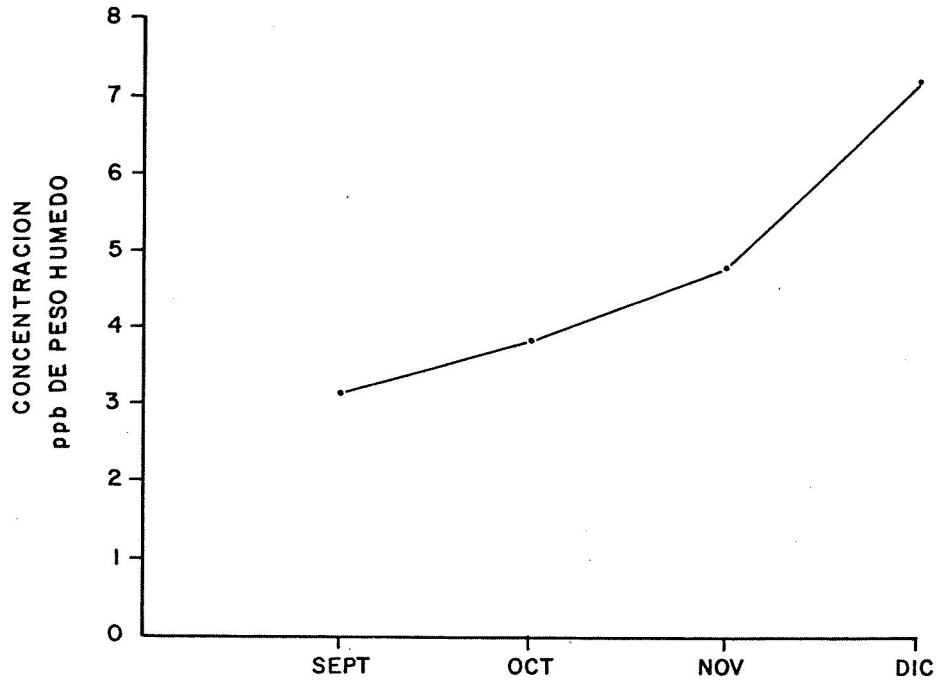


FIG. 13.- ESTACION POPOTLA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE PCB 1254 EN Mytilus californianus
 (COSTA)

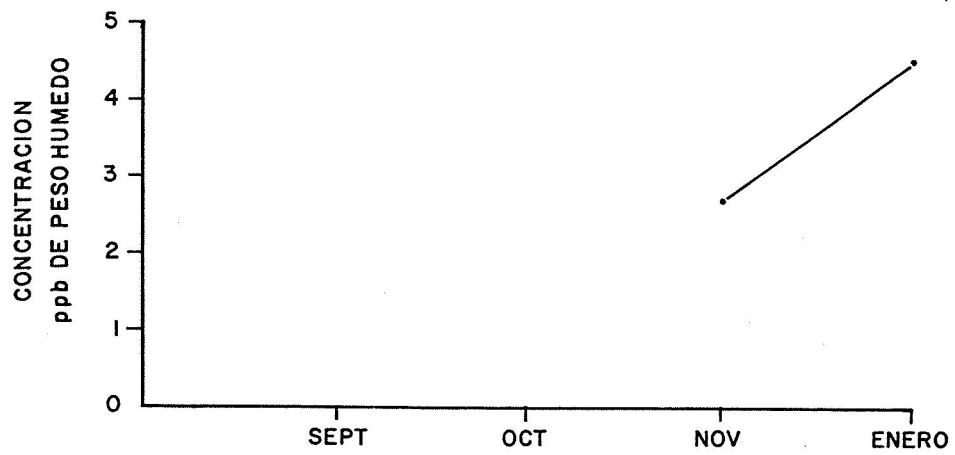


FIG. 14.- ESTACION PUNTA BANDA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE PCB 1254 EN Mytilus californianus
 (COSTA)

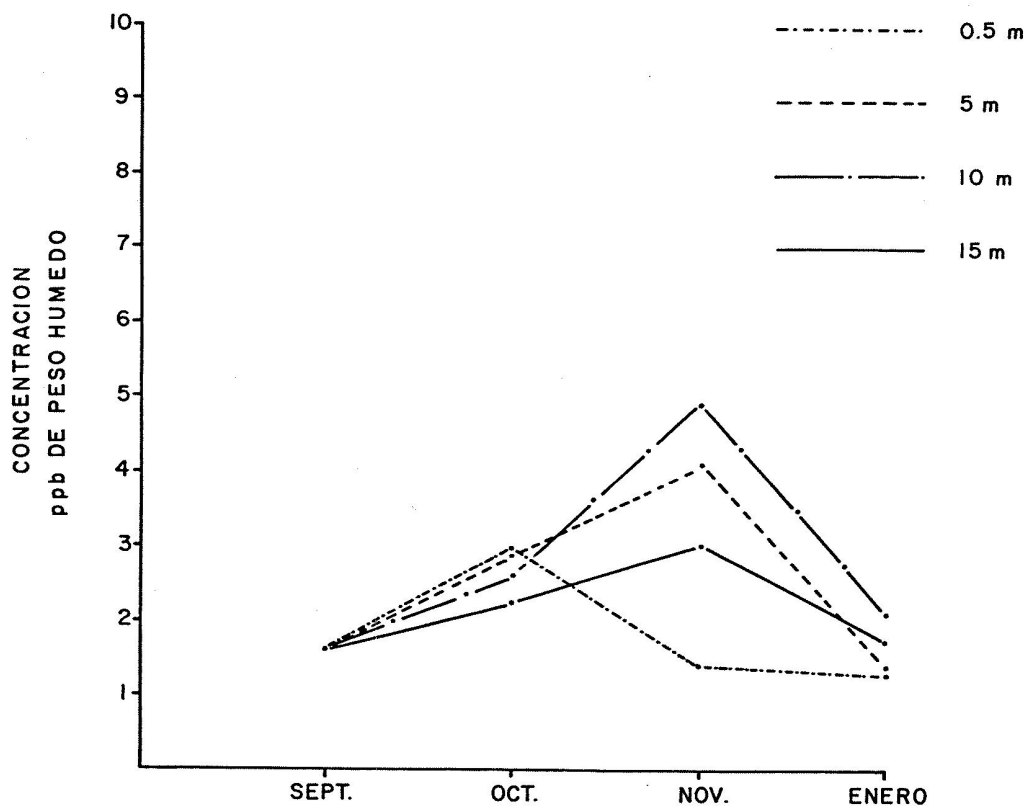


FIG. 15.- ESTACION ISLA TODOS SANTOS
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN *Mytilus californianus*
 (COLUMNA DE AGUA)

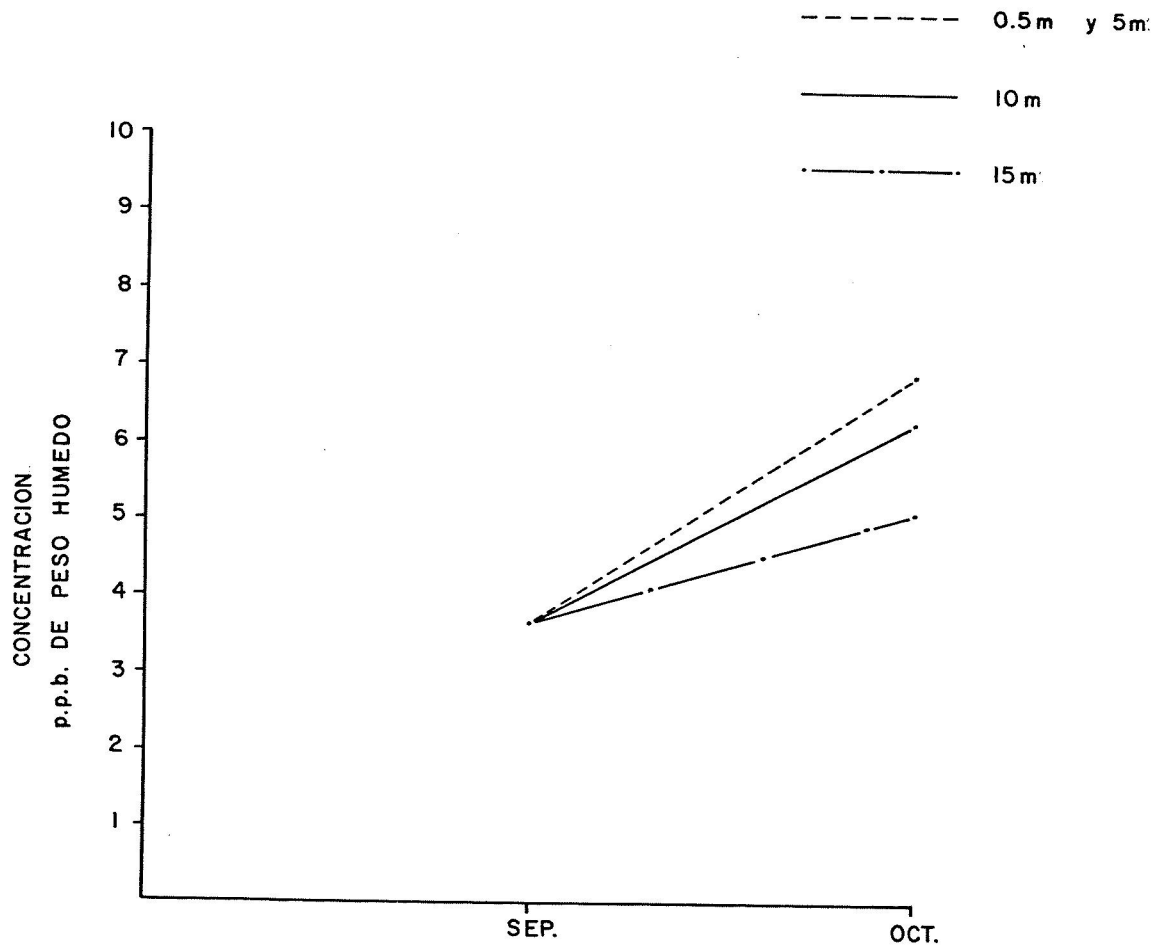


FIG. 16.- ESTACION ERENDIRA
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN Mytilus californianus
 (COLUMNA DE AGUA)

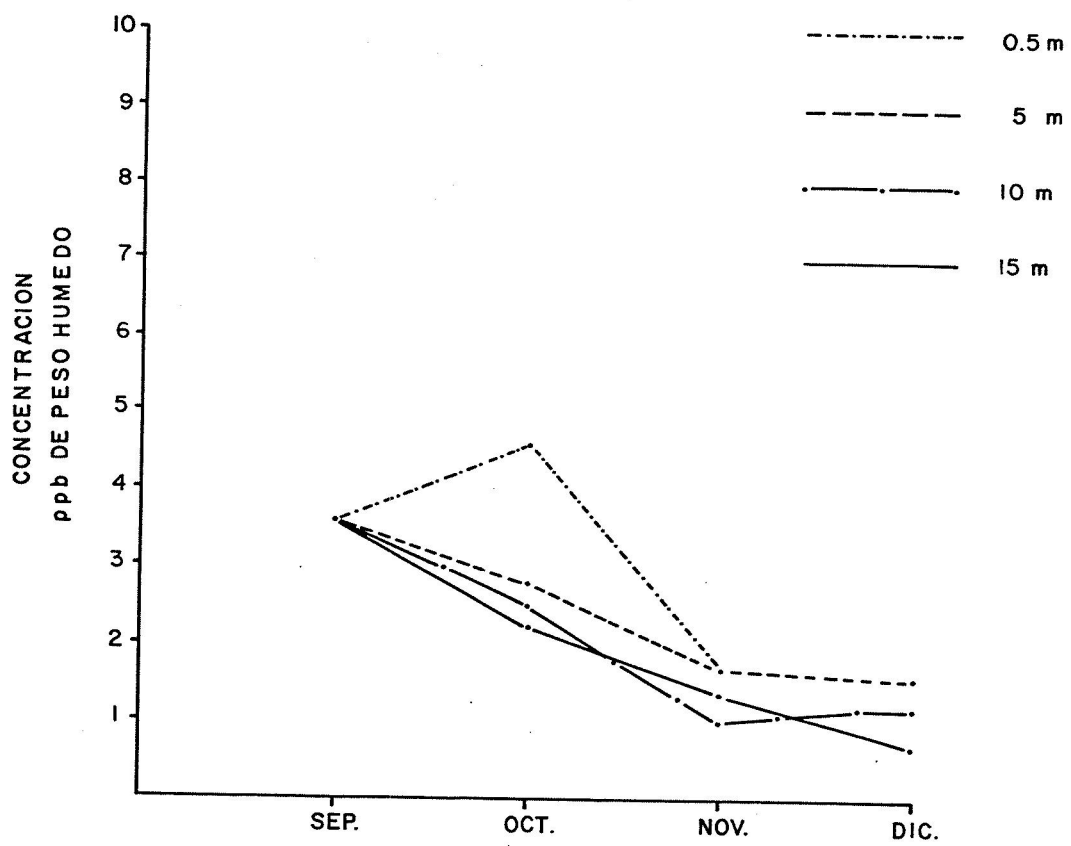


FIG.17.- ESTACION SAN QUINTIN
 CONCENTRACIONES MENSUALES DE DDT TOTAL EN Mytilus californianus
 (COLUMNA DE AGUA)

IV).- DISCUSIONES.

A pesar de que el DDT se dejó de utilizar desde 1970 en los campos agrícolas de la región (Salas, S.A.R.H., comunicación personal) las concentraciones obtenidas de DDT en los organismos analizados reflejan la gran persistencia que dicho compuesto ha tenido en el medio ambiente.

El incremento casi uniforme de Norte a Sur de los valores de DDT obtenidos en la zona de entremareas (3.4 a 5.6 ppb) a excepción de Punta Banda (2.2 ppb) concuerdan con las mayores superficies de cultivo aledañas a la zona de muestreo y en las cuales la aplicación del DDT fue con mayor intensidad, utilizándose de 15 a 20 kilogramos por hectárea semanalmente durante los meses de junio a octubre en los campos agrícolas de Popotla (86 hectáreas aprox.), Punta China (40 hectáreas aproximadamente), Eréndira (100 hectáreas aprox.), no siendo así para el campo agrícola cercano a Punta Banda (45 hectáreas aprox.) ya que las fumigaciones por DDT se efectuaba de 1 a 2 veces por mes con una aplicación de 15 a 20 kilogramos por hectárea durante el mismo período (Salas, S.A.R.H., comunicación personal) esta puede ser una explicación a la baja concentración del DDT detectada en dicha estación.

El comportamiento de las concentraciones del DDT en las canastas con organismos en la columna de agua presenta la misma relación encontrada en la zona de entremareas, es decir, a menor concentración del DDT menor intensidad y aplicación en

los campos agrícolas y viceversa. Esta relación nos lleva a suponer que una de las principales fuentes de contaminación por este compuesto al medio marino proviene del transporte eólico; ya que en otoño e invierno épocas en que se efectuaron los muestreos se presentan los vientos de Santa Ana de Norte a Suroeste con una duración de pocos días y por su dirección y velocidad de viento (15 a 20 nudos) acarréan bastantes partículas al océano; a su vez en éste período existen brisas locales de Tierra a mar de 1 a 2 kilómetros de entrada durante la noche (Vogel, comunicación personal). Young y colaboradores (1974) en un estudio realizado en la zona de Ensenada detectaron concentraciones de 420 ppb $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{día}$ de DDT en partículas atmosféricas.

En cuanto a las concentraciones del PCB 1254 en la zona de entremareas y en las canastas con mejillones en la columna de agua presentan un comportamiento diferente a las del DDT decrecentándose de Norte a Sur, ésto se puede atribuir en principio al alejamiento de las descargas industriales del Sur de California (E.U.A.) ya que de acuerdo a estudios realizados en esta zona por Young y Heesen (1975), encontraron que los desechos municipales e industriales son una importante fuente de entrada de PCB's al océano, además que en Baja California la utilización de este compuesto en la fabricación de artículos es nula.

El PCB tiene una toxicidad igual a 1/3 de la del DDT pero parece ser que su curva de mortalidad es más grande que la del DDT y generalmente sus concentraciones son mayores que las del DDT en peces de aguas oceánicas. Estos niveles son más uniformes en aguas costeras donde el DDT se utiliza o se utilizó intensamente; esto es sorprendente debido a que se ha fabricado más DDT que PCB en el mundo y únicamente una fracción de este último ha llegado al océano (Goldberg, 1972). La explicación a los altos niveles de PCB se encuentra en la vida media biológica del contaminante en el océano; en M. californianus aproximadamente el 85% del DDE original en el organismo es perdido en una vida media biológica de 11 días mientras que el 15% restante tiene una vida media biológica de 200 días (Berkihiser, 1974), además que el PCB no se destruye fácilmente ya que su resistencia a la oxidación e hidrólisis hacen que sean más estables y difíciles de eliminar del medio ambiente (Jensen, 1966; Holden, 1970). En peces las concentraciones del PCB se incrementan progresivamente de acuerdo a la madurez. La relación entre la edad del pez y la concentración de PCB es bastante significativa (Bache y colaboradores, 1972) tal vez esto se deba a una deficiencia en el metabolismo del organismo.

Las fluctuaciones de las concentraciones mensuales del DDT y PCB 1254 obtenidas en las canastas con organismos en la

columna de agua y en la zona de entremareas no se apegan a un patrón definido, es difícil determinar las causas exactas de estas variaciones en el transcurso de nuestro estudio, sin embargo en un estudio realizado por Marchand y colaboradores (1976) con M. galloprovincialis en el Noroeste del Mediterráneo atribuyen la causa de estas fluctuaciones a tres factores: Cambios en los niveles de éstos contaminantes en el agua; variaciones de los parámetros ambientales y a la época del ciclo reproductivo del organismo.

Concerniente a la primera posibilidad, las posibles entradas de éstos compuestos al océano no son constantes, además si comparamos nuestros valores máximos del DDT (5.6 ppb) con los de Suárez Vidal y Acosta Ruíz (1973) (0.57 ppm) es evidente que ha habido cambios de los niveles de DDT en los organismos para esta zona en los últimos años.

Segundo, algunos factores tales como la temperatura en la cual se ha observado que en un rango de 7.5 a 26°C existe eliminación (Fossato, 1975) y la alimentación, pueden afectar la bioacumulación de estos hidrocarburos clorados por los organismos (Marchand, 1976). Estos parámetros no fueron medidos durante el estudio, sin embargo es probable que las variaciones observadas pueden ser aunque parcialmente, atribuidas a estos factores.

Con respecto a la tercera posibilidad, durante la época del ciclo reproductivo del organismo existe una pérdida en el

contenido de grasa en el mismo (Marchand, 1976); sabiendo que el DDT y PCB son liposolubles (Gustafson, 1970; Halcrow y colaboradores, 1974) sugiere una correlación entre estos residuos orgánicos y el contenido de grasas en el organismo. Estudios por Young (1946) con M. californianus en la costa Sur de California (E.U.A.) indican que las reservas de las grasas alcanzan un máximo en el verano y después disminuyen en el invierno cuando el organismo comienza su reproducción. Esta explica que las fluctuaciones del contenido de grasas en los organismos pueden ser responsables de algunas variaciones de estos contaminantes observados en el estudio.

Las altas concentraciones de ppDDE detectadas en las dos zonas de muestreo éran de esperarse ya que estudios por Clith y Spencer (1972) reportaron que el DDE se encontró en un 80% en el aire de unas tierras que fueron rociadas con DDT, así mismo reconocen que el DDE es el contaminante organoclorado más abundante en la biósfera. Además que el DDT en condiciones alcalinas se degrada fácilmente a DDE (O'Brien, 1967).

Cabe aclarar que en el estudio no se observó una relación entre los niveles de DDT y PCB en ciertos tejidos del organismo, sin embargo los niveles de estos contaminantes son menores en los músculos debido a las pocas grasas que presentan (Young, Heesen, 1976). En los organismos aparte del DDT y PCB se detectó la presencia de aldrin y heptacloro epóxico en ocasiones como trazas y en otras con niveles de importancia; así mismo se observó una mortalidad casi nula de los organismos en las canastas.

V).- CONCLUSIONES.

Nuestro estudio con M. californianus muestra que la contaminación por DDT aún persiste y se encuentra esparcida en nuestras costas; los altos valores del p_pDDE en comparación con los otros metabolitos del DDT, pueden interpretarse como resultado a una exposición directa a los organismos. Generalmente, las concentraciones del PCB 1254 tendieron a decrecer hasta no detectarse de Norte a Sur del área estudiada.

Estos organismos parecen ser buenos indicadores del DDT y PCB 1254 y la razón de que las fluctuaciones mensuales de estos niveles obtenidos no se apegaron a un patrón definido, pudo deberse a procesos naturales tales como época del año y al ciclo reproductivo anual del organismo. Debido a que se conoce muy poco acerca de la cinética de acumulación y excreción del DDT y PCB por estos organismos es difícil suponer que los valores detectados puedan reflejarnos una similitud con las concentraciones de estos contaminantes en el agua.

Las concentraciones de DDT detectadas se encuentran por debajo a las permitidas (5 mg/kg peso húmedo) en peces y mariscos por la U.S. Food and Drug Administration (E.U.A.).

Aún cuando la producción y descarga de estos contaminantes al océano disminuya, su persistencia en el medio ambiente marino será de varios años por su largo tiempo de residencia, así mismo, zonas en las cuales el uso de estos compuestos sea casi nulo, estarán sujetas a la contaminación por fuentes ajenas al lugar.

VI).- BIBLIOGRAFIA.

- Abott, D.C., Harrison, R.B., Tatlon, J.O'G and Thompson, J.(1965).
Organochlorine pesticides in the Atmospheric environ-
ment. Nature, Lond., 208, p. 1317.
- Abbot, D.C., Harrison, R.B., Tatlon, J.O'G and Thompson, J.(1966).
Organochlorine pesticides in the atmosphere. Nature,
Lond., 211, 259.
- Bache, A., Serum, W., Young, D., Lisk, J. (1972).
Polychlorinated Biphenyl Residues: Accumulation in
Cayuga Lake Trout with age. Pesticide Residue Labo-
ratory, Cornell University, Ithaca, New York, 14850
U.S.A.
- Berkihiser, E. (1974).
Decrease of DDT in Mussels. Southern California Coas-
tal Water Research Project (SCCWRP). Annual report
p. 101-103. 1500 East Imperial Highway, El Segundo,
California. U.S.A. 90245.
- Burnett, R. (1971).
DDT Residues: Distribution of Concentrations in
Emerita analoga Along Coastal California. Science
174: 606-608.
- Butler, A.P. (1971).
Influence of Pesticides on Marine Ecosystems. Proc.
Roy. Soc. Lond. B. 177: 321-329.
- Cliath, M.M., Spencer, W.F. (1972).
Report of Pesticides. Environment Science and Tech.
6, 910.
- Cox, J.L. (1970).
DDT Residues in Marine Phytoplankton: Increase from
1955 to 1969. Science (Washington) 170: 71-73.
- Cox, J.L. (1971).
DDT Residues in Seawater and Particulate Matter in
the California Current System. Fisheries Bulletin
69: 443-450.
- DiSalvo, H., Guard, H., Hunter, L. (1973).
Tissue Hydrocarbon Burden of Mussels as Potential
Monitor of Environmental Hydrocarbon Insult. Env.
Sci. Tech., Vol. 9, No. 3, March.

- Duke, T.W., Lowe, J.I. and Wilson, A.J. (1970).
A Polychlorinated Biphenyl in the Water Sediment
and Fauna of Escambia Bay. Bull. Envir. Contam.
and Toxicolo., 5 (2): 171-180.
- Fay, C.R. (1970).
DDT in California Coastal Waters. Ocean Fish.
Protec. Associa. Inc., 1417 Georgia Street, Los
Angeles, California. U.S.A. 90015
- Fossato U.V. (1975).
Elimination of Hydrocarbons by Mussels. Marine
Pollution Bulletin. Vol. 6 No. 1.
- Golberg, E.D. (1972).
Baseline Studies of Pollutants in the Marine
Environment and Research Recomendations. I.D.O.E.
May: 24-26.
- Goldberg, E.D. (1975).
The Mussel Watch-a first Step in Global Marine
Monitoring. Marine Pollution Bulletin 6, 111.
- Guardado Puentes J. y Nuñez Esquer O. (1975).
Concentración de DDT y sus Metabolitos en Especies
Filtroalimentadoras y Sedimentos en el Valle de
Mexicali y Alto Golfo de California. Tesis Profe-
sional. U.A.B.C. Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C.
- Gustafson, C.G. (1970).
PCB's prevalent and Persistent. Environmental
Science Technology, 4: 814-819.
- Halcrow, W., MacKay, O., Bogan, J. (1974).
PCB levels in Clyde Marine Sediments and Fauna.
Marine Pollution Bulletin, Vol. 5 No.9, Sept.
- Hernández Valdéz D. (1973).
Niveles de DDT en el Proceso Industrial de la Ancho-
veta. Tesis Profesional. U.A.B.C. Apdo. Postal 453
Ensenada, B.C.
- Holden, A.V. (1970).
Source of PCB Contamination in the Marine Environ-
ment. Nature 228: 1220-1221.
- Jensen, S. (1966).
Report of a New Chemical Hazard. New. Scient. 32: 612.

- Marchand, M., Vas, D., Duursma, E.K. (1976).
Levels of PCB's and DDT in Mussels from the N.W.
Mediterranean. Marine Pollution Bulletin, Vol. 7
No. 4 April.
- Moore, N.W. (1966).
A Pesticide Monitoring System with Special Reference
to the Selection of Indicator Species. Journal of
Applied Ecology 3: 261-269.
- Nicholson, H.P. (1967).
Pesticide Pollution Control. Science, Vol. 158,
November.
- Nimmo, D., Wilson, P., Blackman, R., Wilson A. (1971).
Polychlorinated Biphenyl adsorbed from Sediments
by Fiddler Crabs and Pink Shrimp. Nature, Lond.,
231, 50.
- Nishikawa, K., Flores y Angulo. (1971).
Estudio Químico sobre la Contaminación por Insecti-
cidas en la desembocadura del Río Colorado. Insti-
tuto de Investigaciones Oceanológicas. Apdo. Postal
453, Ensenada, B.C.
- O'Brien, R.D. (1967).
Insecticides: Action and Metabolism.
Academic Press, New York and London.
- Risebrough, R., Reiche, P., Peakall, D., Herman, S. (1968).
Polychlorinated Biphenyls in the Global Ecosystem.
Nature, Lond., 220, 1098.
- Roberts, D. (1975).
Sub-lethal Effects of Chlorinated Hydrocarbons on
Bivalves. Marine Pollution Bulletin, Vol. 6, No. 2
February.
- S.C.E.P. (1970).
Man's Impact on the Global Environment. Report of
the study of Critical Environmental Problems. The
Massachusetts Institute of Technology. 126-136.
- Sodergren, A. (1972).
Chlorinated Hydrocarbons Residues in Airborne Fall-
out. Nature, Lond., 236-395.

- Suárez Vidal C.E. (1972).
Niveles de Organoclorados en Diversas Especies de Peces de la Bahía de Todos Santos. Tesis Profesional. U.A.B.C. Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C.
- Suárez Vidal C.E., Acosta Ruíz M. (1973).
Distribución de las Concentraciones de DDT en el Mejillón (Mytilus californianus) en la parte Noroccidental de la Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C.
- Ukeles, Revenna. (1960).
Effects of Several Toxicants on Five Genera of Marine Phytoplankton. Presented at 1960 Convention of National Shellfisheries Association. Fish and Wildlife Services. Circular 143 p. 21.
- Velarde Rodríguez A. (1973).
Niveles de Hidrocarburos Clorados en Corvina Cynoscion nobilis y las Especies que Componen su Dieta Alimenticia en la Costa Noroccidental de Baja California. Tesis Profesional. U.A.B.C. Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C.
- Ward, J., Burt, P. (1955).
Report Pesticides. Bulletin Entomology Residues, 46, 849.
- Wheatley, G. A. (1965).
Report Pesticides. Ann. Appl. Biol., 55, 325.
- Woodwell, G.M., Nurster, C.F. and Isacson P.A. (1967).
DDT Residues in and East Coast Estuary; A Case of Biological Concentration of a Persistent Insecticide. Science 156.
- Yoshida, T., Takashimo, F. and Watanbe, T. (1973).
Distribution of ^{14}C PCB's in Carp. Ambio, 2 (4): 111-113.
- Young R. (1946).
Spawning and Setting Season of the Mussel Mytilus californianus. Ecology Vol. 27 No. 4 : 354-363.
- Young R.D., McDermott, J.D., Heesen, C.T. (1974).
Aerial Fallout of DDT in Southern California. Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP). 1500 East Imperial Highway, El Segundo, California. U.S.A. 90245.

- Young, R.D., Szpila, I. (1974).
Decreases of DDT and PCB in Mussels. (SCCWRP). Annual
Report 1974. 1500 East Imperial Highway, El Segundo,
California. U.S.A. 90245.
- Young, R.D. and Heesen C.T. (1975).
Inputs of DDT and PCB. (SCCWRP). 1500 East Imperial
Highway, El Segundo, California. U.S.A. 90245.
- Young, R.D. and Heesen, C.T. (1976).
An Offshore Biomonitoring System for Chlorinated Hy-
drocarbons. Marine Pollution Bulletin, Vol. 7 No. 8
August.
- Young R.D. and McDermott E. (1976).
Sediments as Sources of DDT and PCB. Annual Report 1976
(SCCWRP). 1500 East Imperial Highway, El Segundo,
California. U.S.A. 90245.

VII).- ANEXOS.

Compuesto	Sept. 22,77	Oct. 23,77	Nov. 22,77	Dic. 15,77
opDDE	ND*	ND*	Traza	Traza
ppDDE	1.06	1.40	1.89	2.87
opDDD	0.16	0.16	0.21	0.24
opDDT	0.91	0.90	1.57	2.52
ppDDD	ND*	ND*	ND*	ND*
ppDDT	ND*	ND*	ND*	ND*
DDT Total	2.13	2.46	3.67	5.63
PCB 1254	3.13	3.86	4.82	7.30

*No Detectado

Tabla 1

Estación Popotla (costa)

Concentraciones mensuales de DDT y PCB en Mytilus californianus
(ppb de peso húmedo)

Compuesto	Sept. 28,77	Oct. 30,77	Nov. 30,77	Ene. 6,78
opDDE	ND*	ND*	ND*	ND*
ppDDE	0.89	1.77	2.00	2.22
opDDD	1.46	0.20	0.21	0.37
opDDT	ND*	ND*	ND*	ND*
ppDDD	ND*	ND*	ND*	ND*
ppDDT	ND*	ND*	ND*	ND*
DDT Total	2.35	1.97	2.21	2.59
PCB 1254	Traza	Traza	2.78	4.56

*No Detectado

Tabla 2

Estación Punta Banda (costa)

Concentraciones mensuales de DDT y PCB en Mytilus californianus
(ppb de peso húmedo)

Compuesto	Sept. 28,77	Oct. 28,77	Nov. 28,77	Ene. 5,78
opDDE	Traza	Traza	Traza	Traza
ppDDE	1.40	2.48	1.11	1.49
opDDD	0.36	0.87	0.75	0.80
opDDT	1.30	ND*	ND*	ND*
ppDDD	0.39	ND*	ND*	ND*
ppDDT	5.19	Traza	Traza	Traza
DDT Total	8.64	3.35	1.86	2.29
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*

*No Detectado

Tabla 3

Estación Punta China (costa)

Concentraciones mensuales de DDT y PCB en Mytilus californianus
(ppb de peso húmedo)

Compuesto	Sept. 23,77	Oct. 23,77	Nov. 23,77	Dic. 16,77
opDDE	ND*	ND*	Traza	ND*
ppDDE	3.93	1.99	4.65	3.88
opDDD	ND*	0.36	0.96	0.59
opDDT	ND*	ND*	Traza	Traza
ppDDD	ND*	ND*	0.29	0.27
ppDDT	2.94	Traza	1.72	1.11
DDT Total	6.87	2.35	7.62	5.85
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*

*No Detectado

Tabla 4

Estación Eréndira (costa)

Concentraciones mensuales de DDT y PCB en Mytilus californianus
(ppb de peso húmedo)

Meses	0.5 m	5 m	10 m	15 m
Sept. 30,77				
DDT Total	1.64	1.64	1.64	1.64
PCB 1254	1.52	1.52	1.52	1.52
Oct. 30,77				
DDT Total	3.00	2.90	2.60	2.24
PCB 1254	1.50	1.80	1.90	1.80
Nov. 30,77				
DDT Total	1.40	4.12	4.90	3.00
PCB 1254	1.50	2.05	1.04	1.25
Ene. 8,78				
DDT Total	1.31	1.38	2.10	1.70
PCB 1254	Traza	Traza	2.24	2.13

Tabla 5
 Estación Isla Todos Santos (columna de agua)
 Concentraciones mensuales de DDT y PCB en Mytilus californianus
 (ppb de peso húmedo)

Meses	0.5 m	5 m	10 m	15 m
Sept. 23,77				
DDT Total	3.62	3.62	3.62	3.62
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*
Oct. 23,77				
DDT Total	6.80	6.80	6.26	5.12
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*

*No Detectado

Tabla 6
 Estación Eréndira (columna de agua)
 Concentraciones mensuales de DDT y PCB en Mytilus californianus
 (ppb de peso húmedo)

Meses	0.5 m	5 m	10 m	15 m
Sept. 23,77				
DDT Total	3.62	3.62	3.62	3.62
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*
Oct. 23,77				
DDT Total	4.60	2.80	2.50	2.30
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*
Nov. 23,77				
DDT Total	1.70	1.70	1.00	1.45
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*
Dic. 16,77				
DDT Total	OP*	1.60	1.23	0.68
PCB 1254	ND*	ND*	ND*	ND*

*No detectado

*Organismos perdidos

Tabla 7

Estación San Quintín (columna de agua)
Concentraciones de DDT y PCB en Mytilus californianus
(ppb de peso húmedo).