

DDT EN EL OSTION *Crassostrea gigas* (THUNBERG) CULTIVADO EN BA HIA SAN QUINTIN, BAJA CALIFORNIA

DDT IN THE CULTURED OYSTER *Crassostrea gigas* (THUNBERG) IN SAN QUINTIN BAY, BAJA CALIFORNIA

Por/by

Efrain Abraham Gutiérrez Galindo

Gilberto Flores Muñoz

José Arturo López Mendoza

Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Universidad Autónoma de Baja California

Apartado Postal 453

Ensenada, Baja California, México.

GUTIERREZ GALINDO, E.A.; G. Flores Muñoz y J.A. López Mendoza. 1984. DDT en el ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg) cultivado en Bahía San Quintín, Baja California. DDT in the cultured oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in San Quintín Bay, Baja California. Ciencias Marinas 10 (3): 17-30 (14)

RESUMEN

En este estudio las concentraciones y el contenido de DDT y sus metabolitos fueron determinados en el ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* cultivado por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Bahía Falsa; Baja California. Se discute la relación entre la edad del ostión y las concentraciones de DDT durante el período de cultivo. Se presentan evidencias que indican que las concentraciones de DDT aumentan con la edad y el peso seco de los ostiones. Se comparan los valores de DDT medidos en este estudio con valores determinados hace cinco años en *C. gigas* en bahía Falsa, observándose diferencias no sustanciales. Los valores de DDT detectados están cinco veces por debajo a los reportados en mejillones *Mytilus* sp. de la costa del sur de California, E.U.A. Las concentraciones de DDT medidas en los ostiones son inferiores al límite de tolerancia que presenta un riesgo para el consumo humano.

ABSTRACT

In this study the concentrations and body burden of DDT and metabolites have been determined in the Pacific oyster *C. gigas* cultivated by the Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Bahía Falsa, Baja California. The relationship between age and DDT concentrations during the culture period is discussed. Evidence is presented which indicates that DDT concentrations increase with age and dry weight of oysters. Comparing DDT values determined five years ago in cultured oysters *C. gigas* in Bahía Falsa with the present ones, substantial differences are not evident. The DDT values reported here are about five times below those reported in mussels *Mytilus* sp. of the Southern California coast, U.S.A. The DDT concentrations detected in the oysters are below the tolerance limit established as presenting a hazard for human consumption.

INTRODUCCION

En la última década el desarrollo del ostricultivo en Baja California, ha sido bien organizado y sistemático. Investigadores del Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, han obtenido resultados altamente satisfactorios sobre crecimiento y sobrevivencia del ostión japonés *Crassostrea gigas* y

INTRODUCTION

In the last decade, the development of the oyster culture in Baja California has been well organized and systematic. Works done in the Instituto de Investigaciones Oceanologicas, UABC, have shown highly satisfactory results on growth and survival of the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*,

el ostión europeo *Ostrea edulis* en Bahía San Quintín, Baja California (Isla, 1975; Isla *et al.*, 1978). Entre otros logros de investigación se ha podido determinar la estructura básica para la obtención de larvas del ostión japonés en condiciones de laboratorio (Isla *et al.*, 1978), así como la rentabilidad del cultivo del ostión mediante la utilización de canastas y balsas (Isla y Ferrer, 1980). Estudios efectuados de algunas variables fisicoquímicas (Chávez de Nishikawa y Alvarez *et al.*, 1975; Alvarez-Borrego, 1982) y de clorofilas y producción orgánica primaria (Lara y Alvarez, 1975) han aportado información complementaria para determinar las posibilidades de cultivo de especies a nivel comercial en Bahía San Quintín, B.C. Otros trabajos dedicados al estudio de la contaminación en el medio ambiente marino de la costa noroccidental de Baja California, han señalado la presencia de pesticidas organoclorados, principalmente DDT (dcloro difenil tricloretano), en el mejillón *Mytilus californianus* (Gutiérrez *et al.*, 1983) y en el ostión *C. gigas* y *O. edulis* (Cajal y Gutiérrez, 1981).

Como resultado de estas investigaciones algunas sociedades cooperativas instaladas en San Quintín, se han dedicado al cultivo del ostión con fines comerciales para el mercado nacional y de exportación, constituyendo actualmente esta actividad una importante fuente de ingresos para las cooperativas de esta región. Con el propósito de contribuir a la evaluación regional de contaminación por DDT en la Bahía San Quintín, B.C., y con el interés de otorgar un servicio de apoyo a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, en este trabajo se investigan:

- a) Las concentraciones de DDT y sus productos de degradación en el ostión *C. gigas* cultivado por dicha sociedad cooperativa con la finalidad de estimar el riesgo a la salud de los consumidores.
- b) La relación entre la edad del ostión y la concentración de DDT durante el período de cultivo.

and the European oyster, *Ostrea edulis*, in San Quintín Bay, Baja California (Isla, 1975; Isla *et al.*, 1978). They have been able to determine the basic method to obtain Japanese Oyster larvae in laboratory (Isla *et al.*, 1978) and the economics of their culture using baskets and rafts (Isla and Ferrer, 1980). Complementary information has been gathered studying some physical-chemical variables (Chávez de Nishikawa *et al.*, 1975; Alvarez-Borrego, 1982) and chlorophylls and primary organic production (Lara-Lara and Alvarez-Borrego, 1975) to determine the possibilities of culturing oyster species at commercial levels in San Quintín Bay, B.C. Other studies on pollution in the marine environment of the northwest coast of Baja California, have pointed out the presence of organo-chlorine pesticides mainly DDT (dichlorodiphenyltrichloroethanes), in the mussel *Mytilus californianus* (Gutiérrez *et al.*, 1983) and in the oyster *C. gigas* and *O. edulis* (Cajal and Gutierrez, 1981).

Some cooperatives in San Quintín have been culturing oyster for commercial purposes for both the national market and exportation and it has been a very important source of income for the fishermen in this region.

In this study we evaluate: a) the DDT concentration and its degradation by-products in the oyster *C. gigas* to estimate the risk to the health of consumers, and b) the relationship between the oyster's age and the DDT concentration during the culture of this species in order to evaluate the regional DDT pollution in San Quintín Bay, B.C.

Previous studies in the laboratory and the field have shown that oysters can accumulate trace toxics (pesticides, metals) from marine waters (Butler, 1966; Lowe *et al.*, 1971; Ayling, 1974; McKay *et al.*, 1975; Zarogian, 1980) so they have been assigned as possible potential organisms to evaluate polluted zones.

DDT is a synthetic organic chemical; this insecticide and its main metabolites (DDE and DDD) are characterized by being relatively stable under environmental condi-

Estudios previos en el laboratorio y en el campo han demostrado que los ostiones pueden acumular tóxicos "traza" (pesticidas, metales) de las aguas marinas (Butler, 1966; Lowe *et al.*, 1971; Ayling, 1974; McKay *et al.*, 1975; Zaroogian, 1980) por lo que se les ha asignado como posibles organismos potenciales para evaluar zonas contaminadas.

El DDT es una sustancia química orgánica sintética. Este insecticida y sus principales metabolitos (DDE, dicloro difenil dicloro etileno y DDD, dicloro difenil dicloro etano) se caracterizan por ser relativamente estables bajo condiciones ambientales, altamente liposolubles y resistentes a una completa descomposición. Los niveles de residuos de DDT en las aguas marinas son usualmente menores a 1 ng/l aunque valores mayores han sido reportados en las áreas costeras (UNEP, 1982). El DDT ha sido el pesticida más extensamente utilizado a nivel global (UNEP, 1982). En Baja California, el uso del DDT en los campos agrícolas fue restringido desde 1970 (Espinoza, SARH, 1984, comunicación personal). Sin embargo, en vista de las grandes cantidades que fueron utilizadas y teniendo el antecedente de su persistencia y estabilidad, no es sorprendente que residuos de este plaguicida sean aún detectados en diferentes muestras biológicas del medio ambiente natural de Baja California.

Efectos de DDT en ostiones

Davis (1961), en sus trabajos sobre los efectos del DDT en la sobrevivencia y crecimiento de larvas de ostiones de *Crassostrea virginica*, señala que concentraciones de 0.05 ppm causan en 14 días de exposición un 90% de mortalidad de las larvas y detiene casi por completo el proceso de crecimiento. Reporta que concentraciones de 1.0 ppm provocan en seis días de exposición un 100% de mortalidad de las larvas. Butler (1966) muestra en sus investigaciones que los ostiones *C. virginica* expuestos a concentraciones 0.001-0.002 ppm de DDT a una temperatura aproximada de 30°C presentan un crecimiento y comportamiento similar a grupos de ostiones no intoxicados. Sin embargo, en los análisis químicos de los tejidos se observa que el DDT se acumula a niveles muy superiores en los ostiones intoxicados.

tions, highly soluble in lipids and resisting complete decomposition. The DDT residual levels in marine waters are usually lower than 1 ng/l although higher values have been reported in coastal areas (UNEP, 1982). DDT has been the most extensively used pesticide (UNEP, 1982). In Baja California, the use of DDT in agriculture has been restricted since 1970 (Espinoza, 1984, SARH, personal communication). However, it is not surprising that residuals of this pesticide are still detected in different biological samples of the natural environment of Baja California because of the great amounts that had been used.

Efectos de DDT in oysters

In his works on the effects of DDT on survival and growth of oyster larvae (*Crassostrea virginica*), Davis (1961) points out that concentrations of 0.05 ppm cause a 90 % mortality of larvae in 14 days and almost completely stops growth. He reports that concentrations of 1.0 ppm produce a 100 % larval mortality in 6 days. Butler (1966) shows that *C. virginica* exposed to DDT concentrations of 0.001-0.002 ppm at an approximate temperature of 30°C show a similar growth and behavior as a nonintoxicated group of oysters. However, chemical analysis of the tissues show that DDT accumulates at very high levels in intoxicated oysters. He mentions that this biological magnification can sometimes reach up to 70,000 times, depending on the water temperature, time of exposure, and the DDT concentration in the water. He points out that the oysters stay closed when exposed to levels of organochlorinated insecticides higher than 1.0 ppm. At lower levels oysters can show a physiological irritation characterized by spasmodic movement. In his works about the storage sites for DDT in the tissues of *C. virginica* which has less than 5 % of fat, he notes that the greatest percentage is detected in the digestive tract associated with the digestive gland and the gonad, less is found in the mantle and gills and the least in the muscle and body fluids. He mentions that the organochloride compounds are generally more harmful in the water temperatures of summer than in winter, and that oyster population polluted with DDT wastes in the order of 151 ppm (total organism wet

Menciona que esta magnificación biológica puede alcanzar en ocasiones hasta 70,000 veces, dependiendo de la temperatura del agua, de la duración de exposición y de la concentración del DDT en el agua. Señala que los ostiones permanecen cerrados cuando son expuestos a niveles superiores de 1.0 ppm de insecticidas organoclorados. A niveles inferiores, los ostiones pueden presentar una irritación fisiológica que se caracteriza por movimientos espasmódicos. En sus trabajos referentes a los sitios de almacenamiento del DDT en los tejidos de los ostiones *C. virginica*, los cuales contienen menos del 5% de grasa, observa que el mayor porcentaje se detecta en el tracto digestivo asociado con la glándula digestiva y la gónada, siguiendo el manto y branquias y, por último, el músculo y fluidos del tejido. Menciona que generalmente los compuestos organoclorados son mayormente dañinos en las temperaturas de verano que en las de invierno, y que poblaciones de ostiones contaminados con residuos de DDT del orden de 151 ppm (organismo total-peso húmedo) requieren aproximadamente 3 meses en aguas no contaminadas para perder el 95% del DDT. Investigaciones efectuadas con ostiones por Lowe *et al.*, (1971) muestran una eliminación similar durante el mismo período de depuración.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio.

La Bahía de San Quintín está localizada en la costa noroccidental de Baja California entre los 30°24'N y 30°30'N y 115°57'O y 116°01'O. Se encuentra a una distancia de 300 km al sur de la frontera México-E.U.A. Tiene un área de 11.7 millas náuticas cuadradas y se comunica al mar por un estrecho canal (Chávez de Nishikawa y Alvarez, 1974). Está dividida en dos brazos, oeste y este (Barnard, 1964). El brazo NO se conoce como Bahía Falsa y el brazo NE como Bahía de San Quintín. El fondo de la bahía está principalmente formado por lodos, barros y lodos. Con excepción de los canales estrechos de hasta 7 metros de profundidad la mayor parte de la bahía tiene menos de 3 metros de profundidad (Fig. 1).

weight) require approximately 3 months in unpolluted waters to lose 95 % of DDT. Other works with oysters by Lowe *et al.*, (1971), show a similar elimination during the same period of purification.

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area

San Quintín Bay is located on the northwest coast of Baja California between 30°24'-30°30'N and 115°57'-116°01'W. It is 300 km south of the Mexican-U.S.A. border. It has an area of 11.7 square nautical miles and communicates with the sea by a narrow channel (Chávez de Nishikawa and Alvarez-Borrego, 1974). It is divided in two branches. The northwestern one is known as Bahía Falsa and the northeastern as Bahía de San Quintín (Fig. 1). The bottom of the bay consists mainly of silt, clay and mud. Most of the bay has a depth less than 3 meters with the exception of the narrow channels up to 7 meters deep.

Next to the bay we find the agricultural valley of San Quintín with a technified agriculture using irrigation, machinery, improved seeds and agrochemicals (fertilizers and insecticides). In this valley, tomato, potato and chili are cultivated in an area of approximately 8,000 h (Espinoza, SARH, personal communication).

Sampling procedure and chemical analysis

Samples of the oyster *C. gigas* sown in January 1982 by the Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L. (Ejido Chapala) of San Quintín, B.C. were collected monthly from April to September (Fig. 1). The organisms were taken alive to the laboratory and rinsed with distilled water; then they were wrapped in aluminum paper and frozen at 20°C for the DDT analysis. The biometric characteristics (size and weight) of 20 individual oysters were measured. The soft tissues of these organisms were homogenized and an integral part was prepared from which two to three aliquots were taken for the insecticide analysis. Simultaneously, two aliquots were dried at 50°C during 72 hours to get individual calculations of wet weight, dry weight and humidity percentage.

La bahía se encuentra adyacente al valle agrícola de San Quintín, donde se desarrolla una agricultura tecnificada mediante el empleo de riego, maquinaria, semillas mejoradas y agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas). En este valle se cultiva principalmente tomate, papa y chile en una superficie de riego de aproximadamente 8,000 hectáreas (Espinoza, SARH, 1984, comunicación personal).

Procedimiento de muestreo y análisis químico

Muestras del ostión *C. gigas*, sembrado en enero de 1982 por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa S.C.L. (Ejido Chapala) de San Quintín, B.C., fueron colectadas con una periodicidad mensual de abril a septiembre (Fig. I). Los organismos fueron transportados vivos al laboratorio, siendo enjuagados con agua destilada, envueltos en papel aluminio y congelados a -20°C para su posterior análisis de DDT. Se midieron las características biométricas (talla y peso) de 20 ostiones individuales. Los tejidos blandos de los organismos fueron homogenizados preparándose una muestra integral de la cual se obtuvo de dos a tres alícuotas para el análisis del insecticida. Simultáneamente, dos alícuotas del homogenizado fueron secadas durante 72 horas a 50°C para obtener razones individuales de peso húmedo/seco y porcentaje de humedad.

La técnica de extracción y limpieza del DDT fue de acuerdo a la descrita por Young *et al.* (1976). En el método de extracción se obtiene el 90% del total de hidrocarburos clorados identificables. Para la extracción, 10 g del homogenizado húmedo fueron tratados con acetonitrilo y hexano. En la limpieza de la muestra se utilizó una columna cromatográfica (22 mm D.I.) empaquetada con sulfato sodio anhidrido granular y floril. El floril fue previamente activado en una mufla a 1300°F (705°C) durante cuatro horas. La columna cromatográfica fue enjuagada con eter dietílico con hexano al 6% v/v. La muestra resultante fue concentrada para su medición de DDT mediante un sistema de corriente de nitrógeno provisto con un filtro purificador. La cuantificación del DDT se llevó a cabo en un cromatógrafo de fase gaseosa (Varian 3700) equipado con

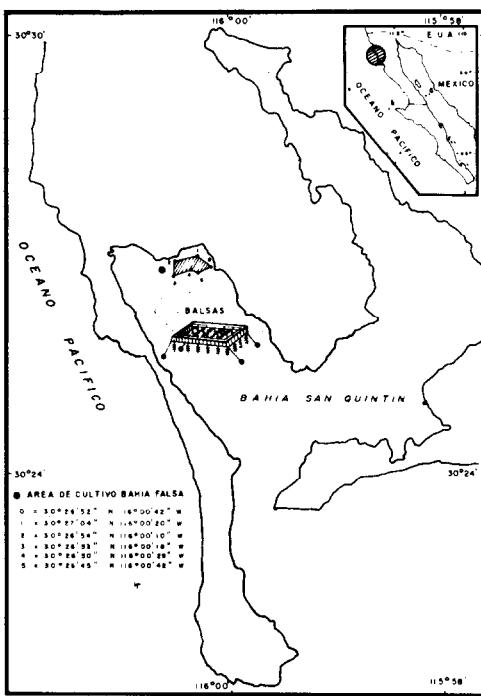


FIGURE 1. Location of site of collection.

FIGURA 1. Zona de colecta del ostión *C. gigas*, cultivado por la Cooperativa de Producción Pesquera, Bahía Falsa. San Quintín, B.C.

The extraction and cleaning technique of the DDT was done according to Young *et al.*, (1976). By the extraction method, 90% of the total identifiable chlorinated hydrocarbons were obtained. For this, 10g of the wet homogenate were treated with acetonitrile and hexane. In the cleaning of the sample a chromatographic column (22 mm D.I.) packed with sodium sulfate-anhydrous granular and floril was used. The floril was previously activated in a muffler at 705°C during four hours. The chromatographic column was rinsed with diethyl ether in hexane 6% v/v. The resultant sample was concentrated to be measured for DDT by a nitrogen current system with a purifier filter. The DDT quantification was done in a gas chromatographer (Varian 3700) with a 63Ni electron capture detector under the following operation conditions:

un detector de captura de electrones 63Ni bajo las siguientes condiciones de operación: temperatura del inyector, columna y detector de 230, 200 y 290°C respectivamente, con un flujo de 30 ml/min de una mezcla de gases de 95% argón-metano. Se utilizó una columna de vidrio de seis pies de longitud con un diámetro externo-interno de 6 y 2 mm, empacada con 1.5% OV-17, 1.95% QF-1 mesh 80/100 gas chrom Q. La identificación del DDT y sus metabolitos se efectuó mediante la comparación de los tiempos de retención en la columna cromatográfica de los estándares (proporcionados por U.S., E.P.A., Analytical Chemistry Branch) con el tiempo de retención de la muestra. Los cálculos de los compuestos se realizaron por diferencia de altura de los picos (mm) del estandar con respecto a los de la muestra analizada. Muestras de control fueron usadas para detectar la posible contaminación durante la extracción y la medición del DDT.

Durante el muestreo de los ostiones se realizaron mediciones *in situ* de temperatura (°C) y de pH (aparato portátil photo volt). Muestras de agua fueron colectadas para su análisis en laboratorio de salinidad (salinómetro conductímetro) y de oxígeno disuelto (método descrito por Strickland y Parsons, 1972).

Intercalibración de la técnica analítica

Ejercicios de intercalibración de compuestos orgánicos halogenados traza (DDT) con procedimientos analíticos diferentes, fueron efectuados por nuestro laboratorio (I.I.O. - UABC) en conjunto con el laboratorio de California Department of Fish and Game (CDFG). Muestras de mejillones *Mytilus californianus* colectados en Popotla y Punta Banda (Bufadora) fueron utilizados como referencia para los análisis de intercalibración de DDT. Para el pp'DDE (metabolito del DDT), los resultados de los dos laboratorios fueron virtualmente idénticos. Los resultados de la suma de DDT entre los dos laboratorios fueron similares (Tabla I).

injector, column and detector temperature of 230,200 and 240°C respectively, with a flux of a gas mixture of 95 % argon-methane of 30 ml/min. A glass column six feet long with an external-internal diameter of 6 and 2 mm packed with 1.5 % OV-17, 1.95 % QF-1 on 80/100 mesh Gas Chrom Q. The identification of the DDT and its metabolites was done by comparing the standard retention times (provided by U.S., E.P.A., Analytical Chemistry Branch) in the chromatographic column with the retention time of the sample. The calculations of the compounds were done by the difference in height (mm) of the standard peaks with those of the sample analyzed. Control samples were used to detect the possible pollution during extraction and measurement of DDT.

During the sampling, temperature and pH *in situ* measurements were taken. Water samples were collected to determine salinity and dissolved oxygen in the laboratory.

Analytic technique intercalibration.

Intercalibration exercises of trace halogenous organic compounds (DDT) by different analytic procedures were done by our institution (I. I. O - UABC) and the laboratory of California Department of Fish and Game (C.D.F.G.). Samples of mussels *Mytilus californianus* collected at Popotla and Punta Banda (Bufadora) were used as a reference for the DDT intercalibration analysis. For pp'DDE (a DDT metabolite) the results from both institutions were virtually identical. The results of the addition of DDT between the two institutions were similar (Table I).

TABLA I. Resultados de intercalibración de laboratorios del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O. - UABC) y el California Department of Fish and Game (CDFG) E.U.A.

TABLE I. Results of the intercalibration of the laboratories of the Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O. - UABC) and of the California Department of Fish and Game (CDFG) E.U.A.

Compuesto	Popoza, B.C.		Punta Banda, B.C.	
	CDFG	I.I.O. - UABC*	CDFG	I.I.O. - UABC
pp'DDD	3.8	ND	2.4	ND
pp'DDE	31.0	30.2	14.0	13.1
op'DDE	ND**	ND	ND	ND
op'DDD	ND	ND	ND	ND
op'DDT	ND	ND	ND	ND
pp'DDT	ND	ND	ND	ND
Σ DDT	34.8	30.2	16.4	13.1

* Convertido de peso húmedo a peso seco por factor 5.7 (Stephenson *et al.*, 1979) resultados en ng g⁻¹

** No detectado

*Converted from wet weight to dry weight by 5.7 factor (Stephenson *et al.*, 1979) results in ng g⁻¹.

**No detected

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Tabla II se expresan los resultados de las concentraciones Σ DDT (pp'DDT, pp'DDE y pp'DDD) agrupados por medias sobre base de peso seco en el ostión *C. gigas* examinado durante el período de cultivo. Una prueba t student muestra que la media de las concentraciones de DDT registradas en los meses de abril y mayo (14 ± 2.1 ng g⁻¹) no presentó diferencias significativas a la media registrada en junio y julio (19 ± 3.4 ng g⁻¹) para un valor $t = 0.05$ (Sokal y Rohlf, 1969). Se observa que los ostiones acumulan el DDT relativamente, en sus tejidos blandos, alcanzando los máximos valores en agosto y septiembre (46.8 ± 1.2 ng g⁻¹), siendo estos valores significativamente distintos a los meses precedentes.

Además del DDT, otros compuestos organoclorados (aldrina, heptacloro, epóxico de heptacloro, bifenilos policlorados 1254) fueron en algunas ocasiones detectados pero no fueron investigados en vista de sus bajos niveles y presencia esporádica.

RESULTS AND DISCUSSION

On Table II the results of the concentration Σ DDT (pp'DDT, pp'DDE and pp'DDD) grouped by means on base of dry weight of the oyster *C. gigas* examined during the culture period are expressed. A t-Student test, shows that the DDT concentration mean recorded in April and May (14 ± 2.1 ng g⁻¹) did not present significant differences to the mean recorded in June and July (19 ± 3.4 ng g⁻¹) for a value of $t = 0.05$ (Sokal y Rohlf, 1969). The oysters accumulate DDT in their soft tissues, reaching the highest values on August and September (46.8 ± 1.2 ng g⁻¹), these values being significantly different to the preceding months.

In addition to DDT, other organochloride compounds (aldrine, heptachlorine, epoxic heptachlorine, polychlorinated biphenyls 1254) were sometimes detected, but were not investigated due to their low levels and sporadic occurrence.

In Table III, the calculated values for Σ DDT and the distribution of its metabolites expressed in percentage in the tissue of the organisms are represented. It is evident that pp'DDE is the greatest metabolite. Gutiérrez *et al.* (1983) in a pollution by Σ DDT evaluation study in San Quintín point out DDE as the metabolite with the highest levels detected in the mussel *Mytilus californianus*. This could indicate a degradation process of DDT and of the persistence of DDE in the coastal waters of this region. The degradation and metabolism of DDE seems to be influenced by sun light, temperature and humidity (UNEP, 1982). Juengst and Alexander (1975) mention that the greater products formed from DDT in the natural ecosystems seem to be DDD and DDE. Other studies show that DDT can bind itself to phytoplankton algae (Cox, 1970) and to bacterial cells (Kearny *et al.*, 1969). Pfaender and Alexander (1972), observed the conversion of DDT to DDD by sewage microbial communities. Paril *et al.* (1972) found out, that marine bacteria produce DDD from DDT. Langlois *et al.* (1970), mention that the conversion of DDT to DDE results in a compound of a greater resistance

TABLA II. Concentración de Σ DDT en el ostión del Pacífico *C. gigas*, colectado en los cultivos de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L. en San Quintín, B.C.
Valores en ng g⁻¹ expresados en peso seco.

TABLE II. Σ DDT concentration in the Pacific oyster *C. gigas*, collected in the area of oyster culture of the Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L. in San Quintín, B.C.
Values in ng g⁻¹ expressed in dry weight

Fecha	a n	b PH/PS g	c Σ DDT $x \pm$ D. S.	Rango Min - Max
16/IV/82	2	5.0	15.5 ± 2.1	14.0 - 17.0
4/V/82	2	4.48	12.5 ± 0.5	12.0 - 12.9
4/VI/82	3	5.0	16.6 ± 1.6	15.5 - 18.5
6/VII/82	3	5.57	21.5 ± 1.7	19.4 - 22.7
6/VIII/82	3	6.31	47.7 ± 3.5	44.8 - 51.7
3/IX/82	3	6.76	45.9 ± 5.7	41.9 - 50.0

^anúmero de alícuotas analizadas en una muestra integral de 20 organismos.

razón peso húmedo/peso seco media ± desviación estandar.

^c Σ DDT (pp'DDT + pp'DDE + pp'DDD) media ± desviación estandar.

En la Tabla III, se representan los valores calculados para Σ DDT y la distribución de sus metabolitos expresados en porcentajes en el tejido del organismo. Es evidente que el mayor metabolito es el pp'DDE. Gutiérrez *et al.* (1983), en un estudio de evaluación de contaminación por Σ DDT en San Quintín, señalan al DDE como el metabolito detectado con los niveles más altos en el mejillón *Mytilus californianus*. Lo que podría indicar un proceso de degradación del DDT y de persistencia del DDE en las aguas costeras de esta región. La degradación y el metabolismo del DDT parece ser influenciada por la luz solar, la temperatura y la humedad (U.N.E.P., 1982). Según Juengst y Alexander (1975), los mayores productos formados a partir del DDT en los ecosistemas naturales parecen ser el DDD y el DDE. Otros estudios muestran que el DDT puede ligarse a las algas del fitopláncton (Cox, 1970) y a células de bac-

to decomposition. The results of this study show the existence of these DDT transformations, that suggests that the microorganisms of the ecosystem and algae can convert a substantial amount of DDT to DDD and DDE, which subsequently can be accumulated by the oysters. However, a study that can provide information about the internal metabolism of DDT in this organism is required.

The mean of the DDT (DDE) concentrations found in this study (Table II) is five times smaller than those measured by Ladd *et al.*, (1948) in mussels (*Mytilus sp*) living in the coastal zone in Oceanside and Point Loma in Southern California, U.S.A. These differences in the DDE concentration can be due to different assimilation and elimination rates in these organisms or to a difference in the biological availability of the compound.

To our knowledge, the extension of DDT pollution throughout the bay, is unknown. Our results only represent the area dedicated to oyster culture in Bahía Falsa. The Σ DDT registered concentration in *C. gigas* presented a magnitud order lower than the tolerance limit allowed for human consumption (5 mg k⁻¹ wet weight, F.N.I., 1969). The hydrological parameters (although not representative, n= 1), show values inside the range allowed by the mexican Legislation (SARH, 1979) in sea shell cultures zones for direct consumption (Table IV).

Relationship of the oyster age and DDT concentration

Little information is known about the accumulation and elimination kinetics of chlorinated hydrocarbons as well as the mechanism by which *C. gigas* internally controls the concentrations of these compounds. Marchand and Cabane (1980) point out that the bioaccumulation of hydrocarbons in mussels and oysters depends on certain factors interrelated between the receptor media (environmental condition), the toxic (physical-chemical and geochemical behavior of the toxic in the environment) and the species considered

TABLA III. Valores calculados para Σ DDT y la distribución de sus metabolitos en porcentajes observada en el ostión *C. gigas*

TABLE III. Calculated values for Σ DDT and its metabolites distribution in percentage observed in the oyster *c. gigas*.

Σ DDT ng g ⁻¹ Peso seco	CONCENTRACION METABOLITOS pp'DDT	pp'DDE	pp'DDD	PORCENTAJE DISTRIBUCION pp'DDT	pp'DDE	pp'DDD
15.5	nd *	15.5	nd	—	100	—
12.5	nd	12.1	0.4	—	96.7	3.3
16.6	0.5	15.6	0.5	3.0	94.0	3.0
21.5	nd	21.5	nd	—	100	—
47.7	nd	46.4	1.3	—	97.2	2.8
45.9	nd	45.9	nd	—	100	—

*No detectado

*Not detected

TABLA IV. Parámetros hidrológicos medidos durante el período de colecta del ostión *C. gigas* cultivado en Bahía Falsa, San Quintín, B. C.

TABLE IV. Hydrologic parameters measured during the collection period of the oyster *c. gigas* cultivated in Bahía Falsa, San Quintín, B. C.

Fecha	Temperatura °C	Salinidad g/kg	Oxígeno disuelto mg l ⁻¹	Potencial hidrógeno
16/IV/82	18.80	35.80	8.71	8.45
4/V/82	21.00	--	8.88	8.10
4/VI/82	21.70	35.63	6.61	8.40
6/VII/82	21.80	35.05	7.07	8.40
6/VIII/82	23.20	35.25	7.42	8.40
3/IX/82	20.80	35.00	7.28	8.00

terias (Kearney *et al.*, 1969). Pfænder y Alexander (1972), observaron la conversión del DDT a DDD por comunidades microbianas de drenajes. De igual manera, Patil *et al.* (1972) encontraron que las bacterias marinas producen DDD del DDT. Langlois *et al.* (1970), mencionan que la conversión del DDT a DDE resulta en un com-

(physiological cycle and/or aggression stress). Marchand *et al.* (1976) observed that the lipid content fluctuation in mussels due to environmental changes and/or physiological condition are accompanied by analog variation in the chlorinated hydrocarbons content. This is not surprising because of the liposoluble properties of these com-

puesto de una resistencia mayor a la descomposición. Los resultados de este estudio muestran la existencia de estas transformaciones del DDT, lo que sugiere que los microorganismos del ecosistema y las algas pueden convertir una cantidad sustancial del DDT a DDD y DDE, los cuales posteriormente pueden ser acumulados por los ostiones. Sin embargo, se requiere de investigaciones que puedan proporcionar información sobre el metabolismo interno del DDT en este organismo.

La media de las concentraciones encontradas de DDT (DDE) en este estudio (Tabla II) es cinco veces menor a las medidas por Ladd *et al.* (1984) en mejillones (*Mytilus sp.*) residentes en la franja costera de Oceanside y Point Loma del sur de California, E.U.A. Estas diferencias en la concentración de DDE pueden ser debido a tasas de asimilación y de eliminación distintas en estos organismos, o bien a una diferencia en la disponibilidad biológica del compuesto.

A nuestro conocimiento, la extensión de la contaminación por DDT en la totalidad de la Bahía de San Quintín es desconocida; nuestros resultados representan únicamente el área dedicada a los cultivos de ostión en Bahía Falsa. Las concentraciones registradas de Σ DDT en *C. gigas* presentaron un orden de magnitud inferior al límite de tolerancia permitido para el consumo humano (5 mg k^{-1} peso húmedo, F.N.I., 1969). Los parámetros hidrológicos (aunque no representativos $n=1$), muestran valores dentro del rango permitido por la legislación mexicana (SARH, 1979) relativa a zonas de cultivo de mariscos para consumo directo (Tabla IV).

Relación de edad del ostión y concentración de DDT.

Se conoce poca información acerca de las cinéticas de acumulación y de eliminación de hidrocarburos clorados, así como del mecanismo mediante el cual *C. gigas* controla internamente las concentraciones de estos compuestos. Marchand y Cabane (1980) señalan que la bioacumulación de hidrocarburos en el mejillón y en los ostiones depen-

pounds. In Table V we observe that as the age of the oyster progresses (April to September), the size, the dry weight and the DDT residues (mainly DDE) tend to increase. A correlation analysis show a $r = 0.88$ between the size and the dry weight and a $r = 0.97$ between the dry weight and the Σ DDT content in the organism. Both coefficients are significant at an $\alpha = 0.05$. This phenomenon suggests the existence of a relationship between the oyster's growth rate and the accumulation rate of DDT residuals. The Σ DDT content variations observed in the oyster during the culture period are related with the dry weight fluctuation (lipids content in the organism, Table II). At the beginning of September, a decrease of the Σ DDT content in the organism is observed, which can be due to the spawning period (this stage of spawning of *C. gigas* has been observed by Gendrop, 1984, personal communication). Lowe *et al.* (1971), point out a similar declination in the DDT, toxaphene and parathion levels in the oyster *C. virginica*, and suggest that the loss of the pesticide is due to spawning. Butler (1969), points out that the oyster's gonads store up to twice as much DDT than the digestive tract or other associated organs. In his research he demonstrated the location of DDT and its metabolites DDE and DDD in the gametes of oysters sexually mature.

As Lara-Lara and Alvarez-Borrego (1975) state, San Quintín Bay presents a marked annual cycle of primary organic productivity, with minimum values in autumn, beginning to increase in winter, continuing in spring, and reaching its maximum in the middle of summer. This behavior could explain the low growth rate of the oyster recorded in April and May, just as the notable increase of the same during the period from June to September. The similar values of size and dry weight recorded in the oyster during April and May, are probably due to the small sampling interval (18 days).

Temporal trend of DDT levels

The scarce information on DDT pollution in Bahía Falsa, as well as the use of methodologies different than the one

TABLA V. Relación entre el cambio en porcentaje de las características biométricas y el contenido de DDT en tejido seco de *C. gigas* durante el período de cultivo.

TABLE V. Relationship between the change in percentage of the biometric characteristics and the DDT content in dry tissue of *c. gigas* during the culture period.

Fecha	* N	Talla largo X± cm D. S.	Rango Min. – Max	Peso en Tejido Húmedo - Seco g	% Humedad	Cambio Talla	%de 16/IV Tejido seco	Σ DDT ng
16/IV/82	20	4.25 ± 0.44	3.3 – 5.6	24.2 – 4.8	80	–	–	74.4
4/V/82	20	4.38 ± 0.37	3.7 – 5.2	25.0 – 5.6	77	3.0	37.5	70.0
4/VI/82	20	6.36 ± 1.10	4.3 – 8.5	72.1 – 14.2	80	49.6	182.5	235.7
6/VII/82	20	9.11 –	–	127.0 – 22.8.	82	114.4	470.0	490.2
6/VIII/82	20	10.33 ± 1.37	8.2 – 11.5	295.0 – 46.7	84	143.1	1067.5	2227.0
3/IX/82	20	14.53 ± 1.89	10.0 – 17.5	261.5 – 38.7	85	241.9	865.0	1776.3

*Número de organismos considerados

*Number of considered organisms.

de ciertos factores interrelacionados entre el medio receptor (condición del medio ambiente), el tóxico (comportamiento físico-químico y geoquímico del tóxico en el medio ambiente) y la especie considerada (ciclo fisiológico y/o stress a la agresión). Marchand *et al.* (1976), observaron en mejillones que la fluctuación del contenido de lípidos debido a cambios ambientales y/o condición fisiológica son acompañados de variaciones análogas en el contenido de hidrocarburos clorados, lo cual no es sorprendente en vista de las propiedades liposolubles de estos compuestos. En la Tabla V se observa que al ir progresando la edad del ostión (abril a septiembre) la talla, el peso seco y los residuos de DDT (principalmente DDE) tienden a incrementarse. Un análisis de correlación muestra un $r=0.88$ entre la talla y el peso seco y un $r=0.97$ entre el peso seco y el contenido de ΣDDT en el organismo. Ambos coeficientes son significativos a un $\alpha=0.05$. Este fenómeno sugiere la existencia de una relación entre la tasa de crecimiento del ostión y la tasa de acumulación de residuos de DDT. Las variaciones en el contenido de ΣDDT observadas en el ostión durante el período de cultivo están relacionadas con la fluctuación del peso seco (contenido del lípidos en el organismo, Tabla II). Al inicio de septiembre se observa

used in this study, makes questionable giving a conclusion on the temporal trend of the levels of this compound in this area. However, comparing the results obtained in this study with the ones pointed out by Cajal and Gutierrez (1977) in *C. gigas* of the same zone, temporal differences statistically significant ($t=0.05$) in the pp'DDE in this organism (Table VI) are not observed. This temporal stability of the DDE probably reflects that the use of DDT in the farm lands and its transport to the waters of the bay has not been increased.

ACKNOWLEDGMENT

We thank the Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L. of San Quintín, B.C., for having provided us with the organisms used in this study and for their interest; René Islas-Olivares for providing us with materials and knowledge; Bernardo P. Florez-Báez, Sergio Sañudo-Wilhelmy and Elsa Cisterna for their collaboration in the sampling of the organisms; Gilberto Fuentes-González for drawing the figures; Rosa Isabel Trujillo-Brambila and Araceli Meléndez-Crosthwaite for typing the manuscript and Myra Pamplona for translating it into English.

DDT EN EL OSTIÓN *Crassostrea gigas*

TABLA VI. Variación temporal en concentración de pp'DDE en el ostión *C. gigas* cultivado en Bahía Falsa, San Quintín, B. C. Valores en ng g⁻¹ expresados en peso húmedo.

TABLE VI. Temporal variation in the pp'DDE concentration in the oyster *C. gigas* cultured in Bahía Falsa, San Quintín, B.C. Values in ng g⁻¹ expressed in wet weight.

Fecha	*1977				**1982				REFERENCIA	
	^a Talla cm X	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	media ± D. S. pp'DDE	^b Talla cm X	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	
May	6.22	2.6	nd	nd	2.3 ± 0.6	4.38	2.7 (2.6-2.8)	0.1	nd	*Cajal y Gutiérrez, 1977.
Jun	6.41	2.3	nd	nd		6.36	3.1 (2.9-3.4)	0.1	0.1	**Valores medidas en este estudio.
Jul	7.92	1.4	nd	nd		9.11	3.8 (3.5-4.1)	nd	nd	
Sep	10.66	2.8	nd	nd		14.53	6.8 (6.2-7.4)	nd	nd	

^a 5 organismos considerados

^b 20 organismos considerados

c no detectado

a 5 considered organisms

b 20 considered organisms

c not detected

un decremento en el contenido de ΣDDT en el organismo, lo cual puede atribuirse al periodo de desove (esta época de desove de *C. gigas* ha sido observada por Gendrop, 1984, comunicación personal). Lowe et al. (1971) señalan una declinación similar en los niveles de DDT, toxafeno y paratón en el ostión *C. virginica*, y sugieren que la perdida del pesticida es debida al desove. Butler (1969), señala que las góndadas del ostión almacenan hasta dos veces mas DDT que el tracto digestivo u otros órganos asociados y demostró en sus investigaciones la localización de DDT y sus metabolitos DDE y DDD en las gametas de ostiones sexualmente maduros.

De acuerdo a Lara-Lara y Alvarez-Borrego (1975), la Bahía de San Quintín presenta un ciclo anual de productividad orgánica primaria marcado con valores mínimos en otoño, con comienzo de su incremento en invierno continuando en primavera y alcanzando su máximo a mediados de verano. Este comportamiento podría explicar la baja tasa de crecimiento del ostión registrada en abril y mayo, así como el notable incremento de la misma en el periodo comprendido de junio a septiembre. Los valores similares de talla y peso seco registrados en el ostión durante abril y mayo, pro-

This study is part of the project "General Coastal Pollution Study in Baja California" by the Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California with a grant from Secretaría de Educación Pública.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ Borrego, S., G. Ballesteros Grijalva y A. Chee Barragan, 1975. Estudio de algunas variables físicoquímicas superficiales en Bahía San Quintín, en verano, otoño e invierno. Ciencias Marinas 2(1): 1-9.
- ALVAREZ Borrego, J. y S. Alvarez Borrego, 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. Calcofi Rep. Vol. XXIII: 188-197.
- AYLING, G. M., 1974 Uptake of cadmium, zinc, copper, lead and chromium in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* grown in the Tamar River, Tasmania. Water Research (8): 729-739.
- BARNARD, L. 1964. Marine amphipoda of Bahía de San Quintín, Baja California. Pacific Naturalist, (4): 55-139.
- BUTLER, P. A., 1966 Pesticides in the marine environment. J. Appl. Ecol., (3): 253-259.
- CAJAL-Medrano, R. et E. A. Gutiérrez-Galindo, 1981. Concentration et distribution du DDT dans les huîtres *Crassostrea gigas* et *Ostrea edulis* sur la côte de Basse Californie. Rev. Int. Océanogr. Méd. Tome LXII: 39-45.
- CHAVEZ de Nishikawa, A. G., y S. Alvarez Borrego, 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. Ciencias Marinas 1(2): 31-62.

bablemente son debidos al poco intervalo de tiempo de muestreo (18 días).

Tendencia temporal de niveles de DDT

La escasa información sobre la contaminación por DDT en Bahía Falsa, así como la utilización de metodologías distintas a la utilizada en este estudio, hacen cuestionable el otorgar una conclusión sobre la tendencia temporal de los niveles de este compuesto en esta área. No obstante, comparando los resultados obtenidos en este estudio con los señalados por Cajal y Gutiérrez (1977) en *C. gigas* de la misma zona, no se observan en los últimos años diferencias temporales estadísticamente significativas (valor de $t = 0.05$) en los niveles de pp'DDE en este organismo (Tabla VI). Esta estabilidad temporal de DDE probablemente refleja que el uso de DDT en los campos agrícolas y su aporte por diferentes rutas hacia las aguas de la bahía no se ha visto incrementado.

AGRADECIMIENTOS

A la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa S.C.L. de San Quintín, B. C. por habernos facilitado los organismos empleados en esta investigación y por su interés mostrado para la realización de la misma. Al Oc. Rene Islas Olivares por la disposición de material y conocimientos. A los oceanólogos Bernardo P. Flores Báez, y Sergio Sañudo Wilhelmy, y a la P. O. Elsa Cristera por su colaboración en los períodos de colecta de organismos. Al dibujante Gilberto Fuentes González por la elaboración de figuras y a las señoritas Rosa Isabel Trujillo Brambila y Araceli Meléndez Crosthwaite por el trabajo de mecanografía. Myra Pamplona llevó a cabo la traducción de este trabajo al inglés.

Este trabajo forma parte del proyecto "Estudio General de Contaminación Costera en el Estado de Baja California" realizado por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California con apoyo económico de la Secretaría de Educación Pública.

- COX, J. L., 1970. DDT residues in marine phytoplankton increase from 1955 to 1960. *Science*, N.Y. (170): 71-73.
- DAVIS, H. C., 1961. Effects of some pesticides on eggs and larvae of oysters (*Crassostrea virginica*) and clams (*Venus mercenaria*). *Commer. Fish. Rev.* 23(12): 8-23.
- FISHING NEW INTERNATIONAL, 1969. Pesticides limit applied in U.S.A. (8): 85.
- GUTIERREZ Galindo, E. A., S. A. Sañudo Wilhelmy y B. P. Flores Báez, 1983. Variación espacial y temporal de pesticidas organoclorados en el mejillón *Mytilus californianus* (Conrad) de Baja California. *Ciencias Marinas* 9(1): 7-18.
- ISLAS Olivares, R., 1975. El ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Baja California. *Ciencias Marinas* 2(1): 58-59.
- ISLAS Olivares, R., M. Miranda Aguilar, y V. Gendrop Funes, 1978. Crecimiento y sobrevivencia del ostión europeo (*Ostrea edulis*) en aguas de Baja California 5(1): 137-148.
- ISLAS Olivares, R., V., Gendrop Funes y M. Miranda Aguilar, 1978. Infraestructura básica para la obtención de larvas (semilla) de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) y ostión europeo (*Ostrea edulis*) en Baja California. *Ciencias Marinas*. 5(2): 73-86.
- ISLAS Olivares, R. y S. Ferrer, 1980. Rentabilidad del cultivo en suspensión de ostión japonés en las costas de Baja California. *Revista Desarrollo Pesquero* No. 4: 19-22.
- JUENGST, F. W. Jr. and M. Alexander, 1975. Effect of environmental conditions on the degradation of DDT in model marine ecosystems. *Marine Biology* (33): 1-6.
- KEARNEY, P. C., E. A. Woolson, J. R. Plimmer and A. R. Isensee, 1969. Decontamination of pesticides in soil. *Residue Rev.* (29): 137-149.
- LADD, J. M. et al., 1984. Trace metals and synthetic organic compounds in mussels from California's coast, bays and estuaries. *California State Mussel Watch 1981-83. Water Quality Monit. Rep.* No. 83-6ts pp. 81.
- LANGLOIS, B. E., J. A. Collins and K. G. 1970. Some factors affecting degradation of organochlorine pesticides by bacteria. *J. Dairy Sci.* (53): 1671-1675.
- LARA Lara J. R. y S. Alvarez Borrego, 1975. Ciclo anual de clorofillas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, Baja California. *Ciencias Marinas* 2(1): 71-77.
- LOWE, J. I., P. D. Wilson, A. J. Rick and A. J. Jr. Wilson, 1971. Chronic exposure of oysters to DDT, toxaphene and parathion. *Proc. of National Shellfisheries Ass.* (61): 71-79.
- MACKAY, N. J., R. J. Williams, J. L. Kacprzak, M. N. Kazacos, A. J. Collins and E. N. Auty. 1975. Heavy metals in cultivated oysters (*Crassostrea virginica* = *Saccostrea cucullata*) from the estuaries of New South Wales. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* (26): 31-46.
- MARCHAND, M., D. Vas and E. K. Duursma, 1976. Levels of PCB and DDT's in mussels from the W. Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, (7): 65-69.

DDT EN EL OSTION *Crassostrea gigas*

- MARCHAND M. et F. Cabane, 1980. Hydrocarbures dans les moules et les huîtres. Rev. Int. Océanogr. Méd. Tome LIX pp 3-30.
- PATIL, K. C., F. Matsumura and G. M. Boush, 1972. Metabolic transformation of DDT, dieldrin, aldrin, and endrin by marine microorganism. Envir. Sci. Techol. (6): 629-632.
- PFAENDER, F. K. and M. Alexander, 1972. Extensive microbial degradation of DDT in vitro and DDT metabolism by natural communities. J. Agric. Fd. Chem. (20): 842-846.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH), 1979. Legislación relativa al agua y su contaminación. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. pp 45.
- STEPHENSON, M. D., M. Martin, S. E. Lange, A. R. Flegal and J. H. Martin, 1979. Trace metal concentration in the California mussel *Mytilus californianus*. California Mussel Watch 1977-78. Vol. II. Water Quality Monit. Rep. 79-22 pp 110.
- STRICKLAND, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of sea water analysis. Fish. Resear. Bd. Can. (167): 21-26.
- SOKAL R. and F. J. Rohlf, 1969. Biometry. Ed. W. H. Freeman and Co. San Francisco. pp. 186-193.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, (UNEP), 1982. GESAMP: the health of the oceans. Regional Seas Report and studies No. 16, pp.42-44.
- YOUNG, D. R., T. C. Heesen and D. J. McDermott, 1976. An offshore biomonitoring system for chlorinated hydrocarbons. Mar. Pollut. Bull., 7(8): 156-159.
- ZARAOGLIAN, G. E., 1980. *Crassostrea virginica* as an indicator of cadmium pollution. Marine Biology (58):275-284.