



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**“SERIE DE TIEMPO DE VARIABLES HIDROLOGICAS
AL NORTE DE BAHIA DE LOS ANGELES, B.C.
CONDICIONES DE VERANO”.**



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA

SERGIO IBARRA SAÑUDO

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO, JULIO DE 1988

RESUMEN

Se realizó un muestreo cuasicontinuo de variables hidrológicas, del 25 de Agosto al 2 de Septiembre, de 1986, en Punta La Gringa, B.C., en la parte norte de Bahía de Los Angeles, generándose series de tiempo de temperatura, salinidad, densidad ($\sigma-t$), oxígeno disuelto, solubilidad teórica y porcentaje de saturación, a dos niveles en la columna de agua (superficie y diez metros), cubriendo un período de mareas muertas y vivas en época de verano. Las muestras se tomaron a intervalos de 2 horas, con el objeto de describir la variación temporal de las variables físico-químicas y dilucidar los principales factores causantes de dicha variación.

En general, el comportamiento de las variables hidrológicas obedecen a una influencia local durante mareas muertas, que le confieren características de estabilidad y estratificación de la columna de agua, posteriormente se presenta un período de transición manifestándose efectos combinados de corrientes de marea y vientos, rompiendo la estructura de la columna de agua, inducido principalmente por la corriente de marea debido a la mayor amplitud de las mismas.

Los intervalos de confianza de las medias al 95% determinan que para la mayoría de las variables se presenta una estratificación bien marcada (temperatura, salinidad, densidad ($\sigma-t$), oxígeno disuelto, solubilidad teórica y porcentaje de saturación), durante marea muerta, y en el período de marea viva hay mezcla.

Los principales factores que determinan la estratificación de la columna de agua en marea muerta son, un movimiento relativamente mínimo y en marea viva hay un rompimiento de la estratificación, determinado por vientos y corrientes de marea.

En general, la variación que presentan las variables hidrológicas mostró un patrón general, donde la periodicidad diurna y semidiurna están asociadas a la alternancia de mareas y a los vientos, actividad biológica sobre oxígeno disuelto y porcentaje de saturación, y a la variación de la marea.

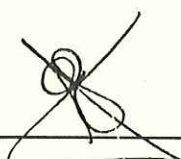
SERIE DE TIEMPO DE VARIABLES
HIDROLOGICAS AL NORTE DE BAHIA DE LOS ANGELES, B.C.
CONDICIONES DE VERANO.

TESIS

QUE PRESENTA:

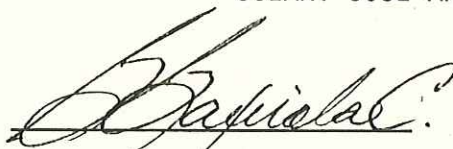
SERGIO IBARRA SANUDO

APROBADA POR:



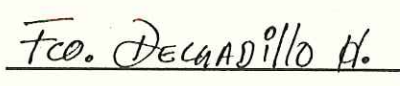
PRESIDENTE DEL JURADO

OCEAN. JOSE ANTONIO SEGOVIA ZAVALA



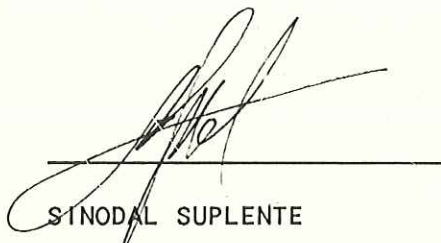
SINODAL PROPIETARIO

M.C. GILBERTO GAXIOLA CASTRO



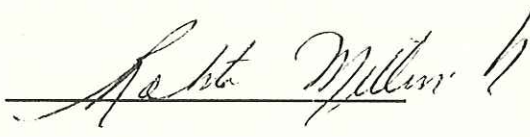
SINODAL PROPIETARIO

Oc. FRANCISCO DELGADILLO H.



SINODAL SUPLENTE

M.C. RAMON CAJAL MEDRANO



SINODAL SUPLENTE

M.C. ROBERTO MILLAN NUNEZ

D E D I C A T O R I A

CON TODO EL AMOR, RESPETO Y ADMIRACION QUE SE MERECE:

A MI MADRE: CRISTINA GUADALUPE.

POR TODO EL AMOR, APOYO Y SACRIFICIO QUE ME HA BRINDADO
Y A QUIEN DEBO TODO LO QUE SOY.

CON CARINO A MIS HERMANOS Y PRIMOS:

JOAQUIN, ISABEL CRISTINA, CARMEN CELINA Y PATRICIA.

MIGUEL, DANIEL, NORMA, OLGA, ALBERTO, FRANCISCO Y BEATRIZ.

POR TENERLOS SIEMPRE, COMPANEROS DE INFANCIA, MUESTRA DE
UNIDAD.

A MIS ABUELOS:

A QUIENES CONSIDERO MIS SEGUNDOS PADRES
MUY ESPECIALMENTE A DONA ISABEL, DE QUIEN GUARDO
UN BONITO RECUERDO.

A KARMINA:

COMPANERA INSUSTITUIBLE POR SU AMOR Y
COMPRESION, SINTESIS DE MIS SENTIMIENTOS.

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Oc. José Antonio Segovia Zavala, por haber aceptado la dirección de mi tesis, por sus consejos y paciencia, siempre en un tono de compañerismo en forma desinteresada y objetiva.

A los sinodales: M.C. Gilberto Gaxiola Castro, Oc. Francisco Delgadillo Hinojosa, M.C. Ramón Cajal Medrano y M.C. Roberto Millán Nuñez, quienes con sus magníficas críticas, sugerencias y recomendaciones mejoraron el escrito de este trabajo.

A la Universidad Autónoma de Baja California, muy especialmente al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por haber facilitado sus instalaciones y material necesario para la realización de esta investigación.

Un agradecimiento muy especial a la Secretaría de Educación Pública (S.E.P.) por la ayuda brindada mediante el convenio C-87-01-0137, la cual hizo posible la realización de este trabajo.

A mis compañeros de la XXI Generación, y a todos los maestros

que participaron en nuestra formación.

A todas las personas que de alguna u otra manera ayudaron a
que este trabajo fuera posible: G R A C I A S.

INDICE GENERAL

	Página
PORTADA	I
RESUMEN	II
PAGINA DE APROBACION	III
INDICE GENERAL	IV
LISTA DE TABLAS	V
LISTA DE FIGURAS	V
1.- INTRODUCCION	1
2.- ANTECEDENTES	2
2.1.- Objetivo	7
2.2.- Descripción del área de estudio	7
3.- MATERIAS Y METODOS	11
3.1.- Procesamiento de datos	12
4.- RESULTADOS	15
Estadística general de las series	31
Análisis espectral	36
5.- DISCUSIONES	40
6.- CONCLUSIONES	50
ANEXO I.-	52
7.- BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE TABLAS

TABLA I.- Valores estadísticos y el rango de variación de las variables	Página 33
---	--------------

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.- Localización del área de estudio	8
FIGURA 2.- Altura de la marea predicha	16
FIGURA 3.- Variación de la velocidad y dirección del viento	17
FIGURA 4.- Serie de tiempo de temperatura superficial	19
FIGURA 5.- Serie de tiempo de Salinidad	23
FIGURA 6.- Serie de tiempo de Densidad (Sigma-t)	24
FIGURA 7.- Serie de tiempo del Termógrafo	20
FIGURA 8.- Serie de tiempo del Oxígeno	26
FIGURA 9.- Serie de tiempo de Solubilidad teórica	28
FIGURA 10.- Serie de tiempo de porcentaje de Saturación	30
FIGURA 11.- Análisis comparativo por medio del intervalo de confianza	34
a) Temperatura b) Salinidad c) Densidad (Sigma-t)	
FIGURA 12.- Análisis comparativo por medio del intervalo de confianza ...	35
a) Oxígeno b) Solubilidad teórica c) Saturación de oxígeno	
FIGURA 13.- Espectros de variancia superficial	37
FIGURA 14.- Espectros de variancia para 10 m	38
FIGURA 15.- Espectro de variancia para marea	39

1.- INTRODUCCION

Las lagunas litorales, estuarios, esteros y la zona costera en general, representa la tercera parte de una extensa línea de costa mexicana, presentando áreas de criaderos naturales para organismos de importancia económica, y ofrecen condiciones adecuadas para el desarrollo acuacultural, y del conocimiento hidrológico sobre las propiedades físicas, químicas y patrones de circulación, se pueden aplicar a la solución de problemas biológicos, ecológicos y de Ingeniería.

El potencial de aprovechamiento se garantiza en base a estudios de productividad que determinan la diferencia de esta por unidad de área en los ecosistemas marinos, siendo menor en el océano abierto, y observándose mucho mayor en aguas oceánicas costeras y lagunas (Phleger, 1982).

El estudio de zonas productivas (bahías, esteros y lagunas) en la península de Baja California, ha adquirido en los últimos años una gran importancia, ya que se ha demostrado que son sistemas con enorme potencial alimenticio, el cual puede ser aprovechado mediante la aplicación de técnicas acuícolas. Antes de aplicar estas técnicas es necesario realizar estudios referentes al cuadro ambiental del cuerpo de agua, para obtener

un mejor conocimiento de los mecanismos que afectan el comportamiento de estos ecosistemas, ya que las posibles especies a cultivarse alcanzan su máximo desarrollo bajo ciertas condiciones ecológicas específicas (Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1973).

2.- ANTECEDENTES

Los estudios hidrológicos realizados como apoyo al desarrollo de maricultivo en Baja California, están restringidos a la zona del Pacífico y en particular al Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín, donde se introdujo Ostión Japonés Crassostrea gigas en 1974 y 1976, por Jalme Silva e Islas Olivares, (Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1975), respectivamente. La infraestructura científica para el desarrollo de estos cultivos fué iniciada por las investigaciones de Acosta Ruiz y Alvarez Borrego (1974) y Alvarez Borrego y Chee Barragán (1975). Posteriormente se han realizado estudios hidrológicos de variaciones diurnas (Alvarez Borrego, Lara Lara y Acosta Ruiz, 1977), hasta la realización de series de tiempo de varios días (Zertuche González y Alvarez Borrego, 1978), aplicando técnicas analíticas refinadas para obtener un conocimiento más profundo de las variables y factores que determinan el dinamismo de cuerpos costeros, para su óptimo aprovechamiento en maricultivo.

Al plantear algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California, Alvarez Borrego y Schwartzlose(1973) mencionan la importancia del conocimiento del cuadro ambiental, enunciando principalmente factores ecológicos, físico-químicos y biológicos de las Bahías y Lagunas Costeras de la península, presentándolos como una alternativa en la que se debe basar el desarrollo de los maricultivos. Esta importancia se basa esencialmente en que, las diferentes especies cultivables solo pueden desarrollarse óptimamente dentro de rangos de variación de los diferentes parámetros. Entre las variables más importantes están la temperatura y la salinidad (Ballesteros Grijalva, 1975).

Adicionalmente, el estudio de las variables como temperatura y densidad indica muy a menudo fenómenos físicos de advección y difusión en el océano, tales como surgencias, procesos de mezcla, etc. y probablemente no existe otro factor del medio tan importante como estas (Odum, 1971). Entre unas de las importancias que revisten la temperatura y la salinidad para el desarrollo de maricultivos, es que la primera regula la distribución espacial, metabolismo y los ciclos reproductivos de los organismos vegetales y animales que habitan el medio marino, y la segunda juega un papel importante en el proceso osmoregulativo de los mismos.

Otra de las variables de importancia ecológica es la concentración de oxígeno disuelto, con propiedades no conservativas, cuya abundancia y distribución obedecen a los procesos metabólicos de plantas y animales, indicándonos el balance de producción y respiración del cuerpo de agua, del cual dependerá la factibilidad de introducir especies que presionen biológicamente al sistema por consumo de oxígeno. Las altas concentraciones de oxígeno indican condiciones saludables de los cuerpos costeros, ya que bajo la presencia de este se darán reacciones químicas y bioquímicas que no pongan en peligro la salud del ecosistema. Son muy pocas las especies vivientes que pueden vivir bajo la ausencia de este, como es el caso de bacterias anaeróbicas facultativas (Odum, 1972).

Los estudios hidrológicos sobre lagunas y aguas costeras de la región Oeste-Central y Norte del Golfo de California son mínimos, existiendo solo información a nivel Mar de Cortéz, de donde se deriva lo siguiente:

Las corrientes de marea juegan un papel muy importante, son muy fuertes en zonas estrechas, en la costa y pasajes donde se conectan lagunas semicerradas. La velocidad de las corrientes son variables y dependen del período lunar y vientos predominantes, reportándose velocidades mayores a los 3 m/s (Roden, 1959).

González Salazar (Tesis en proceso) y Merino Paredes(1987), llevaron a cabo un estudio en Bahía de San Luis Gonzaga, señalando que este cuerpo de agua es realmente productivo y con un poder de fertilización elevado. El área a estudiar, se encuentra localizada en una franja del Golfo de California donde se presentan eventos muy característicos de fertilidad, como: surgencias, mezcla por amplios rangos de marea (Zeltchel,B., 1969).

Actualmente, a pesar del gran desarrollo oceanográfico, aún existen en nuestro país cuerpos de agua escasamente estudiados, tal es el caso de Ensenada La Gringa,B.C., sin embargo se han realizado algunos trabajos a nivel Bahía de los Angeles,B.C., en diferentes áreas del conocimiento, (Lizarraga Arciniega y Marinone Moscheto,1978, Cabello Passini,1987), pero aún no se tiene la información adecuada del marco ambiental, necesaria para el aprovechamiento de cuerpos costeros, especialmente el maricultivo.

Desde el punto de vista acuacultural, las mareas son esencialmente importantes, ya que contribuyen a la renovación de agua, sedimentos, nutrientes, materia orgánica y bacterias los cuales son reciclados con facilidad, aumentando con esto la fertilidad y productividad del medio, siendo una de las razones por la cual se escogió el periodo donde se registraron las

mayores mareas muertas y vivas, involucrando procesos de mezcla que hacen que el sistema tenga un comportamiento dinámico.

Debido a que en las lagunas costeras existe una gran variabilidad de condiciones ambientales en función del tiempo (ej: corrientes de marea), se da la necesidad de muestrear series de tiempo para obtener un conjunto de datos que nos permita hacer un análisis estadístico más adecuado, ya que Acosta Ruiz et al(1977) hicieron series de tiempo de solo 24 a 26 horas, concluyendo que son muy cortas para ver claramente las tendencias de cambio y la interrelación, y la ventaja de trabajar con series de tiempo es que nos da mayor información, con una secuencia lógica del comportamiento de las variables, definiéndonos periodos de tiempo muy cortos(hasta de horas).

El presente trabajo forma parte de una serie de estudios Interdisciplinarios (nutrientes, productividad, fitoplancton y bacteriología), enfocados a generar la infraestructura básica para el aprovechamiento de cuerpos costeros del Golfo de California, los cuales están planteados en determinar los límites de variación extremos que se presentan en esta zona de estudio, como son las altas temperaturas durante época de verano y las bajas durante el invierno, además de otro factor determinante como son las mareas muertas y vivas, las cuales son significado de alto y bajo tiempo de residencia, respectivamente. Por lo

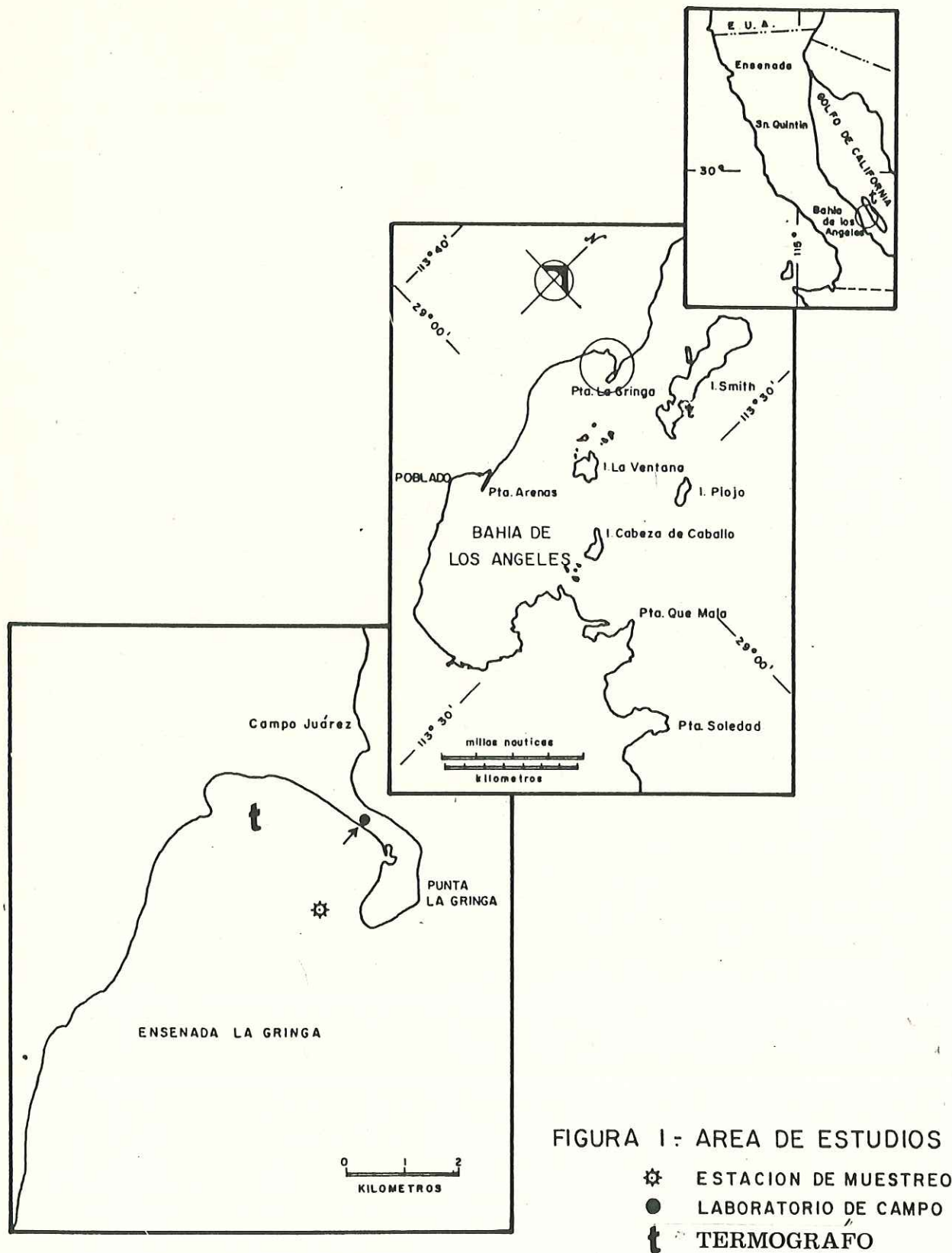
tanto, la presente Investigación solamente cubre un periodo ó condición de verano comprendiendo un periodo de mareas muertas y vivas. Esto nos llevaría a determinar las condiciones hidrológicas básicas para la Introducción de ciertas especies que soporten tales cambios dentro del rango de variación.

2.1.- Objetivo

El objeto de la presente Investigación es conocer la hidrología básica del sistema (temperatura, salinidad, densidad ($\sigma-t$), oxígeno disuelto, solubilidad teórica y porcentaje de saturación), describiendo su variación y explicar las principales causas de la misma durante un periodo de mareas muertas y vivas.

2.2.- Descripción del área de estudio:

Bahía de los Angeles se localiza en la porción Oeste-Central del Golfo de California, costa Este del estado de Baja California Norte, se sitúa entre las latitudes $28-30^{\circ}N$ y $112-114$ de longitud Oeste. Colinda al Oeste con el poblado Punta Prieta y al Este con el Golfo de California y la Isla Angel de la Guarda y otras de menor importancia (Fig.1). Tiene una extensión de 6400



hectareas.

El clima es extremoso desértico con alta irradiación solar durante la mayor parte del año y sequías durante el verano. El periodo de lluvias es durante el invierno y la precipitación anual promedio para la zona es de 10 cm por año, lo cual es relativamente bajo comparado con la boca del Golfo de 50-100 cm/año (basado en datos anteriores de la S.A.R.H.).

En general, el clima y los vientos son variables, caracterizándose los vientos fuertes del Sureste, llamados Toritos (en verano), con velocidades de 3 m/seg. de periodocidad impredecible, además vientos del Norte que también son de consideración durante Junio a Septiembre. La combinación de regímenes de vientos y complicada topografía es lo que juega un papel predominante en la circulación de Bahía de Los Angeles (Roden y Groves, 1959).

La zona se caracteriza por suelo árido, arenoso-pedregoso y abrupto, con un sistema montañoso. Una serie de arroyos desembocan a la Bahía, los cuales descienden de las montañas hacia las planicies. La vegetación está compuesta por plantas características del desierto como Cactáceas, Arbustos, Chaparral, y algunos animales como roedores y reptiles del desierto, que son predominantes.

El área donde se desarrolló la Investigación, se localiza en la parte Norte de Bahía de los Angeles (Fig.1), y se denomina Punta La Gringa ó Campo Juárez. Esta es una Ensenada de forma semicircular constituida de una barra de canto rodado, siendo más fino conforme se aleja de la punta, hasta constituirse en playas arenosas. En particular esta área posee las mismas características descritas a Bahía de los Angeles. Además posee un sistema de marisma el cual se inunda durante las mareas altas.

El conocimiento sobre corrientes marinas en El Golfo de California es mínimo, sin embargo Alvarez Borrego (1973) señala que son influenciadas por vientos, y el principal mecanismo es por corrientes de marea.

El rango de variación de temperatura superficial es de 9 a 32°C para invierno y verano, respectivamente (Antonio Resendiz, comunicación personal).

3.- MATERIALES Y METODOS

Se realizó un muestreo cuasicontinuo en la boca del canal principal de la Ensenada La Gringa (Fig. 1), durante el periodo Del 25 de Agosto al 2 de Septiembre de 1986, utilizándose una embarcación de aproximadamente 5 metros de eslora.

La estrategia de muestreo consistió en realizar una serie de tiempo que comprendió un periodo de mareas muertas y vivas para esta época de verano. La colecta de muestras fué cada 2 horas y a dos niveles en la columna de agua (Superficie y diez metros) durante 8 días.

Se determinó temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Salinidad (ppm), densidad ($\sigma\text{-t}$), oxígeno disuelto (ml/l) el cual se determinó utilizando el método Winkler descrito por Strickland y Parsons (1972), cuyo rango es: 0.0035 - 5.6 ml/l, y la precisión es al nivel de 0.7 ml/l. El valor correcto está en el rango de n determinaciones ó $0.0021/n^{1/2}$ ml/l. Se calculó la solubilidad teórica, que es la solubilidad esperada del oxígeno, dada la temperatura y la salinidad encontradas, y la manera de calcularse es usando las tablas Oceanográficas Internacionales, 1973. Además se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno. Se midieron variables meteorológicas como velocidad y dirección del viento con un

anemómetro portátil Kalshico, modelo 03AM 120 con precisión de 0.5 m/s. La temperatura superficial se midió "in situ", con un termómetro de cubeta con precisión de 0.5 grados centígrados y a 10 metros con termómetros reversibles acoplados a las botellas de muestreo. Se instaló un termógrafo marca Peabody Ryan (Precisión en Rango: 2% ó 6°C y, Tiempo: 2% ó 3 min.\día) con la finalidad de tener una referencia de los procesos que que pueden estar afectando antes, durante y después del muestreo a las variables que se asocian a la onda de marea.

La Salinidad se determinó con un salinómetro Beckman, modelo 118 WA 200 con una precisión de 0.003 ppm.

3.1 Procesamiento de datos

Se desarrolló estadística básica determinándose media, varianza, desviación estandar, mínimo, máximo y coeficiente de variación. Se calcularon los límites de confianza al 95% para las medias. Se obtuvieron los rangos de variación de cada una de las variables hidrológicas durante el periodo muestreado, mareas muertas y vivas. Se graficaron las series de tiempo de las variables hidrológicas y se obtuvieron los espectros de varianza para superficie y fondo.

Para el tratamiento de la serie de tiempo se utilizó un

análisis espectral (Bendat-Piersol, 1971), donde se aplica un algoritmo de la transformada de Fourier, con la finalidad de conocer las componentes de variación de la serie y tratar de explicar dicha variación en función de los posibles factores que afecten a la variable que se analiza.

En este caso particular, el análisis solo considera periodos desde horas en el espectro de variancia, para obtener las componentes diurna y semidiurna. Los espectros de variancia tienen 36 grados de libertad (G.L) y nivel de confianza de 95% donde los grados de libertad se calcularon según Jenkins y Watts (1968) y Otnes y Enochson (1972).

G.L. = $2 \cdot n \cdot (2 \cdot B_e \cdot n)$ donde:

$n = 3$ Número de frecuencias adyacentes tomadas para la estimación promediada del espectro.

$n =$ Número de datos

$B_e =$ ancho de banda de la estimación del espectro, que es lo mismo que n/n .

La densidad se calculó por medio de un algoritmo de Millero

y Polsson (1981), en la Prime-400 del centro de calculo del CICESE.

El porcentaje de Saturación de Oxígeno (ml/l), se determinó utilizando la siguiente formula:

$$\text{PORCIENTO DE SATURACION} = \frac{O_2}{O_2^s} \times 100$$

donde O_2 representa la concentración del oxígeno disuelto medido y O_2^s es el valor de la solubilidad del oxígeno en función de la temperatura y salinidad medidos, que se obtuvieron utilizando las Tablas de la Comisión (Tablas Oceanográficas Internacionales, 1973).

La onda de marea fué obtenida de las predicciones del grupo de Mareografía del CICESE, referida al nivel de bajamar medio inferior (NBMI).

4.- RESULTADOS DE LAS SERIES DE TIEMPO

Onda de marea

Aunque esta variable no fué determinada en el campo, es necesario incluir y describir la marea predicha para enmarcar al fenómeno desde el punto de vista dinámico.

La serie de tiempo de la onda de marea mostró la secuencia de mareas muertas y vivas, con un comportamiento diurno y semidiurno (fig. 2). La máxima amplitud para mareas vivas fué de 2.3 m, aprox. y para mareas muertas se reduce a la mitad (1.68 m), esto en términos de cantidad de agua determina un mayor volumen de agua movido por unidad de tiempo (días) en mareas vivas que en muertas.

Descripción del viento

El comportamiento de la velocidad y dirección del viento durante el periodo muestreado, presentó durante marea muerta vientos aislados y de poca intensidad (fig. 3) ($\bar{X} = 3.0$ m/s), los cuales se intensificaron hasta tomar valores máximos en un periodo donde se rompe la estratificación de las variables, donde la componente principal fué SE, posteriormente declinan y luego

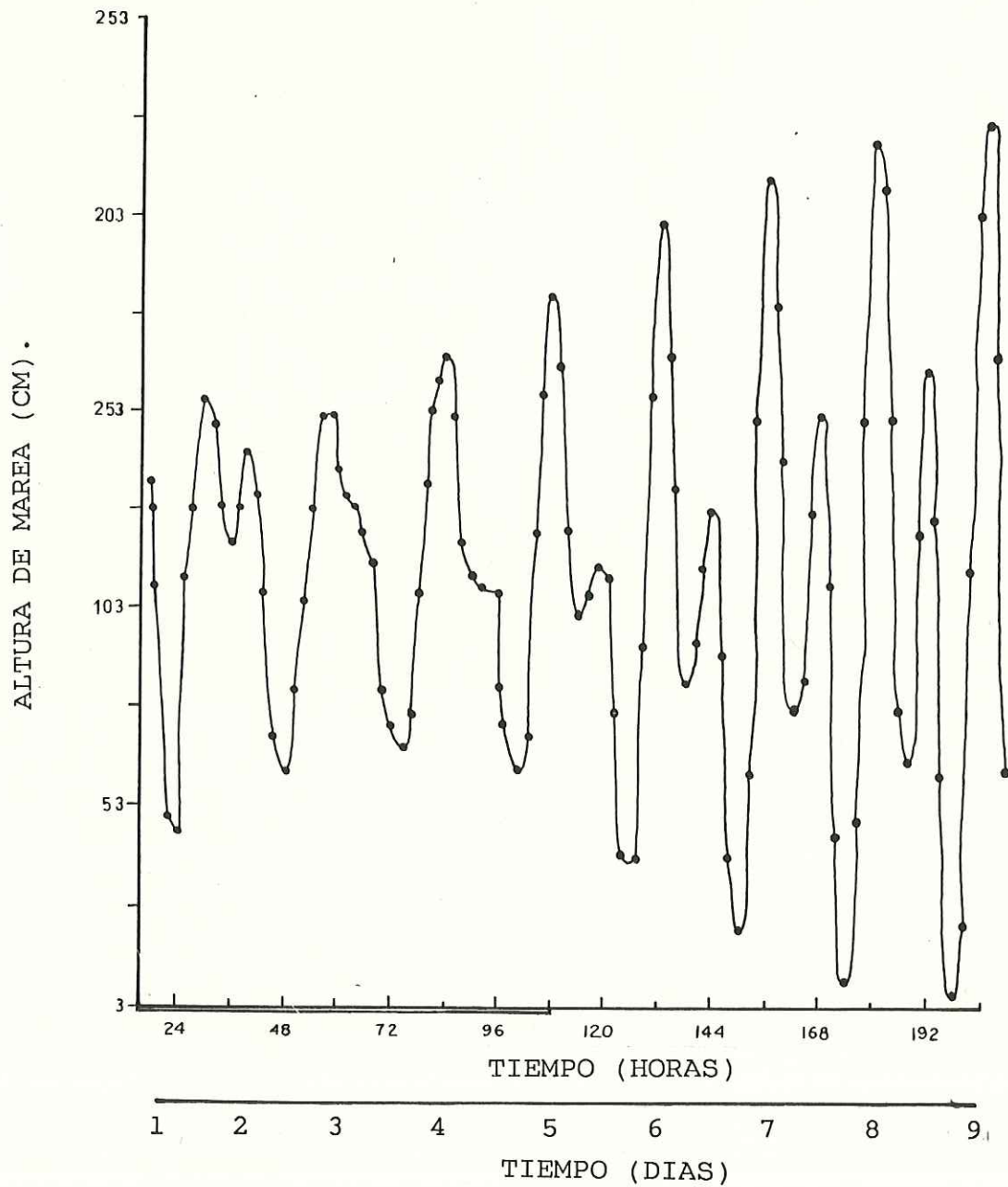


Fig. 2.- Altura de la marea predicha para Ensenada La Gringa, B.C. en el muestreo de verano (25 Agosto al 2 de Septiembre, 1986), referida al nivel medio de bajamar inferior (NMBI).

En la abscisa los números marcan las medias noches.

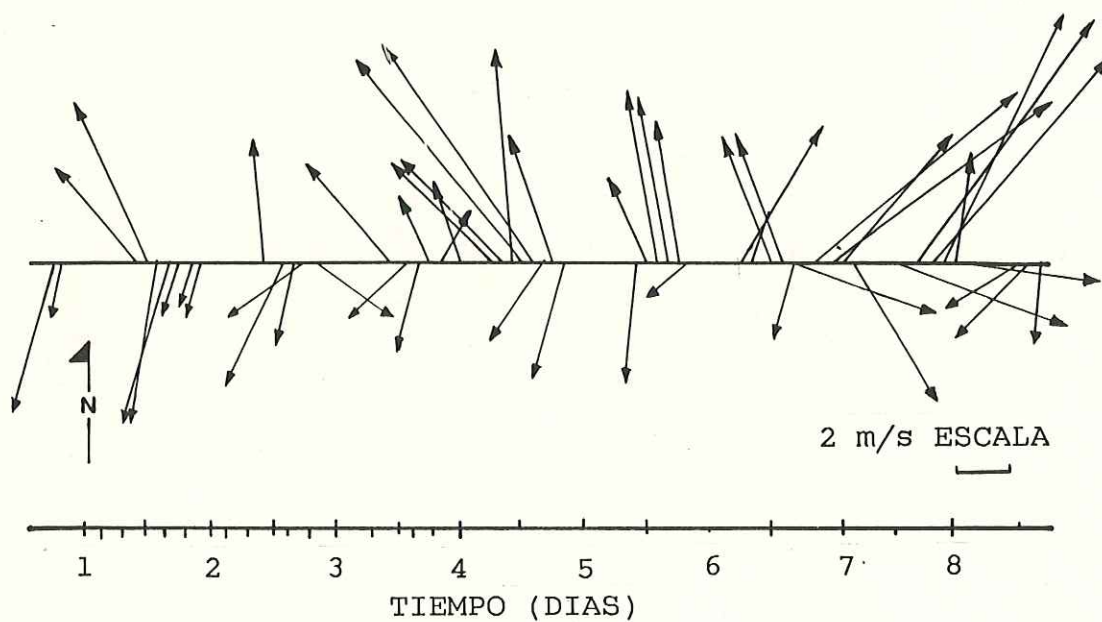


Fig 3.- Variación de la velocidad y dirección del viento en Ensenada La Gringa, B.C. durante el muestreo de verano (25 Agosto al 2 de Septiembre, 1986).

En la abscisa los números marcan las medias noches.

se presenta una intensificación durante las mareas vivas, predominantemente del SW (11 m/s), para finalmente disminuir con periodos aislados al final del muestreo.

Temperatura

El comportamiento de la temperatura superficial y a 10 m, describe en general para ambos niveles una onda de largo periodo con valores que se incrementan a partir de la marea muerta (fig. 4), donde se presenta una marcada termoclina (valores puntuales de 28.7°C a las 10:00 horas del segundo día de muestreo para superficie, y 26.3 °C a las 04:00 horas del segundo día de muestreo para fondo), posteriormente se pasa a un periodo de transición donde la termoclina se rompe, alcanzando los máximos valores en superficie y 10 m (valores puntuales de 29.9°C y 29.4 °C respectivamente), luego para ambos niveles las temperaturas declinan al final del periodo muestreado.

En el comportamiento de temperatura respecto a la onda de marea el desfase es cero, con correlación de .97 (para superficie). Todas las demás variables, tanto de superficie como 10 m presentan valores estadísticamente insignificantes.

El comportamiento de la temperatura ocho días antes del muestreo (fig. 7a), nos sugiere pensar que está presente un

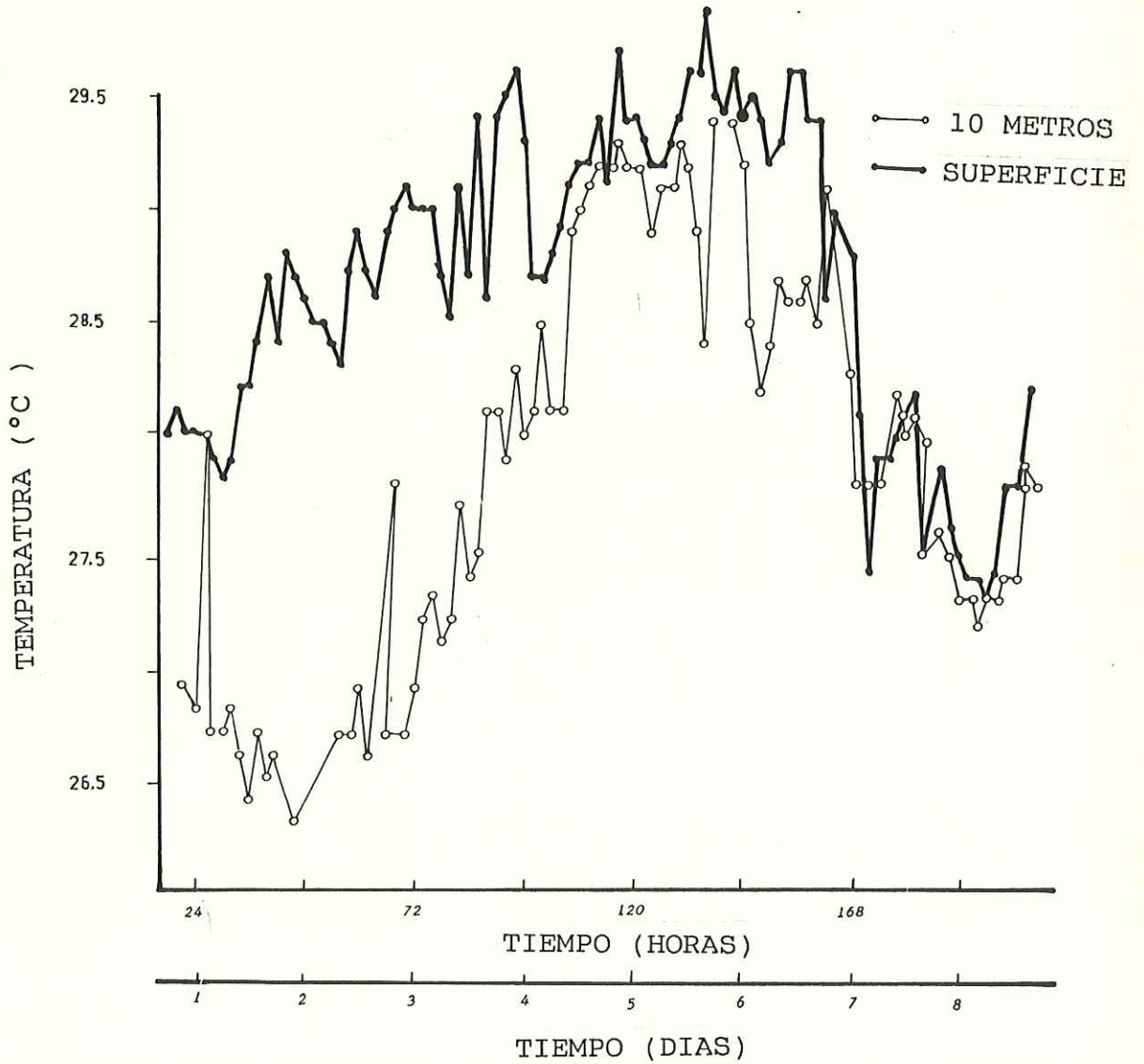


Fig. 4.- Serie de tiempo de temperatura superficial y 10 m, durante el muestreo de verano en Ensenada La Gringa, B.C. de 25 de Agosto al 2 Septiembre, 1986.

En la abscisa los números marcan las medias noches.

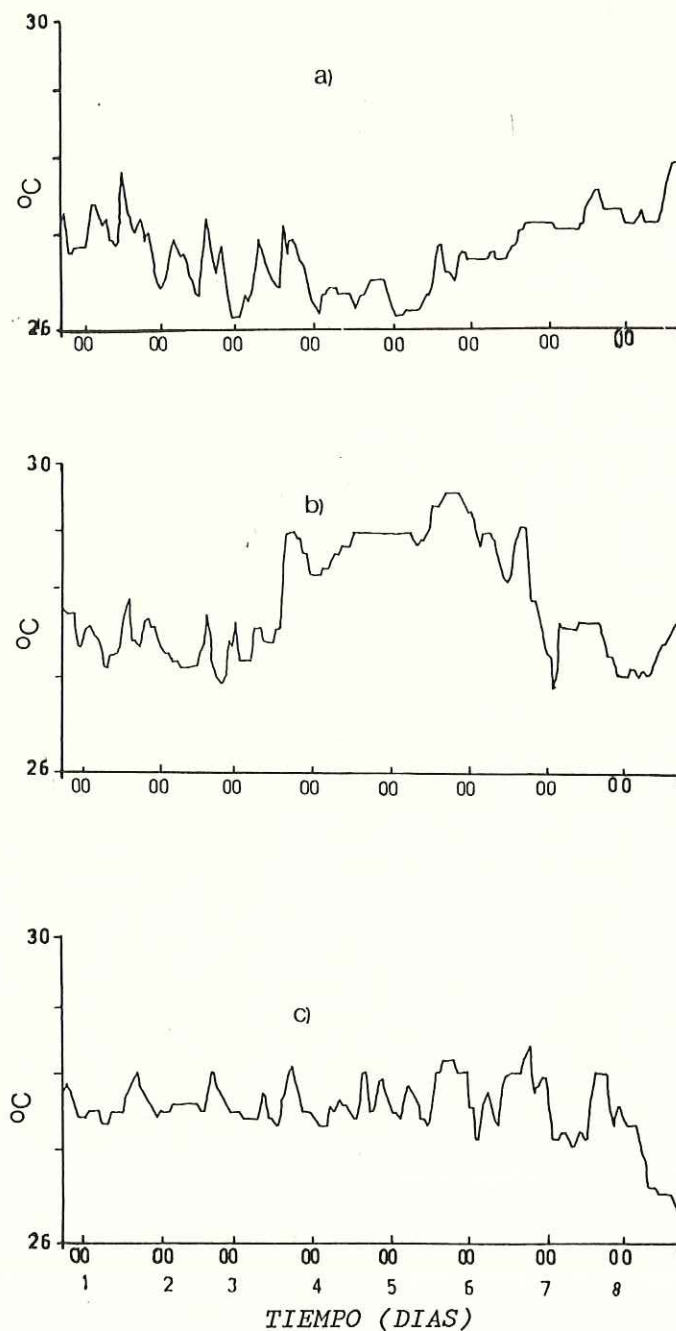


Fig. 7.- Serie de tiempo de Temperatura registrada con el termógrafo.

a).- 8 DIAS ANTES DEL MUESTREO b).- 8 DIAS EN EL PERIODO MUESTREADO c).- 8 DIAS DESPUES DEL MUESTREO En la abscisa los números marcan las medias noches.

periodo de marea muerta al inicio del registro, donde hay variación de la temperatura con tendencia a aumentar, y a partir del sexto día hay un incremento de la temperatura (valor puntual de 28.5°C), tendiendo a ser periódico su comportamiento si se sigue la secuencia de las graficas que aquí se presentan.

La temperatura registrada con el termógrafo de registro continuo (fig. 7b) (periodo de trabajo), muestra un comportamiento relativamente similar al del termómetro reversible a 10 m, donde se aprecia lo siguiente: bajas temperaturas en marea muerta ($\bar{x}=27.5^{\circ}\text{C}$), pero con tendencia a aumentar rapidamente, alcanzando un máximo en marea viva ($\bar{x}=28.5^{\circ}\text{C}$) y su posterior disminución al final del registro ($\bar{x}=27.5^{\circ}\text{C}$).

Respecto al comportamiento de temperatura ocho días después del muestreo (fig. 7c), en los primeros cinco días se mantiene relativamente constante en un rango de $27.5^{\circ}\text{C} - 28.0^{\circ}\text{C}$, aunque con variación, lo que podría pensar que es un periodo de poca irradiación, pero horas antes de comenzar el sexto día se observa un aumento de temperatura (28.2°C), para en las últimas horas disminuir, tendiendo a ser periódico su comportamiento.

SALINIDAD

En el comportamiento de la salinidad superficial y 10 m , se observa en general para ambos niveles una tendencia de comportamiento asociado a la variación de mareas muertas y vivas, con ligeros incrementos durante las mareas muertas (fig. 5), luego una posterior disminución para luego incrementarse ligeramente en ambos niveles durante el periodo de mareas vivas. La haloclina no es tan evidente durante las mareas muertas, donde se observan valores de superficie y 10 m de 35.338 y 35.267 ppm respectivamente, más sin embargo el rompimiento de la misma si está bien definida al inicio y durante marea viva, con una columna homogénea con salinidades de 35.8 ppm para superficie y de 35.7 ppm en 10 m, aproximadamente.

Densidad (Sigma-t)

En la serie de tiempo de sigma-t superficial y 10 m , se observa en ambos niveles un comportamiento inverso al descrito para temperatura (fig. 6). Durante el periodo de mareas muertas se presentan las mayores densidades, además una marcada pycnoclina entre superficie y 10 m (valores puntuales de 22.14 a las 22:00 horas del tercer día de muestreo, y 23.27 a las 22:00 horas de segundo día de muestreo), posteriormente disminuyen gradualmente hasta valores muy similares (valores puntuales de 22.385 a las 08:00 horas del tercer día de muestreo para superficie y 22.484 a las 04:00 horas del tercer día de muestreo

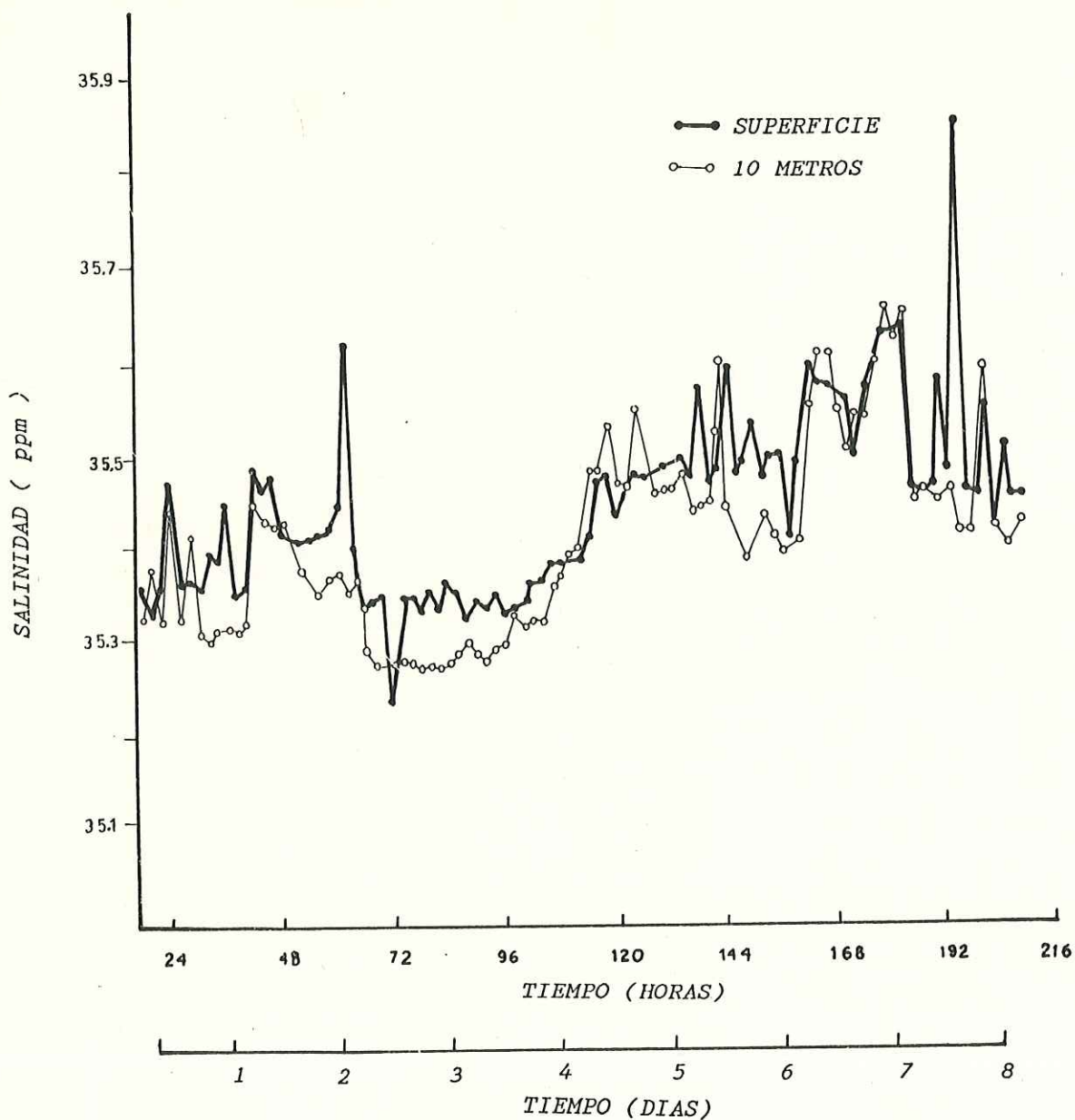


Fig. 5.- Serie de tiempo de salinidad superficial y 10 m, durante el muestreo de verano en Ensenada La Gringa, B.C. del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

En la abscisa los números marcan las medias noches.

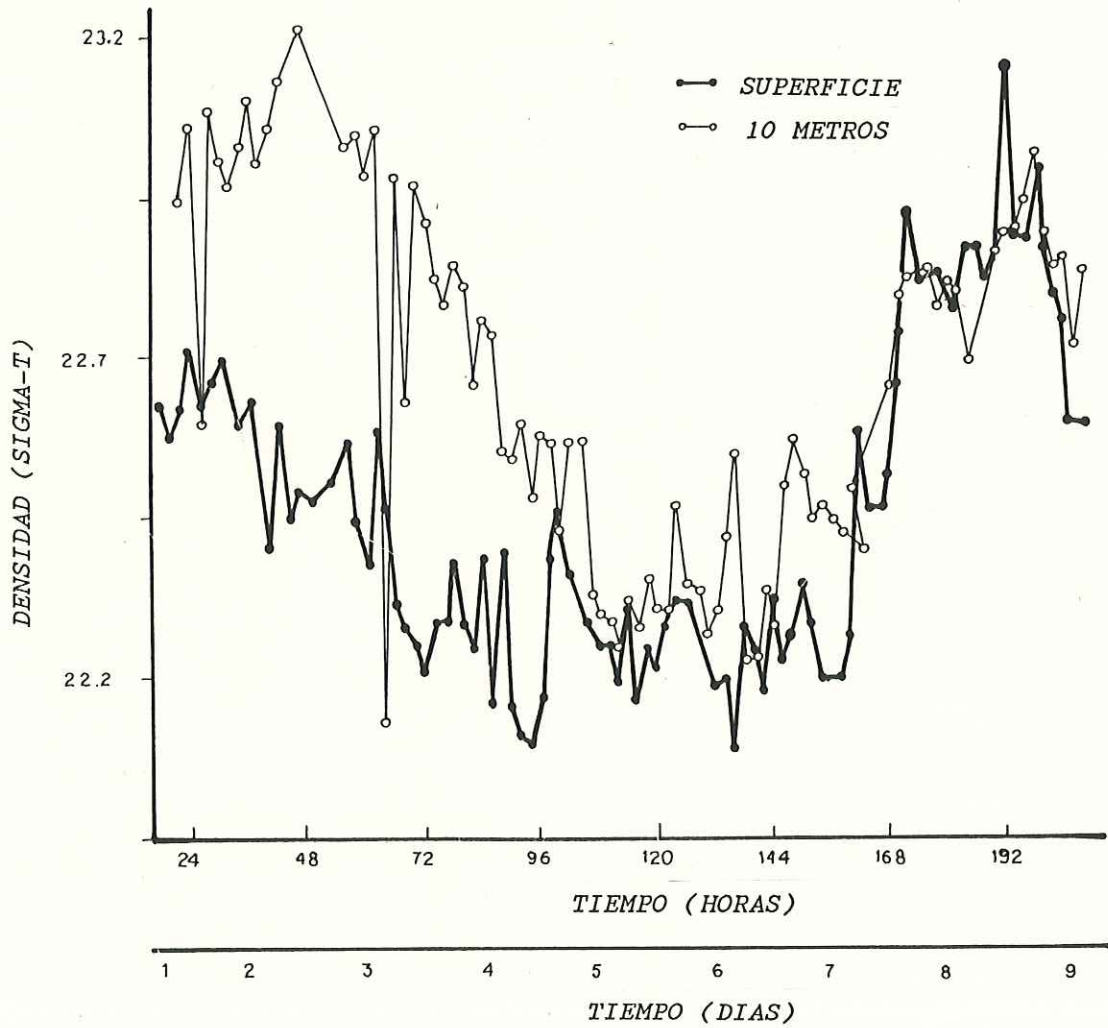


Fig. 6.- Serie de tiempo de Densidad ($\sigma-t$) superficial y 10 m durante el muestreo de verano en Ensenada La Gringa, B.C., del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

En la abscisa los números marcan las medias noches.

para 10 m), y luego se presenta un incremento paralelo de mareas vivas, con el consiguiente rompimiento de la pycnoclina (valores puntuales de 23.0 a las 02:00 horas del octavo día para superficie y 23.05 a las 08:00 horas del octavo día para 10 m).

Oxígeno

El comportamiento del oxígeno disuelto superficial y 10 m, al igual que las variables anteriormente descritas presenta una marcada estratificación durante mareas muertas (fig. 8), donde los valores puntuales de oxígeno superficial y 10 m son de 5.44 ml/l a las 22:00 horas del primer día de muestreo y 3.5 ml/l a las 22:00 horas del segundo día de muestreo, respectivamente. Después se observa una homogenización de los valores al cuarto día de muestreo, posteriormente tienden a decrecer conjuntamente durante las mareas vivas. El oxígeno superficial se mantiene relativamente constante durante la mayor parte del periodo de muestreo, sin embargo el oxígeno de 10 m presenta una mayor variación, principalmente en mareas muertas. Además es notorio las altas concentraciones de 10 m, alcanzando valores puntuales de 5.5 ml/l a las 16:00 horas del cuarto día de muestreo.

Al final del muestreo, existe una disminución muy marcada de oxígeno disuelto (4.0 ml/l). Las concentraciones de oxígeno

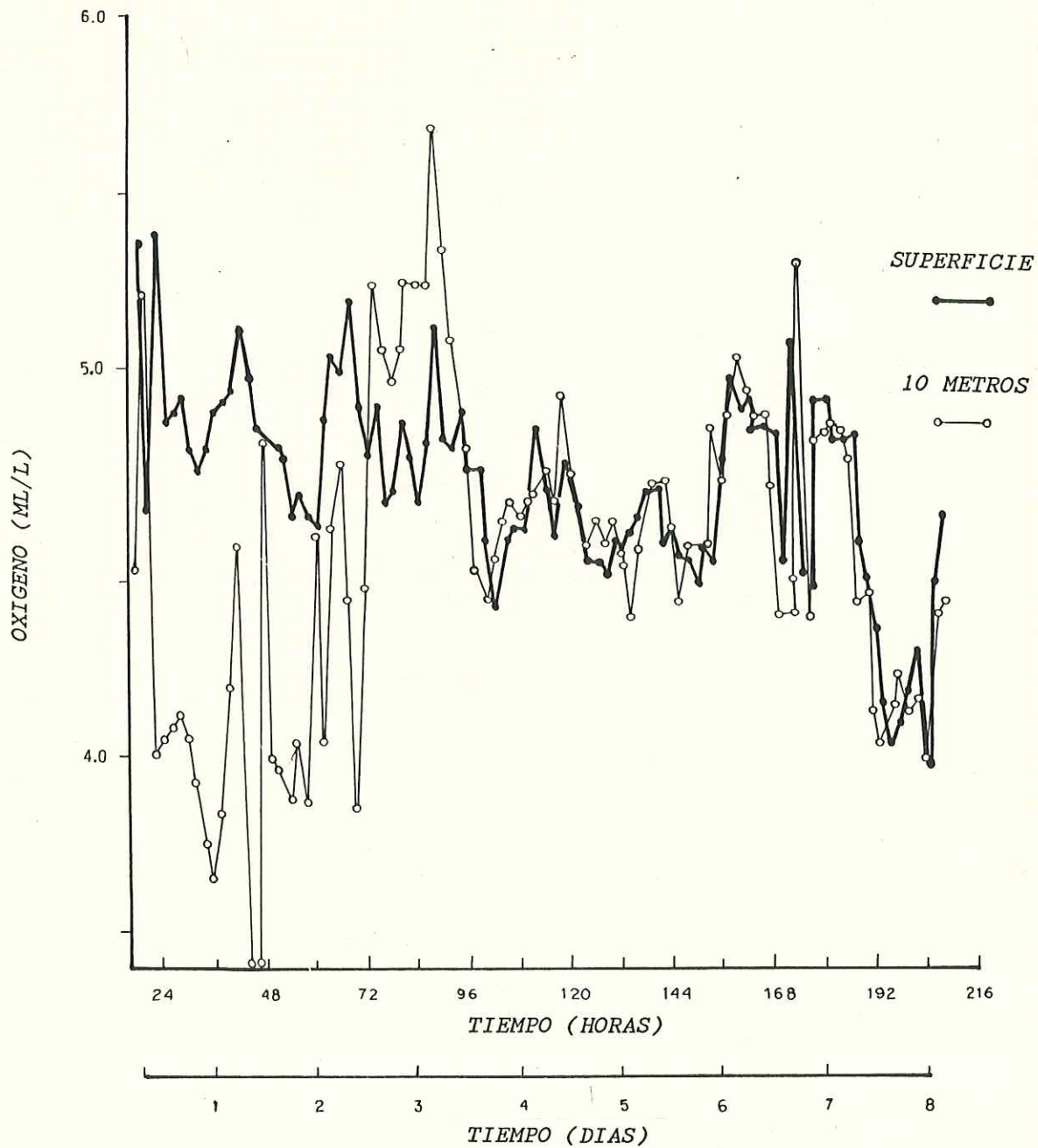


Fig. 8.- Serie de tiempo de oxígeno superficial y 10 m, durante el muestreo de verano en Ensenada La Gringa, B.C., del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

En la abscisa los números marcan las medias noches.

disuelto tienden a aumentar en las horas de mediodía.

Solubilidad teórica del oxígeno

La serie completa de solubilidad teórica del oxígeno, muestra un comportamiento diferente al del oxígeno disuelto (fig. 9). En las primeras horas del registro se presenta la mayor solubilidad teórica de toda la serie en ambos casos (superficie y 10 m), para posteriormente disminuir a valores mínimos y homogéneos en ambos niveles, para luego incrementarse ligeramente durante las mareas vivas. Durante la marea muerta está muy diferenciada la capa no-mezclada, donde se presentan valores puntuales de 4.4 ml/l a las 14:00 horas del segundo día de muestreo y 4.7 ml/l a las 12:00 horas del primer día de muestreo, de superficie y 10 m, respectivamente. Los valores puntuales en el periodo de mezcla son 4.38 ml/l a las 16:00 horas del cuarto día de muestreo y 4.5 ml/l a las 16:00 horas del sexto día de muestreo, de superficie y 10 m, respectivamente. Los valores al final del muestreo durante mareas vivas de superficie y 10 m son de 4.47 ml/l y 4.57 ml/l en ambos casos a las 16:00 horas, respectivamente.

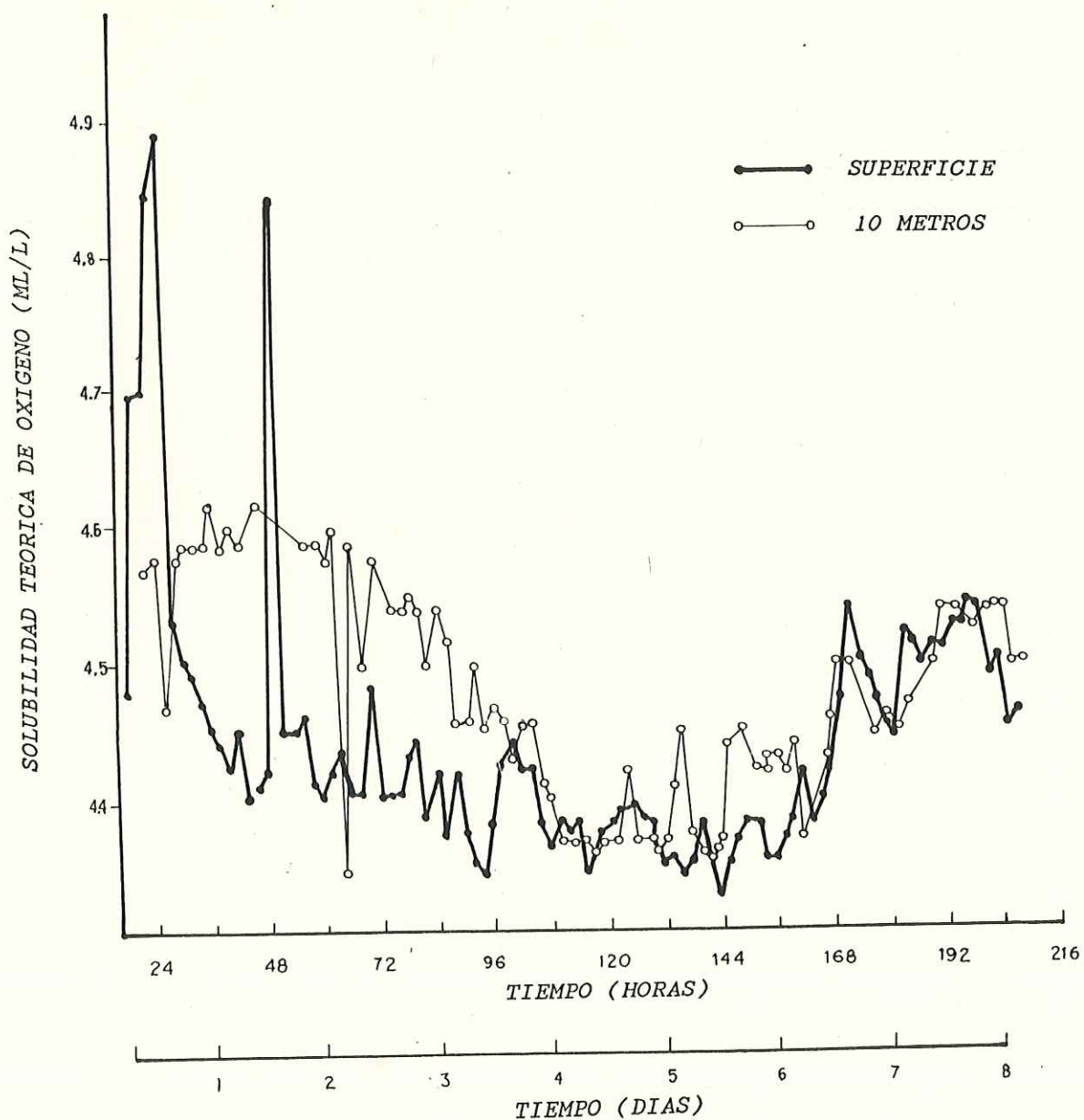


Fig. 9.- Serie de tiempo de Solubilidad teórica de oxígeno superficial y 10 m, durante el muestreo de verano en Ensenada La Gringa, B.C., del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

En la abscisa los números marcan las medias noches.

Porcentaje de Saturación

El comportamiento del porcentaje de saturación superficial y 10 m, describe un comportamiento muy similar al de oxígeno disuelto (fig. 10) con sus variaciones intermedias pero tendiendo a aumentar en los primeros tres días y subsecuentemente a disminuir en los tres últimos. Presenta una estratificación muy marcada durante mareas muertas, donde la saturación de oxígeno superficial y 10 m son de 121 y 75 por ciento, respectivamente. Después se observa una homogenización de los valores, y como producto de la mezcla tenemos 115 y 104 por ciento para superficie y 10 m, respectivamente, posteriormente tiende a decrecer conjuntamente durante marea viva.

El comportamiento del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto superficial se mantiene sobresaturado en la mayor parte del periodo muestreado, sin embargo para fondo se da una subsaturación en marea muerta. Son notorios los valores de sobresaturación al nivel de 10 m, al término de la marea muerta dicha sobresaturación excede a la de superficie.

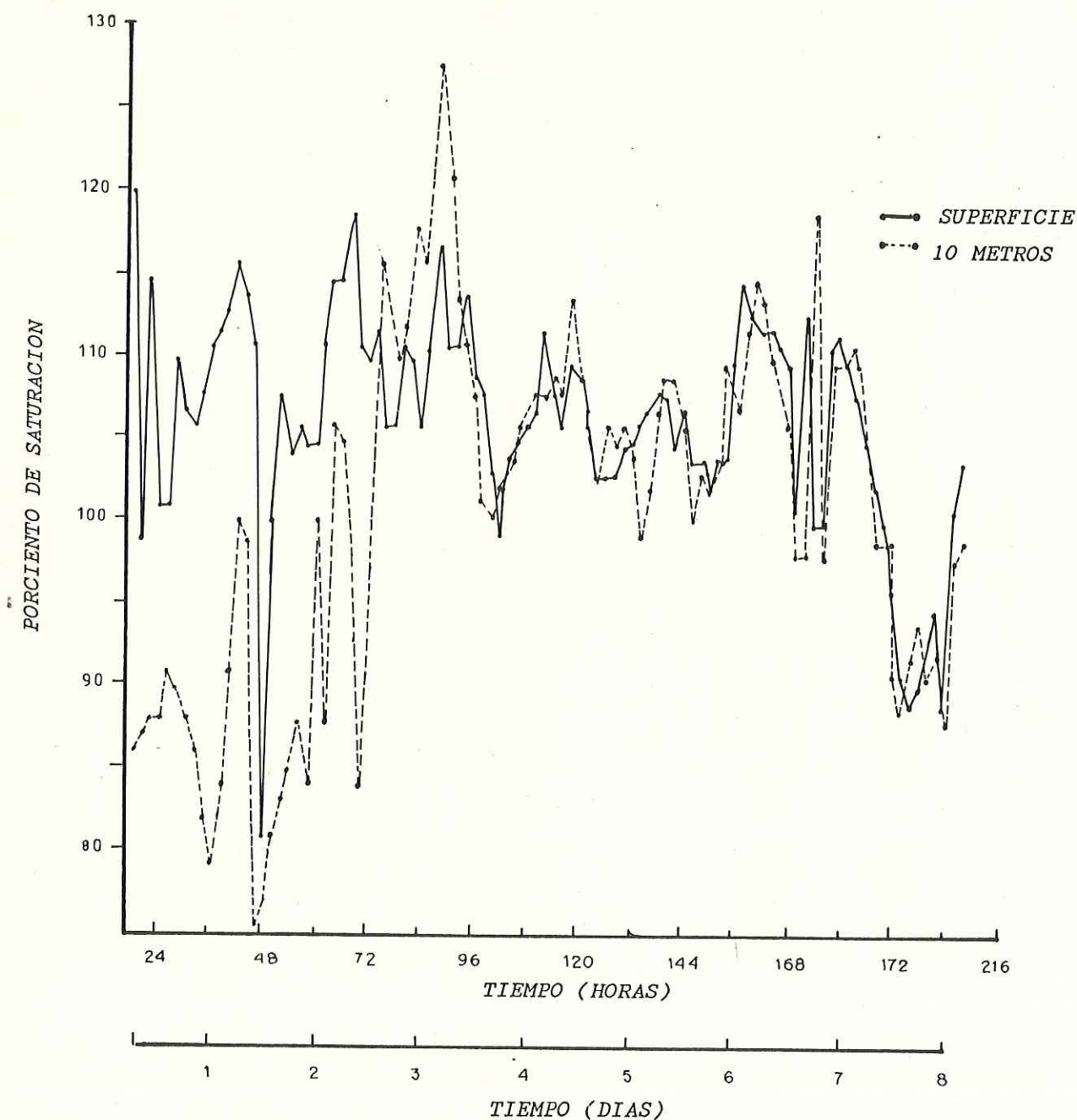


Fig. 10.- Serie de tiempo de porcentaje de saturación superficial y 10 metros, durante el muestreo de verano en Ensenada La Gringa, B.C., del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

En la abscisa los números marcan las medias noches.

Estadística general de variables hidrológicas

La tabla I (a, b, c) presenta la estadística general y rangos de variación de los datos hidrológicos para superficie y 10 m, durante toda la serie, marea muerta y marea viva, respectivamente.

Respecto a toda la serie (tabla Ia), se observaron mayores valores promedio superficiales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación, y mayores para 10 m de densidad ($\sigma-t$) y solubilidad teórica, observándose en general una columna de agua teóricamente normal. Respecto a los coeficientes de variación para cada variable, se presenta que para 10 m son mayores que superficie.

En las tablas Ib y Ic se presenta en general el mismo patrón descrito con anterioridad, la excepción son las mayores salinidades **SUPERFICIALES** durante marea **MUERTA** (Tabla Ib) y para marea **VIVA** los valores de esta variable tienden a comportarse similarmente (tabla Ic).

Con respecto a los coeficientes de variación, durante mareas muertas, todas las variables presentan mayores coeficientes a 10 m que en superficie, a excepción de la salinidad (Tabla Ib). Respecto a las mareas vivas, los mayores coeficientes de

variación lo presentaron las variables relacionadas con el oxígeno para 10 m (Tabla 1c).

Comparando la variación entre marea muerta y viva con sus respectivos niveles (superficie y 10 m), se observan mayores coeficientes de variación en superficie durante mareas vivas, para temperatura, densidad ($\sigma-t_9$, oxígeno disuelto, solubilidad teórica y porcentaje de saturación y durante mareas muertas son mayores para los 10 m el oxígeno, solubilidad del oxígeno y porcentaje de saturación (Tabla 1(b y c)).

Las Figuras 11 y 12 muestran el análisis comparativo por medio del intervalo de confianza al 95% de las diferentes variables hidrológicas. Respecto a la serie completa donde se incluyen marea muerta y viva, no se presentan diferencias entre superficie y 10 m en todas las variables. Sin embargo, en el análisis por periodos, sí se presenta para mareas muertas, estableciéndose bien marcado para la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación, que son menores a 10 m, a excepción de la densidad y solubilidad teórica. Para mareas vivas no se establecen diferencias para ninguna variable entre superficie y 10 m.

Ia)

VARIABLE	\bar{x}	s	s^2	C.V.	MIN	MAX
T°C	S 28.7	.67	.82	2.3	27.3	29.9
	F 27.9	.94	.97	3.4	26.3	29.5
S ‰	35.43	.094	.30	.26	35.22	35.83
	33.40	.096	.31	.27	35.26	35.64
Sigma-T	22.51	.24	.50	1.06	22.13	23.21
	22.75	.28	.53	1.23	22.18	23.27
Oxígeno	4.75	.26	.509	5.5	4.01	5.41
	4.58	.45	.67	10.0	3.46	5.74
Solubilidad	4.43	.049	.72	1.10	4.35	4.54
	4.50	.072	.27	1.6	4.35	4.65
% Satur.	107	6.1	2.49	5.7	89	121
	102	11	3.3	11	75	128

Ib)

VARIABLE	\bar{x}	s	s^2	C.V.	MIN	MAX
T°C	S 28.6	.46	.68	1.6	27.8	29.6
	F 27.1	.70	.83	2.6	26.3	29.5
S ‰	35.37	.06	.25	.2	35.22	35.60
	35.32	.05	.24	.14	35.26	35.46
Sigma-T	22.48	.17	.41	.8	22.14	22.76
	23.0	.23	.49	1.0	22.18	23.27
Oxígeno	4.91	.19	.43	4.0	4.6	5.44
	4.49	.6	.77	13.4	3.5	5.74
Solubilidad	4.44	.035	.19	1.0	4.4	4.5
	4.6	.059	.24	1.3	4.35	4.7
% Satur.	110	4.16	2.04	4.0	105	121
	98.6	14	4.0	14.2	75	128

Ic)

VARIABLE	\bar{x}	s	s^2	C.V.	MIN	MAX
T°C	S 28.7	.8	1.0	3.0	27.3	29.9
	F 28.4	.7	1.0	2.5	27.2	29.4
S ‰	35.50	.08	.30	.2	35.30	35.80
	35.50	.09	.30	.25	35.30	35.70
Sigma-T	22.54	.28	.53	1.2	22.13	23.05
	22.62	.23	.5	1.0	22.20	23.0
Oxígeno	4.64	.25	.5	5.4	4.0	5.1
	4.64	.3	.52	6.5	4.0	5.4
Solubil.	4.43	.06	.24	1.35	4.35	4.54
	4.5	.05	.23	1.1	4.40	4.50
% Satur.	107	6.1	2.48	5.7	89	115
	104	7.0	3.0	6.7	80	120

TABLA I.-Valores estadísticos y el rango de variación de las variables hidrológicas.

Ia).- SERIE COMPLETA Ib).- MAREA MUERTA Ic).- MAREA VIVA

S= SUPERFICIE F= 10 METROS

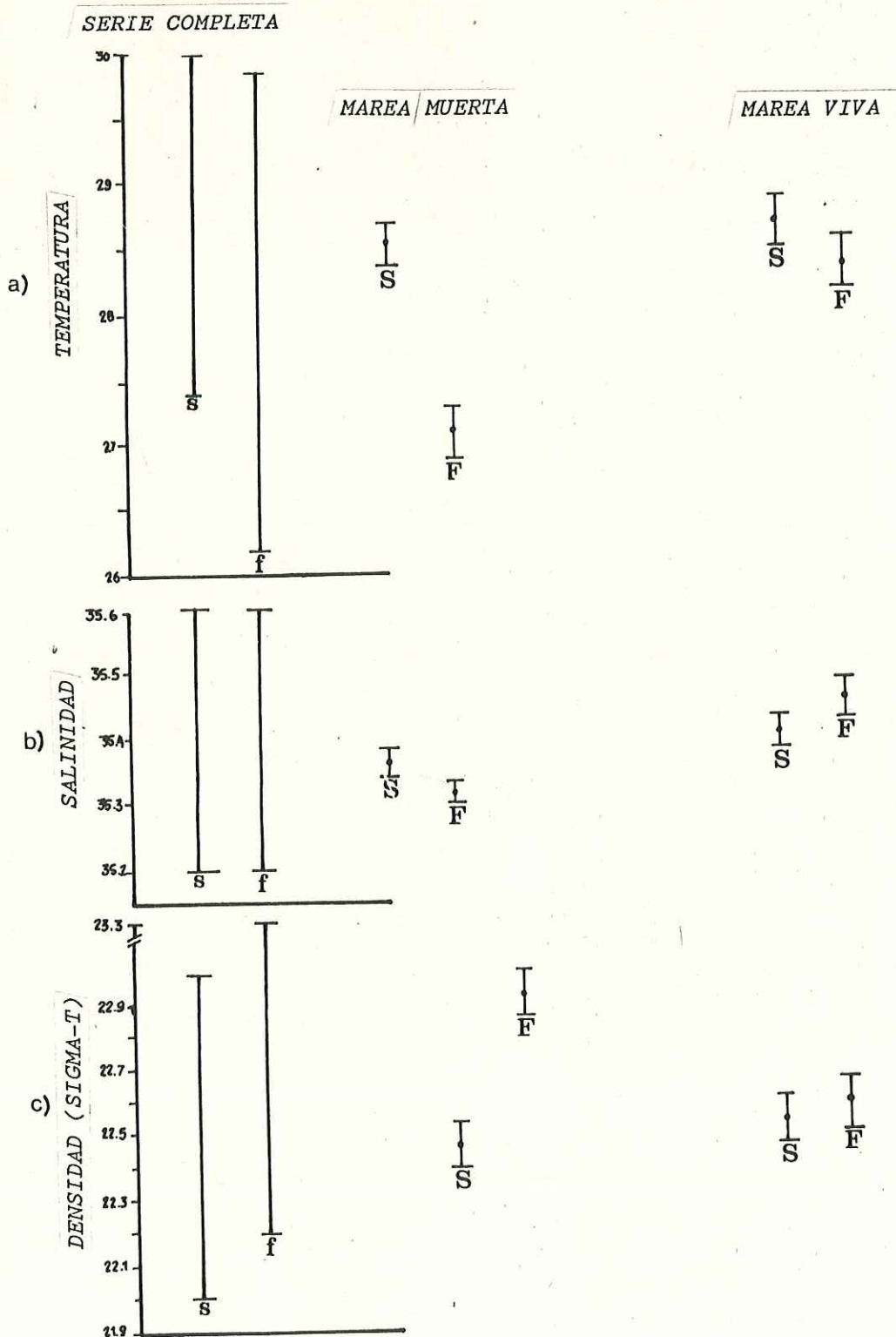


Fig. 11.- Analisis comparativo por medio del intervalo de confianza al 95 % de: a).- Temperatura b).- Salinidad c).- Densidad (sigma-t), en serie completa, marea muerta y marea viva.

S= SUPERFICIE F= 10 METROS

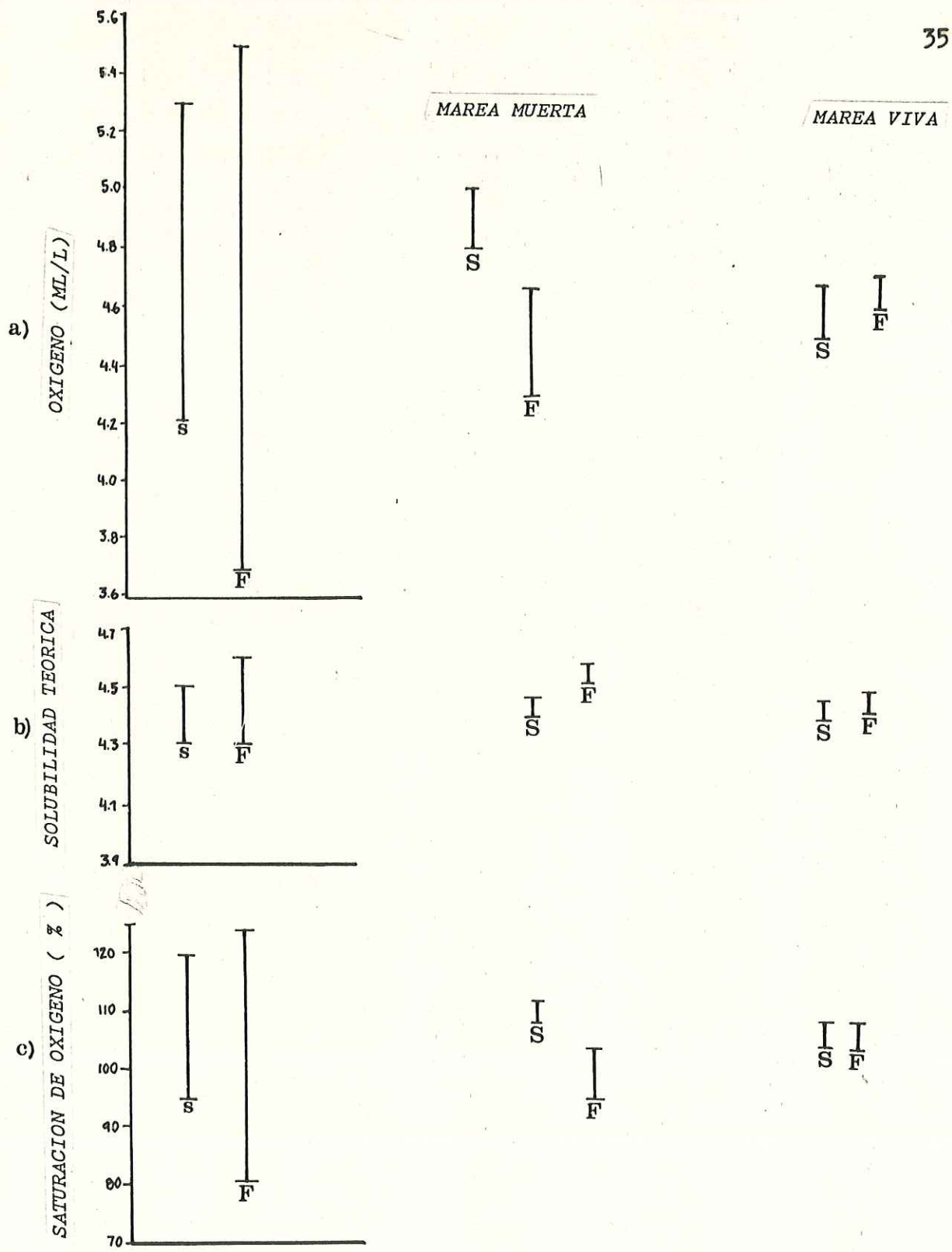


Fig. 12.- Analisis comparativo por medio del intervalo de confianza al 95 % de: a).- Oxígeno b).- Solubilidad teórica y c).- porcentaje de Saturación, en serie completa, marea muerta y marea viva.

S= SUPERFICIE F= 10 METROS

Análisis Espectral

Respecto al análisis espectral, la componente diurna se presenta con mayor frecuencia para las variables de 10 m (fig. 14), como son: temperatura, solubilidad teórica, salinidad y densidad ($\sigma-t$), aunque no hay diferencias significativas estadísticamente,

Con respecto a los espectros de variancia de las variables superficiales (fig.13), la mayoría presentaron una componente de variación semidiurna, aunque respecto al intervalo de confianza no existen diferencias significativas, sin embargo el oxígeno disuelto sí es significativamente diferente de las componentes de mayor frecuencia.

La marea presenta componentes de variación diurna y semidiurna (fig.15).

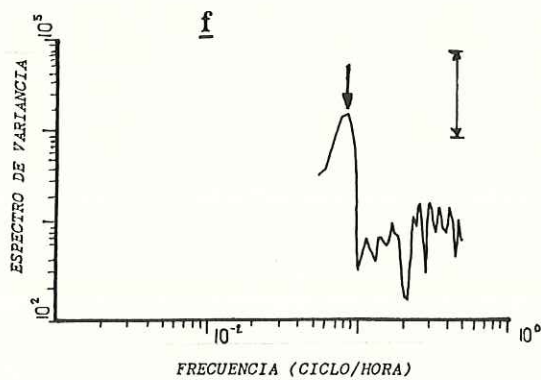
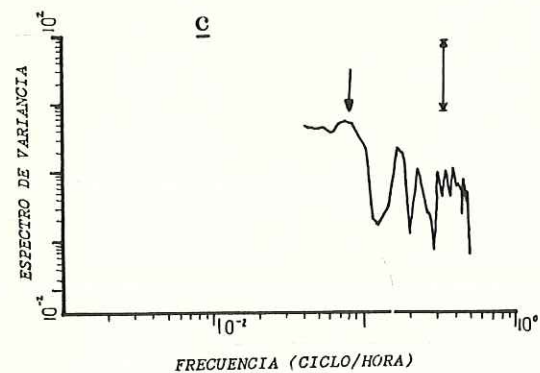
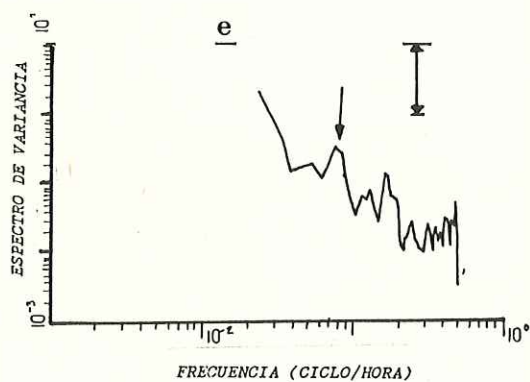
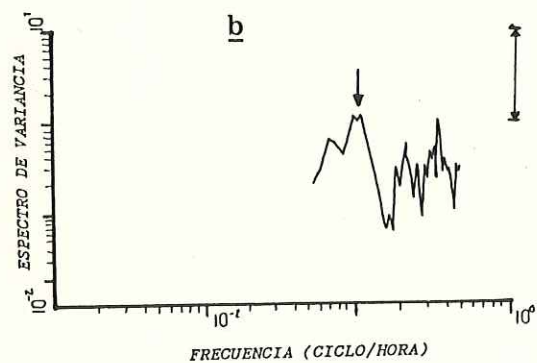
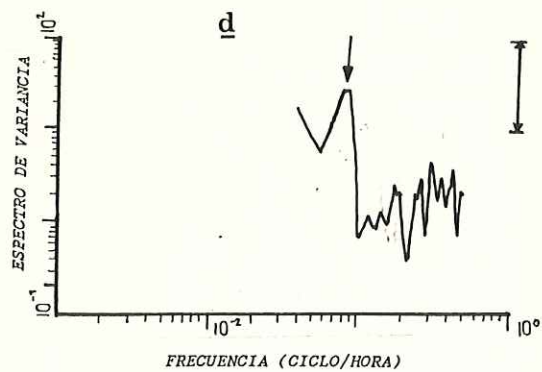
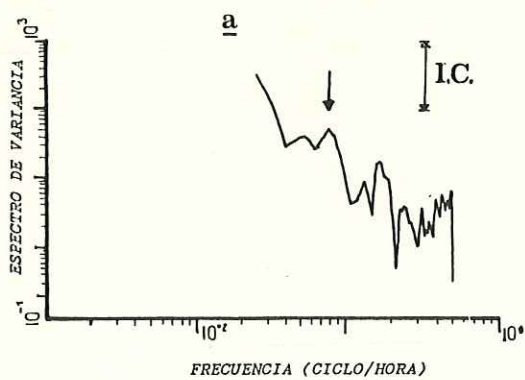


Fig. 13.- Espectros de variancia para la Serie Superficial, del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

a).- Temperatura b).- Salinidad c).- Densidad (σ -t) d).- Oxígeno e).- Solubilidad teórica f).- porcentaje de saturación

I.C. = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95 %

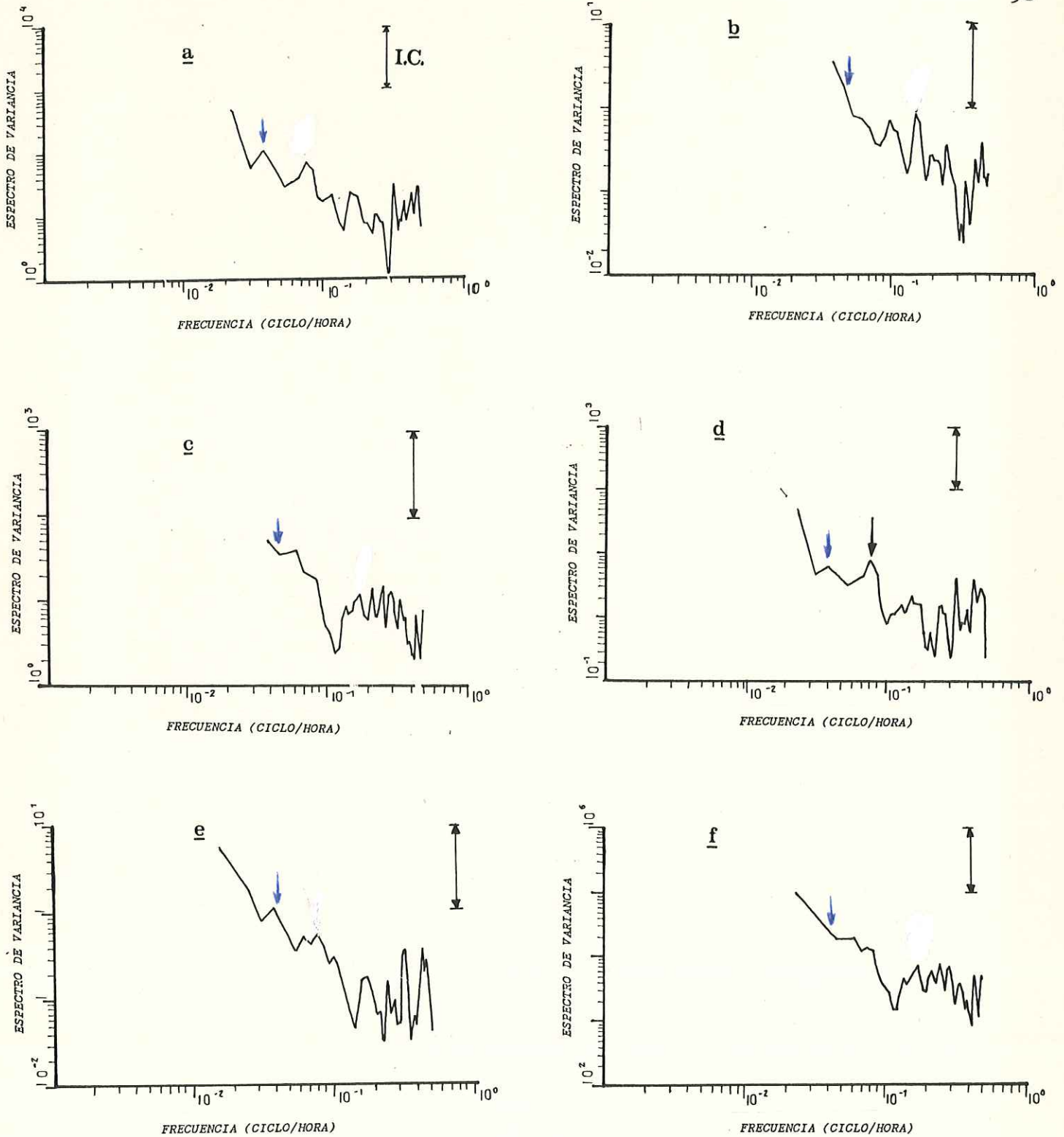


Fig. 14.- Espectros de variancia para la serie completa de 10 metros, del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

a).- Temperatura b).- Salinidad c).- Densidad (σ_t) d).- Oxígeno e).- Solubilidad teórica f).- Porcentaje de saturación.

I.C. = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95 %

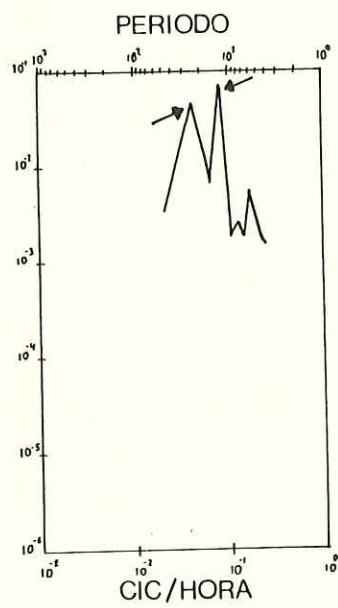


Fig. 15.- Espectro de variancia para la marea, del 25 Agosto al 2 Septiembre, 1986.

5.- DISCUSIONES

La altura de la marea predicha es baja en los primeros días de muestreo, significado de un intercambio de agua menor con flujo y refluo durante marea muerta, donde las corrientes de marea y la mezcla inducida por estas es menor, originando una columna de agua relativamente estática que se logra apreciar en la mayor parte de las variables hidrológicas.

El tiempo de residencia del agua en marea muerta es relativamente alto en Bahía La Gringa (2-3 días), y los días que le preceden a éste periodo hay una disminución del mismo, pues según Amador Buenrostro (comunicación personal), este tiempo de residencia corto se debe a la combinación de corrientes de marea y al régimen de vientos fuertes en esta época de verano. Estos últimos fueron de consideración a partir del inicio del periodo de mareas vivas.

Respecto a la temperatura, se presenta un comportamiento de onda larga en superficie y 10 m (marea muerta y viva), esto puede deberse a la alternancia de mareas y a la influencia de los vientos, que ocurren en los días muestreados, afectando de igual manera a esta variable en ambos niveles.

Este comportamiento de largo periodo con tendencias de

cambio fué reportado por Castro Montoya (1988) para ésta misma Bahía y periodo de estudio, con series de tiempo de nutrientes, mostrando la tendencia de variación similar.

En marea muerta se dan condiciones de menor mezcla propicias para que se forme la termoclina, aumentando la temperatura en ambos niveles con un mismo comportamiento, aunque la superficial es mayor, dado la irradiación solar más directa. Posteriormente ésta termoclina se rompe, debido a factores físicos y ambientales que influyen en superficie y 10 m, como puede ser mezcla inducida por mareas y vientos, los cuales se presentaron con mayor magnitud en este periodo, propiciando una mezcla de la columna de agua con un ligero aumento de temperatura, tanto de superficie como de 10 m, de 1.4°C y 3.1°C , respectivamente. Este aumento de temperatura puede deberse a que sea agua caliente subsuperficial de la parte interna de Bahía de Los Angeles, que al incrementarse la velocidad del viento y la amplitud de la marea ha sido transportada y mezclada, dando como consecuencia un aumento en temperatura .

Posteriormente, en ambos niveles la temperatura declina, debido a la mezcla con agua de menor temperatura, proveniente quizá del Océano adyacente a la Bahía, que entra por corrientes de marea, y se mezcla, debido a vientos que fueron mayores donde la marea alcanzó su máxima amplitud. La serie de tiempo de la

temperatura registrada con el termógrafo (Fig. 7b), guarda un comportamiento similar al descrito para la temperatura medida con el termómetro reversible (Fig. 4), además otros Investigadores como Granados Guzmán y Zertuche González (1986), instaláron termógrafos durante los mismos periodos (Anexo 1) en la parte Este de la Isla Angel de La Guarda y Sur de Isla Coronado, respectivamente, obteniendo un comportamiento de temperatura muy similar al de esta investigación. Posiblemente el sistema Interno de La Gringa esté siendo afectado en forma global con igual magnitud, e hipotéticamente se podría decir que este evento está ocurriendo a nivel Bahía de Los Angeles, y la mezcla producida en ésta zona por corrientes de marea y vientos, homogenizan al sistema.

Es importante mencionar, que el termograma de Granados Guzmán, guarda un comportamiento cíclico con las mareas (mareas muertas y vivas) al igual que los valores de temperatura registrados por Zertuche González de manera muy similar a nuestros datos en nuestro tiempo de muestreo, donde en marea muerta los valores tienden a aumentar y en marea viva a disminuir. Un comportamiento escasamente similar lo presentan las figuras 7a y 7c, registros de temperatura ocho días antes del muestreo y ocho días después del muestreo, respectivamente, donde al inicio del registro se observan variaciones de temperatura, con una ligera tendencia a aumentar, y al final de la serie se da

un aumento de temperatura, puede ser causado por mezcla de la columna de agua. En la fig. 7c los últimos valores disminuyen, quizá sea influencia similar como la que se tuvo en el periodo muestreado, donde hay entrada de agua fría de las zonas aledañas a la Gringa.

Lo más característico de esto, es que en nuestro periodo de Investigación se detectaron las temperaturas más altas, signo representativo de la condición de verano (Anexo 1).

El comportamiento de salinidad, durante marea muerta con ligeros incrementos, se debe a que la zona de muestreo en esta época de verano es una cuenca de evaporación (Alvarez Borrego, 1978), además el cuerpo agua está semiestático y probablemente la irradiación solar es de consideración aumentando la evaporación y por lo tanto la salinidad, principalmente en la capa superficial, aunque el cambio no es muy evidente (35.4 - 35.43%). En marea viva predominan las condiciones dinámicas, intensificándose las corrientes de marea con mayor turbulencia por efecto del viento, lo que produce una mezcla de la columna de agua, rompiendo la incipiente haloclina y se da un aumento de salinidad por la mezcla de la columna de agua, además posiblemente contribuya el agua que está saliendo de la marisma por efecto de las corrientes litorales, que es más salina. Podría ser una combinación de aguas a nivel regional, (Roden,

1959), que es también agua subsuperficial estratificada de mayor salinidad y menor temperatura, atrapada en la parte central y Norte del mar adyacente, pues Galindo Bect y Flores Baez (1974), encuentran que las temperaturas superficiales de la zona adyacente del río Colorado y región aledaña del Golfo presentan temperaturas en verano que varían de 32.6°C a 31.0°C y salinidades de 39.66 a 35.6 ppm, entonces cuando se incrementa el flujo por corrientes de marea entra hacia las Bahías adyacentes al Canal de Ballenas, que es la parte más estrecha del sistema, dándose una influencia hacia La Gringa, registrada en agua más salina y fría.

Dadas las características topográficas de la cuenca salispuedes ó canal de Ballenas, dicho umbral (459 m de profundidad) limita la circulación entre la región central y la parte sur del Golfo (Rusnak, Fisher y Shepard, 1964).

En el umbral se tienen aguas que resultan de la mezcla entre la superficie y sus aguas profundas, dándole características hidrográficas únicas (temperatura: 29.2°C - 25.2°C , salinidad: 35.3 - 35.5 ppm, a una profundidad promedio de 41.3 m, (Gilmartin y Revelante, 1976) que tienen influencia de la parte Norte del Golfo, región que presenta fuertes corrientes de marea provocando una mayor homogenización de la columna de agua (Roden, 1959, Gaxiola Castro, Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1978), por lo que

sugiere una posible influencia externa hacia La Gringa, y específicamente de la parte Norte.

Con respecto al desfase de la marea con temperatura superficial, el valor de correlación es muy alto (.97), y podría pensarse que dicha relación está en función del efecto tan marcado de las variables como vientos, corrientes de marea, irradiación solar (relación día-noche), en la superficie (algo que no sucede para 10 metros, caso contrario a esta investigación, Millán Nuñez et al (1982), reporta una marcada relación de la marea con temperatura y salinidad en una investigación en Bahía San Quintín, B.C.

Se observa un efecto de la temperatura sobre la salinidad (Fig.4 y 5), haciéndose más evidente en el periodo de refluo en marea viva, y para la densidad ($\sigma-t$) es un efecto inversamente proporcional. El efecto de la mezcla sobre la densidad es más claro en marea viva (fig. 6), con un comportamiento directamente proporcional, quizá se deba a la posible entrada de agua fría del canal de Ballenas, al incrementarse la amplitud de la marea.

El oxígeno disuelto, como variable no conservativa, presenta una marcada oxiclina en marea muerta, donde la concentración superficial es mayor que a 10 m, presentando un mismo

comportamiento el porcentaje de saturación. Esta deficiencia de oxígeno a 10 m es originado posiblemente por la combinación de factores físicos y biológicos donde se observa una mayor respiración en marea muerta (Canino Herrera, tesis en proceso), y al menor intercambio de la capa subsuperficial con la atmósfera.

Castro Montoya (1988), sugiere que la mineralización de materia orgánica son la causa de altas concentraciones de amonio, nitritos y fosfatos a nivel de 10 metros.

En el tercer día de muestreo se da un notorio aumento del oxígeno disuelto en 10 m y en superficie, aunque este de menor proporción, esto es originado probablemente por factores biológicos como mayor fotosíntesis (Canino Herrera, tesis en proceso), ya que fué mayor a nivel de 10 m.

Evidentemente, en marea viva el cuerpo de agua se ve mayormente afectado por procesos físicos como viento y corrientes de marea, que provocan turbulencia rompiendo la oxiclina, dando lugar a una mezcla de la columna de agua (superficie y 10 m), tendiendo a disminuir el oxígeno disuelto en las primeras horas de este periodo dinámico, quizá sea el reflejo del aumento de temperatura y disminución de fotosíntesis (Canino Herrera, tesis en proceso). Posteriormente, en el sexto y séptimo día de muestreo se detectan ligeros aumentos del oxígeno disuelto, que

podieron haber sido originados por la mezcla causada por vientos, aumentando así la saturación del mismo.

Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto detectadas al final del periodo de mareas vivas, se puede deber a procesos de advección del agua externos a la Gringa, que debido a procesos biológicos y fisico-químicos han tomado otras características antes de su llegada al punto de muestreo, donde las condiciones de entrada son probablemente representativas del mar adyacente, ya que se presenta lo siguiente: alta densidad ($\sigma_t = 22.76$), baja temperatura (27.3 C), y bajo oxígeno disuelto (3.9 ml/l).

La solubilidad teórica del oxígeno se ve afectada por temperatura, salinidad y presión parcial del gas, donde en este caso la temperatura es el factor determinante, ya que la variación de salinidad no fué considerable. En general, se dá una sobresaturación de oxígeno en la mayor parte del periodo muestreado, lo que sugiere que este cuerpo de agua tiene capacidad para satisfacer sus necesidades de respiración.

En general se puede sugerir que las variables hidrológicas estudiadas obedecen a la influencia local durante mareas muertas, que le confieren características de estabilidad de la columna de agua, después se presenta un periodo de transición donde se manifiestan efectos combinados de marea y vientos, rompiéndose la

estratificación, y el último es un efecto externo donde las variables hidrológicas toman características a nivel más regional del mar adyacente ó nivel Canal de Ballenas inducido principalmente por la mayor amplitud de la marea, que provoca la entrada de agua de baja temperatura (27.3°C), alta densidad ($\sigma_t=22.76$), bajo contenido de oxígeno (3.9 ml/l).

Con respecto a los espectros de variancia de 10 m, se detecta una componente diurna definida para temperatura, salinidad y densidad (σ_t), y aunque no existen diferencias significativas (no hay representatividad estadística), pero al menos existen tendencias de variación muy probablemente asociadas a factores como irradiación solar, vientos y periodo de mareas. Para los espectros de superficie, aunque no hay diferencias significativas, posiblemente su tendencia de variación semidiurna esté relacionada a factores atmosféricos (irradiación solar), periodo de mareas, vientos, y el que tiene mayor explicación (oxígeno disuelto) está relacionado con fotosíntesis, además de la turbulencia provocada por fuertes vientos. Su posible explicación está de acuerdo a la investigación paralela realizada por Castro Montoya (1988), donde determina un comportamiento diurno de las formas nitrogenadas durante mareas muertas, controlado por factores biológicos, donde el nitrato y amonio son las formas del nitrógeno que más comunmente están involucradas en los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración, de tal

manera que durante el día estas formas pueden ser canalizadas via fotosíntesis y durante la noche son regenerados en el proceso de respiración.

Podemos resumir que, en general se detectaron dos procesos, los cuales influyen al cuerpo de agua propiamente dicho durante el período de mareas muertas y mareas vivas. En primer término, los procesos determinantes sobre el cambio de las variables como oxígeno disuelto y porcentaje de saturación son los procesos biológicos, a través de la fotosíntesis y la respiración, además en la temperatura se detecta también variación debido a que se tiene una columna de agua con poca mezcla, calentándose más en superficie, la densidad ($\sigma-t$) y salinidad presentan variación, aunque esta última no muy marcada. Los procesos de mezcla y marea están presentes, donde su efecto no es muy alto como para romper la estratificación que se da, ya en marea viva se observa una disminución por los efectos de mezcla causados por los vientos fuertes y las corrientes de marea, contribuyendo claramente a una mayor variación de las variables hidrológicas conservativas, como son temperatura, salinidad y densidad ($\sigma-t$).

En general, los rangos de temperatura, salinidad y oxígeno encontrados aquí (tabla I (a,b y c), son relativamente similares a los valores encontrados en el alto Golfo de California por

Galindo Bect y Flores Baez (1975), para la misma época del año, aunque son ligeramente mayores para el alto Golfo, debido a la baja profundidad y a la influencia sobre el clima de los desiertos que rodean a esta zona, además que la evaporación es mayor. Una situación muy similar la encontró Ochoa Aralza (1978) en cuatro Bahías del estado de Sonora, donde reporta valores promedio de 32.0°C , 38.0 ppm y 4.5 ml/l de temperatura, salinidad y oxígeno, respectivamente. Un trabajo muy similar al nuestro, realizado en la parte Central del Canal de Ballenas por Gilmartin y Revelante (1976), nos podría sugerir que esta zona influye en la parte costera, presentando las mismas características hidrológicas por las corrientes de marea que interactúan, haciéndolo comportarse como un solo sistema, ya que los valores promedio ($T^{\circ}\text{C}=27.4$, $S\%=35.5$, $O_2=4.49$ ml/l), reportados son muy similares a los encontrados en nuestro estudio.

6.- CONCLUSIONES

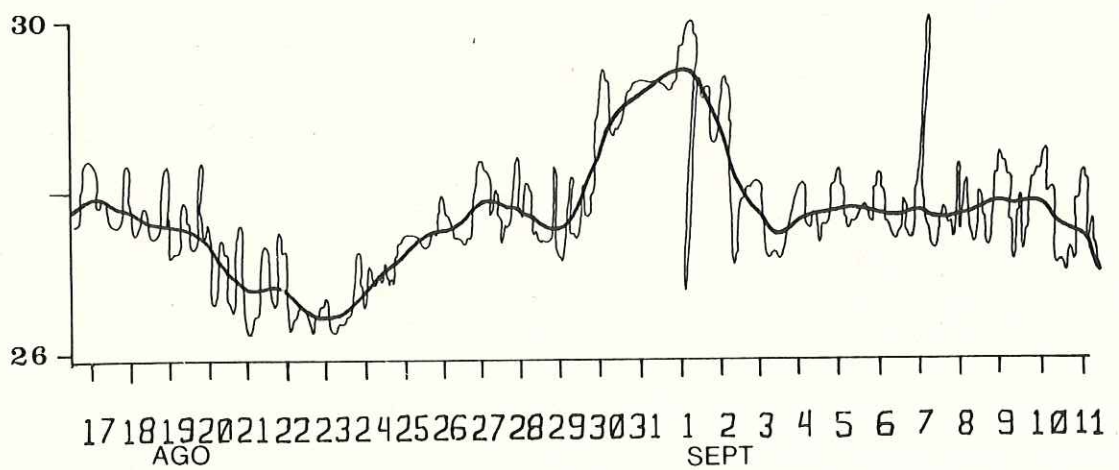
Se presenta estratificación de corto periodo (2 días) en marea muerta, duración representada por una termoclina, haloclina, pycnoclina y oxiclina desapareciendo en marea viva por turbulencia, causada por vientos fuertes y corrientes de marea, los cuales aumentan la dinámica del sistema.

La variancia de las variables hidrológicas no muestra un comportamiento diurno y semidiurno definido, observandose únicamente tendencias de variación.

Hay una sobresaturación de oxígeno disuelto en la mayor parte del periodo muestreado, producido por la combinación de factores como turbulencia y quizás fotosíntesis.

En análisis comparativo de las medias al 95% de confianza, nos dice que durante marea muerta, se dan diferencias estadísticamente significativas de las variables hidrológicas (de superficie con respecto a 10 m), donde se observa una estratificación de la columna de agua, encontrándose mayores valores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación en Superficie.

En marea viva hay homogenización de la columna de agua, lo que da como resultado que no haya diferencias significativas de las variables hidrológicas.



ANEXO I.- Temperatura promedio del termógrafo, instalado en la parte Noreste de Isla Angel de La Guarda (Datos proporcionados por Granados Guzmán, CICESE).

No publicados.

7 BIBLIOGRAFIA

Acosta Ruiz y Alvarez Borrego, 1974. Distribución Superficial de algunos parametros hidrológicos, físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B.C. en Otoño e Invierno. Ciencias Marinas, 1(1): 16-45.

Alvarez Borrego, S. y R. Schwartzlose, 1973. Algunos problemas Oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California, Calafia (II) 2.

Alvarez Borrego, S. y Acosta Ruiz M. de J., 1977. Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas. Vol. 4 Num. 1:1-11

Alvarez Borrego, S. y A. Chee Barragán, 1975. Hidrología de la Bahía San Quintín, B.C. en Verano, Otoño e Invierno. Ciencias Marinas, 2(2):1-9

Alvarez Borrego, S., J.F. Lara Lara y M.J. Acosta Ruiz, 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas (Mex), Vol. 4(1):12-22

Alvarez Borrego, J. y Alvarez Borrego, S., 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. CALCOFI, R. Vol. XXIII: 188-197

Ballesteros Grijalva, G., 1975. Estudio de algunos parámetros físico-químicos superficiales en Bahía San Quintín en Verano, Otoño e Invierno. Tesis de Licenciatura. Ciencias Marinas. U.A.B.C.

Bendat Julius, S. and Piersol Allan, G., 1971. Random Data. Analysis and Measurement procedures. Copyright, by John Wiley.

Cabello Pasini, A., 1987. Fotosíntesis, Respiración y Crecimiento [in situ] de [Gigartina pectinata] (Dawson) en Bahía de Los Angeles. Tesis de Maestría. U.A.B.C.

Chavez de Nishikawa, A.G. y S. Alvarez Borrego, 1974. Hidrología de Bahía San Quintín en Invierno y Primavera. Ciencias Marinas (Mex), Vol 1(2):31-62

Farfán, B.C. y S. Alvarez Borrego, 1983. Variability and fluxes of Nitrogen and Organic Carbon at the Mouth of a coastal lagoon. Estuarine Coastal and Shelf Science, (17): 599-612.

Galindo Bect, Luis Arnulfo y Flores Baez, Bernardo P., 1974.
Hidrología del alto Golfo de California. Tesis de
Licenciatura. U.A.B.C.

Gilmartin, Malvern and Noelia Revelante. 1978. The
Phytoplankton Characteristics of the Barrier Island
Lagoons of the Gulf of California. Estuarine and Coastal
Marine Science. 7, 29-47.

González Salazar, G. 1988. Estudio hidroquímico de Laguna
Willard, subsistema de Bahía de San Luis Gonzaga.
Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada. En
prensa.

Jenkins G.M. and D.G. Watts, 1968. Spectral analysis and its
applications. Holden-Day, 525 pp.

Lizarraga Arciniega, R. y S. Guido Marinone Moschetto, 1978.
Comportamiento de algunos parámetros físico-químicos en
Bahía de los Angeles, B.C. Ciencias Marinas. IV Congreso
Nacional de Oceanografía (resúmenes).

Millán Nuñez, Roberto, Alvarez Borrego, Saul and M. Nelson
David. 1982. Effects of Physical Phenomena on the
Distribution of Nutrients and Phytoplankton Productivity

In a Coastal Lagoon. Reprinted from Estuarine, Coastal Shelf Science. 15, 317-335.

Merino Paredes, I. Martha, 1987. "Variación estacional de la producción primaria, clorofila y seston en Bahía Willard, costa oeste del Golfo de California". Tesis de Licenciatura. U.A.B.C. Facultad de Ciencias Marinas.

Millero, F.J. and A. Poisson (1981). International one-atmosphere equation of state for seawater. Deep-Sea Research, Vol 27 A, pp 255-264.

Ochoa Aralza, Guadalupe. 1978. Distribución superficial de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y PH en cuatro Bahías de estado de Sonora. México. durante un ciclo anual. Tesis de Licenciatura. U.A.B.C.

Odum Eugene, P. Ecología. Nueva Editorial Interamericana, S.A. DE C.V. 639 PP.

Phleger, F.B. 1982. A review of some general features of coastal lagoons, In: Coastal Lagoons Research, present and future. Unesco Technical Paper In Marine Science 33, 7-14.

Roden, G.I., 1959. Oceanographic and Meteorological aspects of the Gulf of California. Pac. Sci. 12(1):21-45

Roden, G.I., and Groves, G.W. 1959. Recent Oceanographic Investigations In the Gulf of California. Scripps Institution Oceanography. La Jolla, California.

Rusnak, G.I., R.L. Fisher and F.P. Shepard, 1964. Bathymetry and faults of Gulf of California. In: Van Andel, T.J. H. and G.G. Shor, Jr. (Editors). Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium, Amer. Assoc. Petroleum Geologists. Memoir 3: 59-75

Strickland y Parsons (1966) A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada. Second Edition. Canada.

Stuardo J. y A. Martínez, 1975. Relaciones entre algunos factores ecológicos y la Biología de poblaciones de Crassostrea corteziensis de San Blas, Nayarit. México. Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México. 2 (1): 89-130

Tablas Oceanográficas Internacionales, 1973. National Institute of Oceanography of Great Britain. Paris 7e. France.

Vol. 2

Vidal musillo, M., 1983. Hidrología del Estero El Cardón, B.C.S. durante Otoño, Invierno y Primavera. Tesis de Licenciatura, U.A.B.C. Ensenada. B.C.

Zeltzchel, B. 1969. Primary Productivity In the Gulf of California. Mar. Biol., 3(3):201-207

Zertuche González y Alvarez Borrego, 1978. Series de tiempo de variables físico-químicas en las bocas de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas (Mex) Vol. 5(1)91-103