

**TEMPERATURA Y VISIBILIDAD EN LA BAHIA DE TODOS  
SANTOS, B. C., MEXICO, OCTUBRE DE 1982 A  
SEPTIEMBRE DE 1983**

**TEMPERATURE AND VISIBILITY IN TODOS SANTOS BAY,  
B. C. MEXICO, OCTOBER 1982 TO SEPTEMBER 1983.**

Por / By

José Manuel Grijalva Chon  
Reina Castro Longoria  
M. Gregory Hamman

C.I.C.E.S.E., División de Oceanología  
Depto. Ecología Marina,  
Ave. Espinoza No. 843,  
Ensenada, Baja California, México

GRIJALVA CHON, J.M., R. Castro Longoria, M. Gregory Hamman. 1985. Temperatura y visibilidad en la Bahía de Todos Santos, B.C., México, octubre de 1982 a septiembre de 1983. *Temperature and visibility in Todos Santos Bay, B.C. México, October 1982 to September 1983. Ciencias Marinas* 11 (1): 39-48 (10)

## RESUMEN

Se reportan datos mensuales de temperaturas a 0, 5 y 15 m de profundidad y de lecturas de disco Secchi, en siete estaciones de la Bahía de Todos Santos, B. C. desde octubre de 1982 hasta septiembre de 1983. La temperatura mínima a 0 y 5 m se alcanzó en el mes de abril, y a 15 m en mayo. Las máximas para las tres profundidades se registraron en septiembre. La mayor profundidad del disco de Secchi se alcanzó en enero y la menor en mayo, para todas las estaciones. En base a los resultados se puede dividir a la bahía en tres zonas: la zona I con las mayores temperaturas y menores profundidades de Secchi; la zona II o zona intermedia; y la zona III con bajas temperaturas y mayores profundidades de Secchi.

## ABSTRACT

Monthly measurements of temperature at 0, 5 and 15 meters depth are reported along with Secchi disk readings from seven stations in the Todos Santos Bay, B.C. from October, 1982, to September, 1983. The minimum temperature at 0 and 5 meters was found in April; at 15 meters depth it was found in May. The maximum temperature for all three depths was measured in September. The greatest Secchi disk reading was in January; the lowest in May, at all stations. Based on the results, the bay can be divided into three zones: the inner zone with the greatest temperature and the lowest water visibility; the middle zone showed intermediate conditions; and the outer zone with the lowest temperatures and clearest water.

## INTRODUCCION

En el área costera de California y Baja California, las variaciones en temperatura están de acuerdo con las variaciones en las intensidades de la corriente de California, de la corriente de Davidson y por eventos de surgencias (Murphy, 1961).

## INTRODUCTION

In the coastal area of California and Baja California, temperature variations have been found to agree with fluctuations in the intensities of the California current, the Davidson current, and coastal upwelling (Murphy, 1961).

## TEMPERATURA Y VISIBILIDAD EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS

Durante 1982-83 las aguas de esta región del Pacífico sufrieron un calentamiento anómalo típico de un evento de El Niño (Simpson, 1983; Reed, 1983), el cual fue de mayor intensidad y duración que eventos pasados (Breaker y Lewis, 1984).

Para la Bahía de Todos Santos, B. C., Walton (1955) reportó un mínimo de temperatura superficial de 13.4°C en marzo, y un máximo de 21.7°C en agosto. Este autor hace constar que sus temperaturas máximas y mínimas correspondieron con el promedio de máximos y mínimos registrados en La Jolla, California, por un período de 25 años. Cabrera-Muro (1971) en sus registros de temperatura desde junio a septiembre de 1971, reportó la máxima superficial de 23.5°C. Ambos autores hacen notar que los máximos se alcanzaron en la parte interna de la bahía. Desde 1971 a la fecha se ha registrado un aumento en las temperaturas medias anuales en California central (Breaker y Lewis, 1984).

Es de esperarse que debido a la mayor productividad orgánica y al aporte de material terrígeno, la visibilidad es menor en la zona costera (estuarios, bahías, lagunas y mares adyacentes) que en el mar abierto, registrándose cambios a lo largo del año (Neumann y Pierson, 1966). En la Bahía de Todos Santos no existe ningún trabajo que describa estos cambios.

El objetivo de este trabajo es reportar los cambios en temperatura y en la profundidades de disco de Secchi en la Bahía de Todos Santos, B. C., en un período anual en el que estuvo presente el efecto de El Niño.

### MATERIALES Y METODOS.

La Bahía de Todos Santos, B. C. se encuentra aproximadamente 110km al sur de la frontera de México con los Estados Unidos de América, sobre la costa oeste de la península de Baja California, entre los paralelos 31°43' y 31°54'N y entre los meridianos 116°31' y 116°49'O (Fig. 1).

During the year 1982-83 the regional waters of the Pacific underwent an anomalous temperature rise typical of the "El Niño" event (Simpson, 1983; Reed, 1983) which was reported to be of greater intensity and duration than previous events (Breaker and Lewis, 1984).

For Todos Santos Bay, Walton (1955) reported a surface temperature minimum of 13.4°C in March with a maximum of 21.7°C in August. It was further found that the minimum-maximum of the bay correspond to those at La Jolla, California, over a 25 year period. Cabrera Muro (1971), in a study from June to September 1971, reported the maximum surface temperature as 23.5°C. Both authors noted that these maximums were measured in the interior of the bay. Since 1971, the average annual temperatures in Central California have been increasing (Breaker and Lewis, 1984).

It is expected that due to the greater amount of organic productivity and fluvial material influx, the water visibility is much lower in coastal zones (estuaries, bays, lagoons and adjacent seas) than in the open ocean, undergoing seasonal changes (Neumann and Pierson, 1966). For Todos Santos Bay, these seasonal changes have not yet been studied.

This paper reports the monthly changes in temperature and visibility during an "El Niño" event year.

### MATERIAL AND METHODS.

Todos Santos is approximately 110 km south of the Mexican-American border, on the western coast of the Baja California Peninsula between the 31°43' and 31°54'N parallels and the 116°31' and 116°49'W meridians (Fig. 1).

Temperatures were registered from 0.5 and 15 meters depth at each of the seven stations in the bay (Fig. 1.), sampled in the order seen on the map. The Secchi disk depth was also measured at each station.

The seven stations represent distinct environments in the bay. There is a shallow

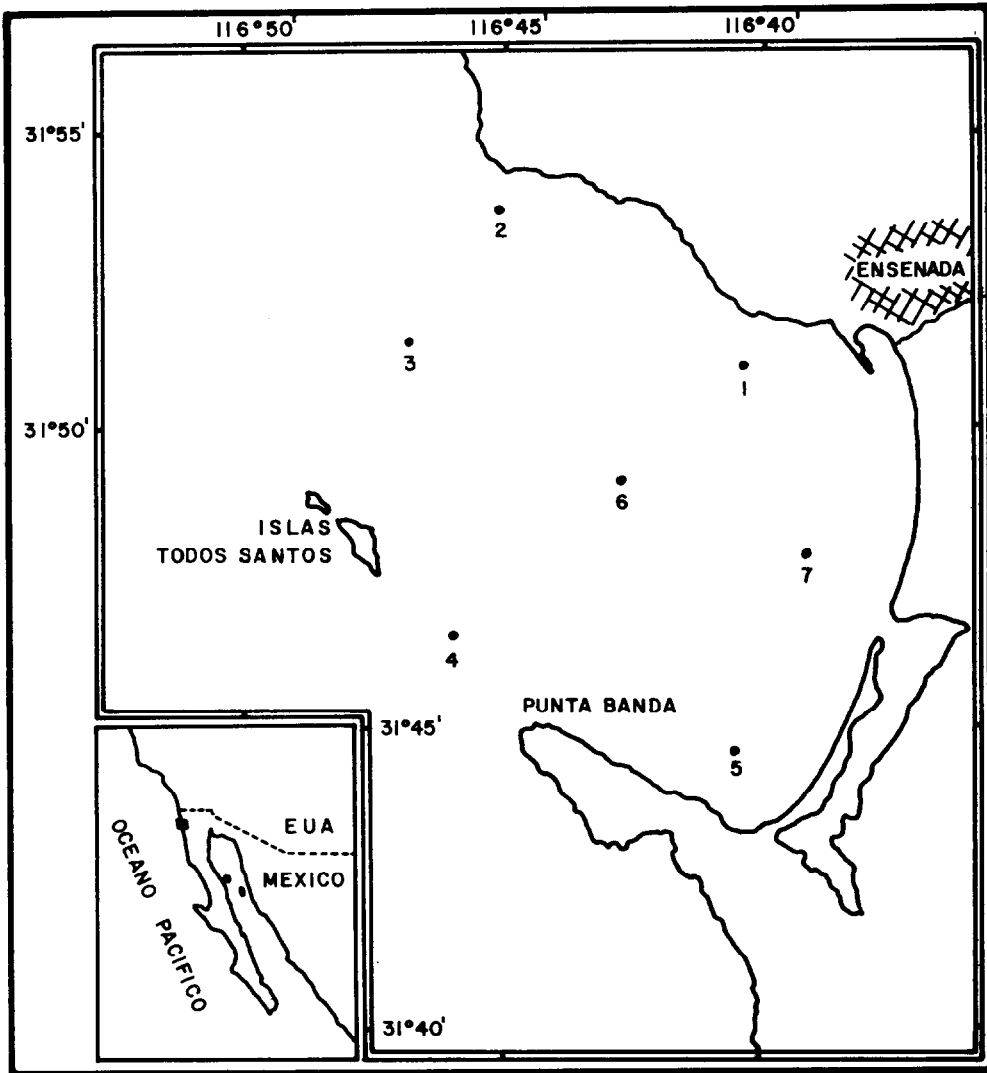


Fig. 1. Localización del área de estudio: Bahía de Todos Santos, B.C.  
Location of study area.

Se registraron temperaturas mensuales a 0, 5 y 15m de profundidad, así como la profundidad del disco de Secchi, en siete estaciones de la bahía, siguiendo el orden que aparece en el mapa (Fig. 1). Estas estaciones representan distintos ambientes dentro de la bahía; así, tenemos una zona de profundidad somera, una con efecto de

zone, one with local upwelling, two at the bay's entrances, one in front of the southern corner, one in front of the estuary, and one in the center of the bay. All stations were sampled in a period of approximately six hours, varying the sample time of each station to eliminate daily tendencies (or correlations with the hour of day). Samples were

surgencias, dos ubicadas en las entradas de la bahía, una en el rincón, otra con efecto del estero y una última en medio de la bahía. Todas las estaciones estuvieron muestreadas en un período de aproximadamente seis horas, siendo la hora del muestreo variable para eliminar tendencias diarias. El período de muestreo abarcó desde octubre de 1982 hasta septiembre de 1983, con excepción del mes de febrero debido a las fuertes marejadas.

La temperatura superficial se midió con termómetro de cubeta, y las temperaturas de 5 y 15m con termómetros reversibles. La visibilidad se determinó con el disco de Secchi y se reporta en metros.

Dadas las diferentes características entre las estaciones, los datos de temperatura se compararon con análisis de varianza por bloques, y en el caso de las lecturas del disco de Secchi se utilizó la versión no paramétrica de Friedman (Siegel, 1970).

Los meses con la máxima temperatura superficial fueron agosto y septiembre, a estos dos meses se les agregan julio y octubre a los 5m, y a los 15, a todos estos meses se les suma noviembre (Fig. 3).

## RESULTADOS

### Temperatura.

En general la temperatura mínima se alcanzó en el mes de abril. Tanto en la superficie como a 5m, la estación 3 fue la más fría con 14.8° y 14.3°C, respectivamente. Sin embargo, a 15m el mínimo se alcanzó en el mes de mayo con 13.3°C para la estación 6.

Fue notorio en todas las estaciones, con excepción de la 6, que en el mes de abril hubo un descenso notable, lo que nos podría indicar la presencia de un evento de surgencia. Este mismo proceso se repitió de nuevo en el mes de junio, siendo evidente en las estaciones 2 y 3, situadas en la entrada noroeste de la bahía (Fig. 2).

taken from October 1982 to September 1983, excepting February due to rough sea conditions.

The surface temperature was measured with a laboratory thermometer while temperatures at 5 and 15 meters were measured with reversible thermometers.

Given the different characteristics of the stations, temperature data was compared with a block analysis of variance. For the Secchi disk depth data, the nonparametric version (Friedman) was used (Siegel, 1970)

The warmest superficial temperatures were recorded during August and September; at 5 m, August, September, July and October, and at 15 m, in addition to those at 5 m, also November (Fig. 3).

## RESULTS

### Temperature.

In general, the minimum temperature was found in April. At the surface as well as at 5 m, station 3 was the coldest (14.8° and 14.3°C respectively). Nevertheless, at 15 m, the minimum temperature (13.3°C) was registered during May at station 6.

It was quite notable that in all stations, except station 6, there was a large decrease in temperature during April, possibly indicating the presence of a local upwelling event. This same process was seen again in June, being especially evident in stations 2 and 3, located at the northeastern entrance to the bay (Fig. 2).

During September, maximum temperatures were found at 0,5 and 15 m (24.0, 23.2 and 21.4°C respectively). The highest temperature at 15 m was measured during October (Table I).

A block analysis of variance showed significant differences between months and between stations during the year's study period (Table II).

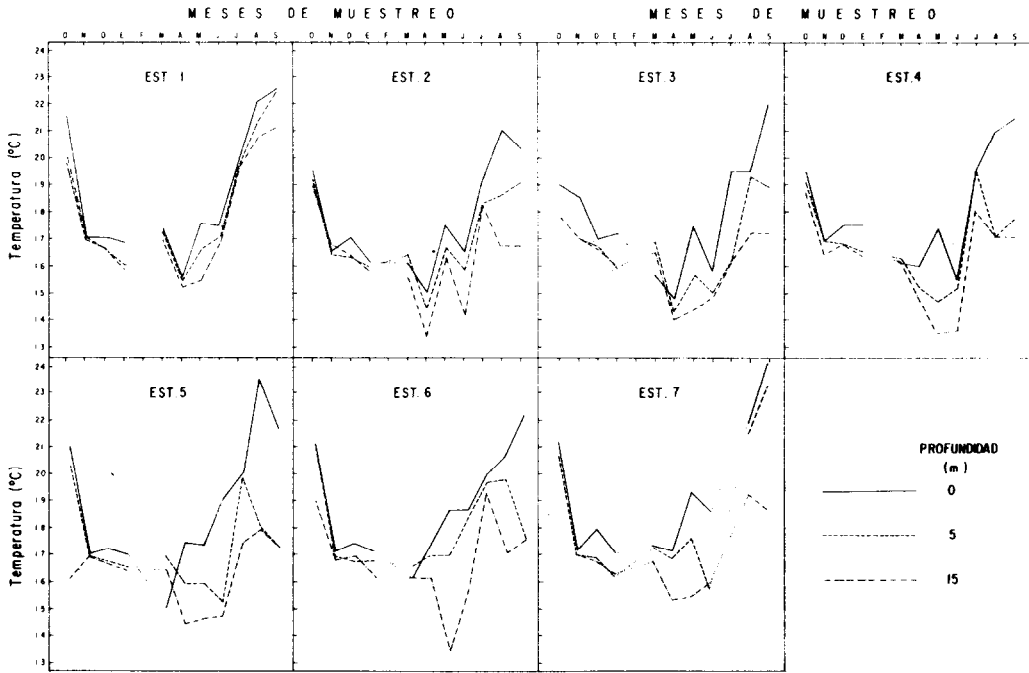


Fig. 2. Temperaturas registradas en las estaciones de muestreo a 0, 5 y 15 metros de profundidad desde octubre de 1982 hasta septiembre de 1983.

— Temperature recorded in the sampling stations at 0, 5 and 15 m depth from October 1982 through September 1983.

TABLA I. Temperaturas (°C) registradas en las estaciones de muestreo a 0, 5 y 15 metros de profundidad desde octubre de 1982 hasta septiembre de 1983.

Temperatures (°C) recorded in the sampling stations at 0, 5, and 15 m depth from October 1982 through September 1983.

Estación		OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
0 metros	1	20.0	17.0	17.0	16.8	17.3	15.5	17.5	17.4	19.8	22.0	22.5
	2	19.5	16.5	17.0	16.2	16.1	15.0	17.5	16.5	19.2	21.0	20.3
	3	19.0	17.0	17.0	17.2	15.7	14.8	17.5	15.8	19.5	19.5	22.0
	4	19.5	16.9	17.5	17.5	16.1	16.0	17.4	15.5	19.5	21.0	21.5
	5	21.0	17.0	17.2	17.0	15.0	17.4	17.3	19.0	20.0	23.5	21.6
	6	21.0	17.0	17.3	17.0	16.0	17.2	18.5	18.5	19.8	20.5	22.0
	7	21.0	17.0	17.8	16.9	17.2	17.0	19.2	18.5	—	21.8	24.0
5 metros	1	19.8	16.9	16.6	16.0	17.2	15.4	16.8	17.0	19.6	21.6	22.4
	2	19.2	16.4	16.3	16.0	16.4	14.4	16.7	15.8	18.3	18.4	19.4
	3	19.0	17.0	16.7	15.9	16.9	14.3	15.7	15.0	16.2	19.3	18.9
	4	19.1	16.9	16.8	16.5	16.3	15.2	14.7	15.2	19.6	17.1	17.8
	5	20.3	16.9	16.7	16.5	16.9	15.9	15.9	15.2	19.8	18.0	17.2
	6	21.0	16.8	16.6	16.6	16.4	16.8	16.8	18.2	19.5	19.6	17.4
	7	20.5	16.8	16.7	16.0	17.1	16.7	17.5	15.6	—	21.4	23.2
15 metros	1	21.5	17.0	16.6	15.8	16.9	15.2	15.4	16.8	19.5	20.7	21.4
	2	19.0	16.8	16.4	15.8	15.6	13.4	16.3	14.2	18.3	16.7	16.7
	3	17.8	18.6	16.6	16.0	16.5	14.0	14.4	14.9	16.2	17.2	17.2
	4	18.7	16.4	16.8	16.4	16.2	14.8	13.5	13.6	18.1	17.1	17.1
	5	16.1	16.9	16.6	16.4	16.4	14.4	14.6	14.7	17.4	17.9	17.2
	6	18.9	16.7	16.8	16.1	16.0	16.0	13.3	15.6	19.1	16.9	17.4
	7	20.5	16.8	16.6	16.1	16.6	15.2	15.3	15.8	—	18.8	18.6

TABLA II. Análisis de varianza por bloques para las temperaturas en los meses de muestreo.  $\alpha = 0.05$ .

Variance analysis by blocks for the temperature in the sampling months.  $\alpha = 0.05$

		FUENTES DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRATICA	RAZON F	VALORES CRITICOS
0 metros	meses		299.79	10	29.98	55.52	1.91
	estaciones		16.99	6	2.83	5.24	2.17
	error total		32.65	60	0.54		
5 metros	meses		176.66	10	17.67	16.21	1.91
	estaciones		21.75	6	3.63	3.63	2.17
	error total		32.65	60	1.09		
15 metros	meses		162.66	10	16.27	18.70	1.91
	estaciones		24.42	6	4.07	4.68	2.17
	error total		52.29	60	0.87		

At the surface, the coldest months were November, January, March and April. At 5 m they were January, April, May and June while at 15 m they were April, May and June (Fig. 3).

TEMPERATURA Y VISIBILIDAD EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS

En el mes de septiembre se registraron las máximas temperaturas para las tres profundidades, las cuales fueron 24.0, 23.2 y 21.4°C para 0, 5 y 15m, respectivamente (Tabla I).

El análisis de varianza por bloques revela que existen diferencias significativas entre los meses a lo largo del período de muestreo, y confirma además las diferencias entre las estaciones (Tabla II).

Superficialmente los meses mas fríos fueron noviembre, enero, marzo y abril. A los 5m lo fueron enero, abril, mayo y junio, y a los 15m abril, mayo y junio (Fig. 3).

Profundidad de disco de Secchi.

Las lecturas del disco de Secchi en las estaciones de muestreo fueron muy variables una de otra dentro de un mismo mes (Fig. 4), a excepción del mes de mayo en donde la variabilidad entre las estaciones es poca, con una desviación estándar de 0.96m (Fig. 5). Un análisis de Friedman nos indica que existen diferencias significativas entre los meses ( $\alpha = 0.001$ ,  $Fr=31.64$ ).

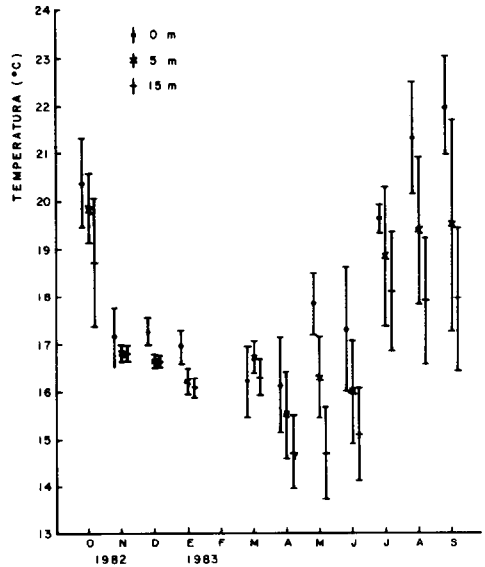


Fig. 3. Temperaturas promedio e intervalos al 95 % de confianza para los meses de muestreo a 0, 5 y 15 metros de profundidad.

— Average temperatures and 95 % confidence intervals for the sampling months at 0, 5 and 15 m depth.

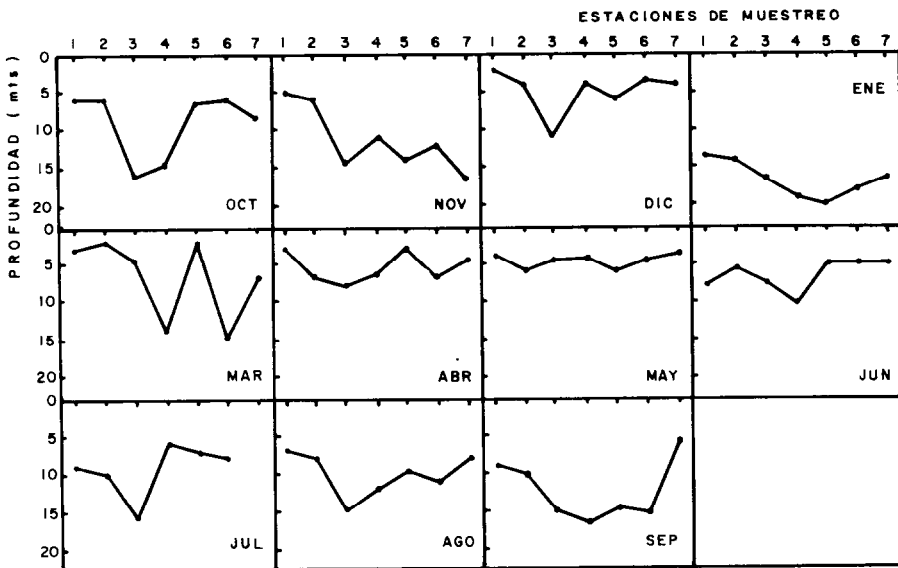


Fig. 4. Lecturas del disco de Secchi en los meses de muestreo. Febrero no está representado, ni la estación 7 del mes de julio.

Readings of the Secchi disk in the sampling months. February and station 7 of July are not represented.

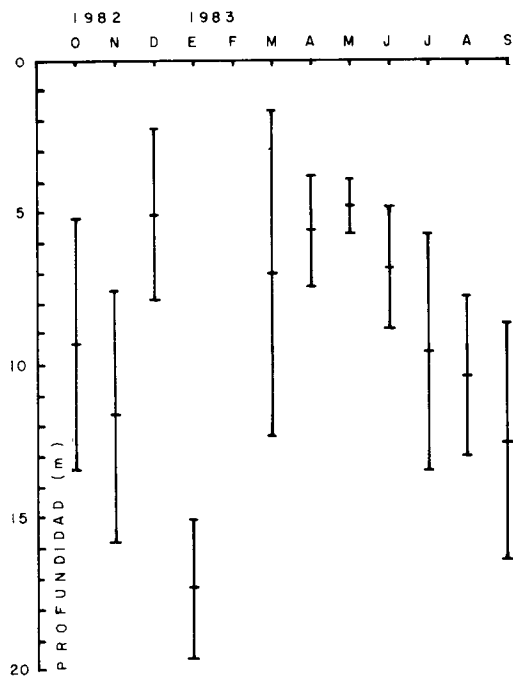


Fig. 5. Profundidad promedio e intervalos de 95 % de confianza para las lecturas mensuales del disco de Secchi.

— Average depth and 95 % confidence interval for the monthly readings of the Secchi disk.

El mes con mayor claridad del agua en todas las estaciones fue enero, siguiéndole el mes de septiembre. La menor claridad se registró en diciembre y en el período de marzo a junio, con la más uniforme y menor en mayo (Figs. 4 y 5).

La estación 1 se caracterizó por ser una de las más turbias en todos los meses, seguida por las estaciones 2 y 7. Las estaciones más claras en todo el período de muestreo fueron la 3 y la 4 (Fig. 6).

#### DISCUSION.

La inversión de temperatura en el mes de marzo, en la mayoría de las estaciones (excepciones: 1 y 7), se podría deber al efecto que tiene la corriente de California al acercarse a la costa en esa época del año

#### Secchi disk depth

The monthly Secchi disk depths at all stations were quite variable (Fig. 4) except during May when the spatial variation was minimal ( $S = 0.96$  m) (Fig. 5). A Friedman analysis showed that the differences between the months was highly significant ( $\alpha = 0.001$ ,  $Fr = 31.64$ ).

The month with clearest waters at all stations was January, followed by September. Low visibility was registered in December and in the period of March-June, with May being the month of lowest visibility uniformly at all stations (Figs. 4 y 5).

Station 1 was the least clear of all stations, followed by stations 2 and 7. The clearest stations were 3 and 4 (Fig. 6).

#### DISCUSION.

The temperature inversion of March in most of the stations (except 1 and 7) could be due to the effect of the California current moving closer to the coast at this time (Sra. de Marina, 1974) combining with the effect of the dominant NW winds acting principally over the surface water layer.

The minimum surface temperature found in this study differs by only  $1.4^{\circ}\text{C}$  from that found by Walton (1955) although he registered it in March and here it is reported as in April. Comparing the maximum surface temperatures with Walton's study, the difference is  $2.3^{\circ}\text{C}$ ; Walton's maximum being reported in August and ours in September. Cabrera-Muro (1971) registered a maximum temperature only  $0.5^{\circ}\text{C}$  lower than that reported here.

Perhaps the difference in temperature between 1955 and 1983 is not very relevant. Nevertheless, often small differences are sufficient to affect the distribution and species composition in an area.

Based on our results, Todos Santos Bay can be divided into three zones: the inner zone, a middle zone, and an outer zone

TEMPERATURA Y VISIBILIDAD EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS

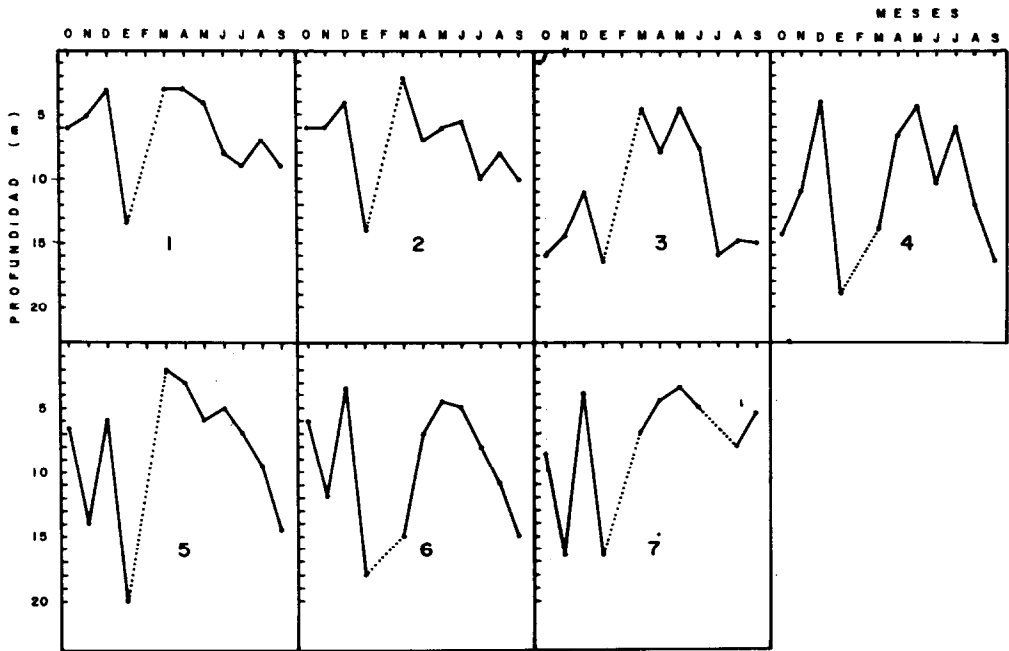


Fig.6. Lecturas del disco de Secchi en las estaciones de muestreo durante el período de octubre de 1982 hasta septiembre de 1983. No hubo lecturas en febrero ni en la estación 7 de septiembre.

— Readings of the Secchi disk in the sampling stations from October 1982 through September 1983. There were no readings during February and on station 7 of September.

(Sría. de Marina, 1974), enfriando en un corto plazo la capa superficial con la ayuda del viento dominante del NO, el cual actúa principalmente sobre un espesor muy reducido.

Comparando la mínima temperatura superficial de este estudio con la obtenida por Walton (1955), se ve una diferencia de 1.4°C, aunque debe hacerse notar que él la registró en marzo y nosotros en abril. Sin embargo, al comparar las máximas temperaturas se observa que la diferencia es de 2.3°C, notándose también que Walton la registró en agosto mientras que en este estudio fue en septiembre. La temperatura máxima registrada por Cabrera-Muro (1971), aunque menor, difiere con la aquí reportada por sólo 0.5°C.

Quizá la diferencia entre las temperaturas de 1955 y 1983 no parezca muy relevante, sin embargo esta diferencia es

(Fig. 7). The inner or zone I is characterized by greater temperatures and lower visibility. The middle zone or zone II is very variable, while the outer zone or zone III is characterized by high water visibility of low temperatures.

ACKNOWLEDGEMENTS.

We would especially like to thank Oc. Eliseo Almanza for his valuable participation in the field. We also thank Oc. Salvador Galindo who helped us obtain the needed equipment. Oc. Jorge Rosales C. helped with the figures. Finally, we would like to thank all of our friends who participated in the field. The comments and support of the peer reviewers was very helpful.

This study is part of the thesis (E.S.-C.M., UABC) about the Distribution, Abundance and Diversity of Ichthyoplankton in Todos Santos Bay, B.C., by the first author.



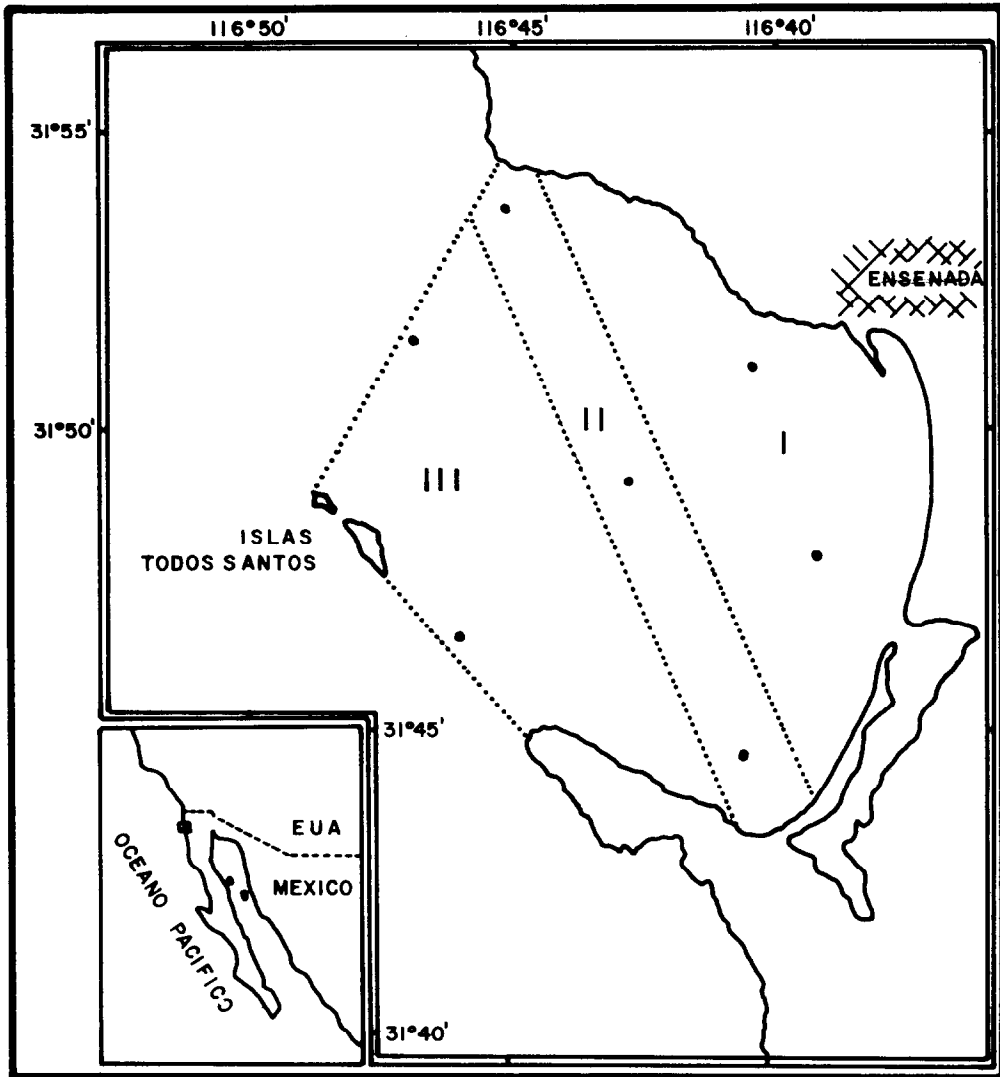


Fig. 7. Zonación de la Bahía en base a temperatura y visibilidad; I) zona interna; II) zona intermedia; III) zona externa.

Zonation of the bay based on temperature and visibility depth I) inside zone; II) Intermediate zone; III) Outside zone.

suficiente para afectar la distribución y composición de especies en cualquier área.

En base a nuestros resultados se podría dividir a la Bahía de Todos Santos en tres zonas: la zona interna, la intermedia y la externa (Fig. 7). La zona interna o zona I se caracteriza por mayores temperaturas y baja visibilidad, la zona intermedia o zona II

se caracteriza por ser muy variable, y la zona externa o zona III se caracteriza por una alta visibilidad y bajas temperaturas.

#### AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos de una manera muy especial al Oc. Eliseo Almanza H. por su valiosa participación en varias de las salidas al

## TEMPERATURA Y VISIBILIDAD EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS

campo. Agradecemos también al Oc. Salvador Galindo B. por proporcionar el equipo necesario, al Oc. Jorge Rosales C. por su ayuda en la elaboración de las figuras, y a todos aquellos compañeros que participaron en algunos de los cruceros. También agradecemos los comentarios y apoyo de los revisores.

El presente trabajo forma parte de un estudio de tesis de licenciatura de la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. sobre distribución, abundancia y diversidad de ictioplancton en la Bahía de Todos Santos, B.C., del primer autor.

### LITERATURA CITADA

- BREAKER, L.C. y P.A.W. Lewis. 1984. El Niño and sea surface temperature variability of central California. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 26: 7-8.
- CABRERA-Muro, H.R. 1971. Distribución de temperatura en la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México.
- MURPHY, G.I. 1961. Oceanography and variations in the Pacific sardine population. *CalCOFI Rep.*, 8: 55-64
- NEUMANN, G. y W. J Pierson. 1966. *Principles of Physical Oceanography*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 545 p.
- REED, R.K. 1983. Oceanic warming of the U.S. west coast following the 1982 El Niño. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 22: 10-12.
- SIMPSON, J.J. 1983. Anomalous thermal structure in the California Current during the 1982-83 El Niño. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 21:22.
- SRIA. DE MARINA. 1974. Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, B.C., México. 465 pp.
- WALTON, W. R. 1955. Ecología of living benthonic foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. *Journal of Paleontology*, 29 (6): 952-1018.