

ANALISIS ESTADISTICO DE CONDICIONES HIDRODINAMICAS EN LA
BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C. VERANO DE 1977.

por

Ignacio del Valle Lucero
Universidad Autónoma de Sinaloa
Mazatlán, Sinaloa, México

y

Homero R. Cabrera Muro
Centro de Investigación Científica y
de Educación Superior de Ensenada, B.C.
Espinoza No. 843
Ensenada, Baja California, México

RESUMEN

Se discuten los resultados de un ensayo estadístico realizado en observaciones de viento, altura de marea y velocidades de corrientes en la Bahía de San Quintín, B.C. Las observaciones se realizaron durante el verano de 1977. Las técnicas utilizadas en este trabajo son básicamente correlación, análisis espectral y admitancias.

ABSTRACT

The results of a statistical experiment made on observations of wind, height of tide and velocities of currents in Bahía San Quintin, B.C., are discussed. The observations were made during the summer of 1977. The techniques used in this work are basically correlation, spectral analysis and admittance analysis.

INTRODUCCION

En el estudio de los procesos hidrodinámicos presentes en las lagunas costeras, es útil el uso de análisis estadísticos de las variables físicas involucradas en tales procesos. A través de este análisis, se pueden dilucidar las interrelaciones e importancia relativa de las variables. Aquí se reportan los resultados obtenidos de un ejercicio de tal naturaleza en Bahía de San Quintín, B.C. Durante el verano de 1977,

ANALISIS ESTADISTICO DE CONDICIONES HIDRODINAMICAS

se realizó un período de observaciones de alturas de marea, velocidades de corrientes, intensidad y dirección del viento, temperatura y salinidad. A las series de tiempo formadas con tales observaciones exceptuando salinidad y temperatura, se les calculó correlación lineal, análisis espectral (Método de transformada rápida de Fourier) y admitancias usando el método de convolución.

ANTECEDENTES

Varios autores (Bernard, 1962; Menzies, 1962) han descrito ampliamente la morfología de la Bahía de San Quintín, B.C. También durante los últimos años se han estudiado intensamente aspectos hidrográficos, químicos y biológicos de ésta bahía (Chávez et al, 1972; Alvarez Borrego et al, 1975, 1976; Zertuche et al, 1978; Lara Lara, 1979). También recientemente se ha ejercitado el uso de modelos numéricos en ésta bahía. Del Valle (1979), de cuyo trabajo forma parte este reporte, presentó en forma de tesis de Maestría (CI-CESE) un trabajo titulado "Aplicación de un Modelo Numérico y Análisis de Condiciones Hidrodinámicas en Bahía San Quintín, B.C.". También a esta bahía se le aplicó un modelo de dispersión de larvas para condiciones de verano (Monreal, 1980).

METODOS

La Fig. 1 muestra la bahía con sus profundidades, ensanchamientos y constricciones. También se observa la ramificación de esta bahía en Bahía Falsa y Bahía San Quintín. Nos referimos a la unión como la zona de conexión entre ambas ramificaciones. Del período de trabajo (cuarta semana de junio a primera de agosto de 1977) se usaron 700 observaciones. Las variables registradas, ubicación y segmentación de referencia, se muestran en la Fig. 2, Tabla 1. Los datos de salinidad, temperatura y rodamina no se analizan en este trabajo. Las observaciones se procesaron de la forma siguiente: las series de viento, corrientes y marea se digitalizaron a intervalos de una hora. Los valores de marea se ajustaron al nivel medio de marea. A las series de intensidad y dirección del viento, se les calculó media, varianza, persistencia y componentes Norte-Sur, Este-Oeste. Se usó el método de análisis armónico (Godin, 1967) con las corrientes y se les encontró sus componentes en dirección por medio de histogramas de frecuencia.

Para todas las series obtenidas se calculó correlación lineal, análisis espectral usando transformada rápida de Fourier (Jenkins and Watts, 1968) y admitancias (Godin, 1972).

DEL VALLE - CABRERA

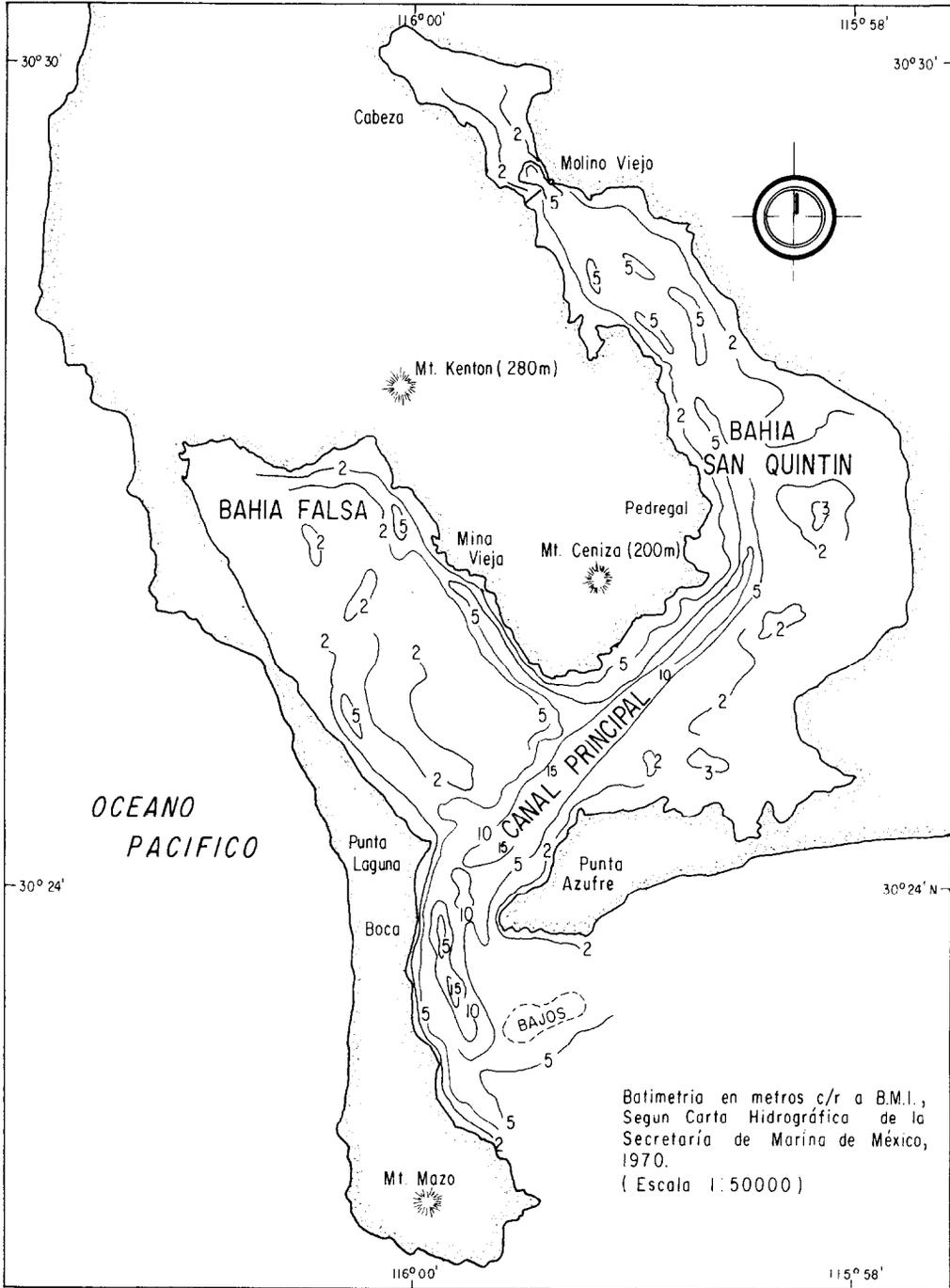


Fig. 1.- Bahía de San Quintín: Batimetría y nomenclatura

ANALISIS ESTADISTICO DE CONDICIONES HIDRODINAMICAS

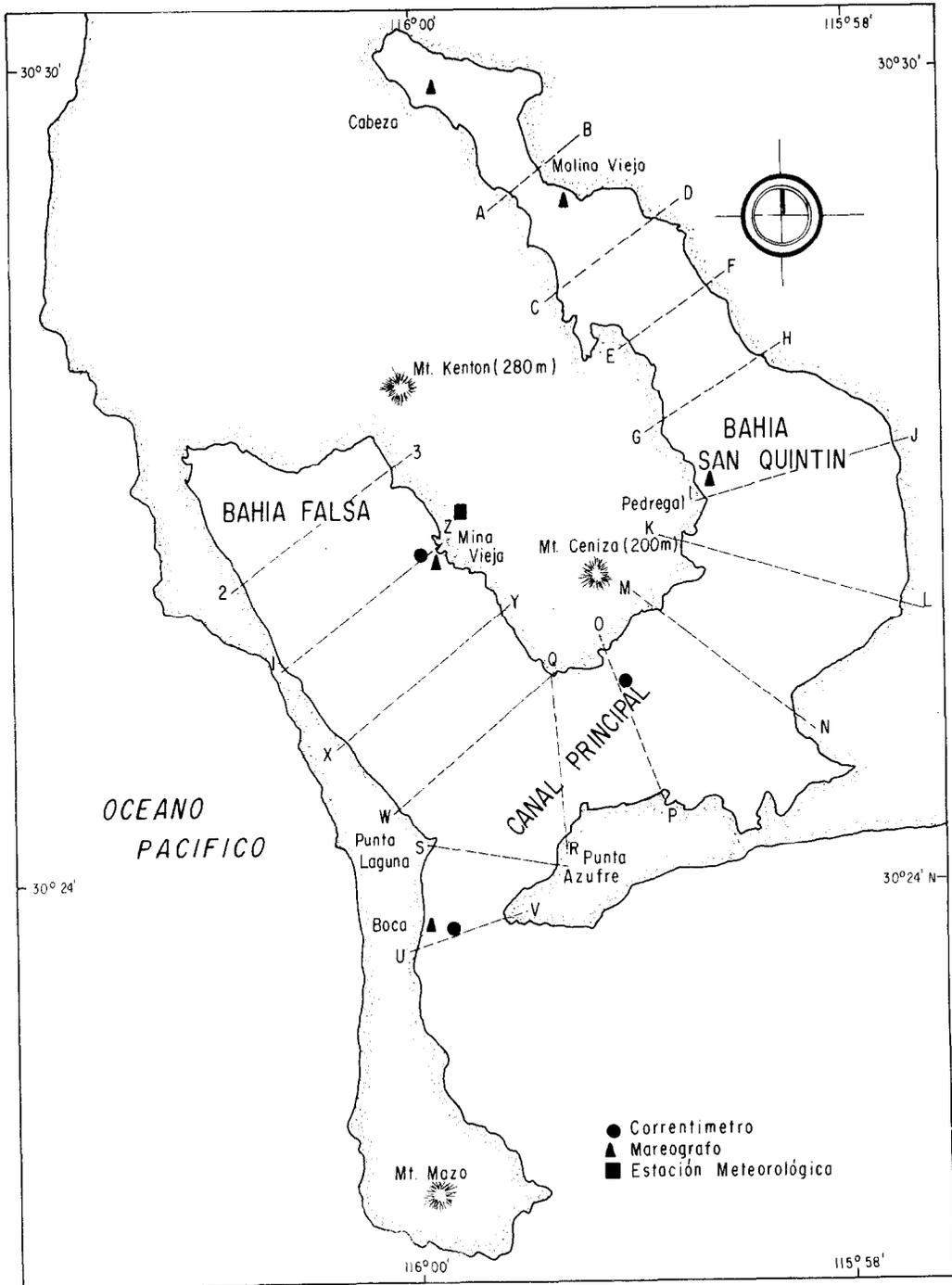


Fig.2.- Bahía de San Quintín: segmentación y ubicación de instrumentos

DEL VALLE - CABRERA

TABLA No. 1

MEDICIONES EFECTUADAS EN BAHIA SAN QUINTIN:

<u>Parámetro</u>	<u>Instrumento</u>	<u>Ubicación</u>
Datos Metereológicos		
Rapidez y dirección del viento en función del tiempo	Anemómetro de registro continuo Kahlsico 02AM300	Mina Vieja en Bahía Falsa
Temperatura y humedad relativa del aire	Higrotermógrafo de registro continuo Weather measurements	Mina Vieja
Datos de Marea		
Altura del nivel del agua en función del tiempo	Mareógrafos: Kahlsico 310WA440 Fischer - Porter Bristol 1G3X628 Bristol 1G3X628	Boca: Molino Viejo Pedregal Cabeza
Datos de Corriente		
Rapidez y dirección de las corrientes en función del tiempo	Correntímetros: Braicon 1381 Endeco 105 Hydrop. 9505	Boca superficial y fondo Centro, superficie y fondo Mina Vieja.
Datos de Salinidad y Temperatura		
Temperatura y salinidad cada 2 o 4 metros de profundidad, a intervalos variables de tiempo	Conductímetro-termómetros de inducción: ICTI(C.B.I.) Kahlsico 118WA300	20 estaciones de la Boca a ambas cabezas.
Datos de concentración de tinta fluorescente		
Intensidad de la fluorescencia, en función de tiempo y distancia a profundidad fija.	Fluorómetro con celda de flujo continuo Turner 111	Trayectos a lo largo de Bahía Falsa y Bahía de San Quintín.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La dirección media observada del viento en la bahía, durante el período de estudio es Oeste-Noroeste. Mostró persistencia de .82 y periodicidades diurnas y semidiurnas. La máxima energía está contenida en escalas de tiempo de 7 a 9 horas. Esta se identifica como brisas marinas. La componente Norte-Sur, es de mayor intensidad que la componente Este-Oeste, esta última muestra energía en periodicidades de seis días. Los valores bajos de los coeficientes de correlación de las series de componentes del viento con las de marea y velocidades de corrientes filtradas y residuales, indican que la influencia del esfuerzo del viento sobre la laguna está limitada por los rumbos del canal con respecto a la dirección media del viento, su efecto es por lo tanto característico a cada zona de la laguna. El análisis armónico de los datos de corrientes muestra las constituyentes semidiurnas M_2 , S_2 y N_2 como predominantes. La contribución exacta de estas constituyentes en la boca no pudo establecerse debido a la presencia de la constituyente L_2 , la cual no fué posible separar debido al reducido número de datos. La constituyente M_2 fué la más importante y las subarmónicas directas de ella disminuyen hacia adentro de la laguna.

La inclinación de las elipses que representan el movimiento de las constituyentes en la boca, nos indica su dirección de entrada (Fig. 3). Debido a la batimetría en la Sección UV, (Fig. 2), el flujo de entrada parece no tener un valor constante a través de ella. Se sugiere que existe un gradiente horizontal Este-Oeste, de velocidades de entrada. Los espectros de energía para corrientes residuales longitudinales (Fig. 4), muestran picos centrados en periodicidades correspondientes a 12, 6 y 4 horas. El mayor de ellos (período de 6 horas) puede ser debido a turbulencias desarrolladas en la boca cuando las velocidades de flujo y reflujos son máximas. Se observó un retardo de la ola de marea entre la boca y cabeza de Bahía San Quintín de aproximadamente 29° de ciclo de marea (Tabla 2). Los tiempos de retardo entre Boca-Molino y Boca-Mina Vieja (Fig. 2) son similares, aunque en distancia difieren en cerca de 4,000 metros. Esto sugiere intensos procesos friccionales que se desarrollan en Bahía Falsa y la predominancia de flujo a lo largo del canal principal-Bahía San Quintín. También el resultado de la correlación entre las series de corrientes en la boca y Sección OP (Fig. 1, Tabla 2), y entre elevaciones de marea en Pedregal y Molino Viejo, sugieren intensos procesos friccionales entre la boca y Pedregal.

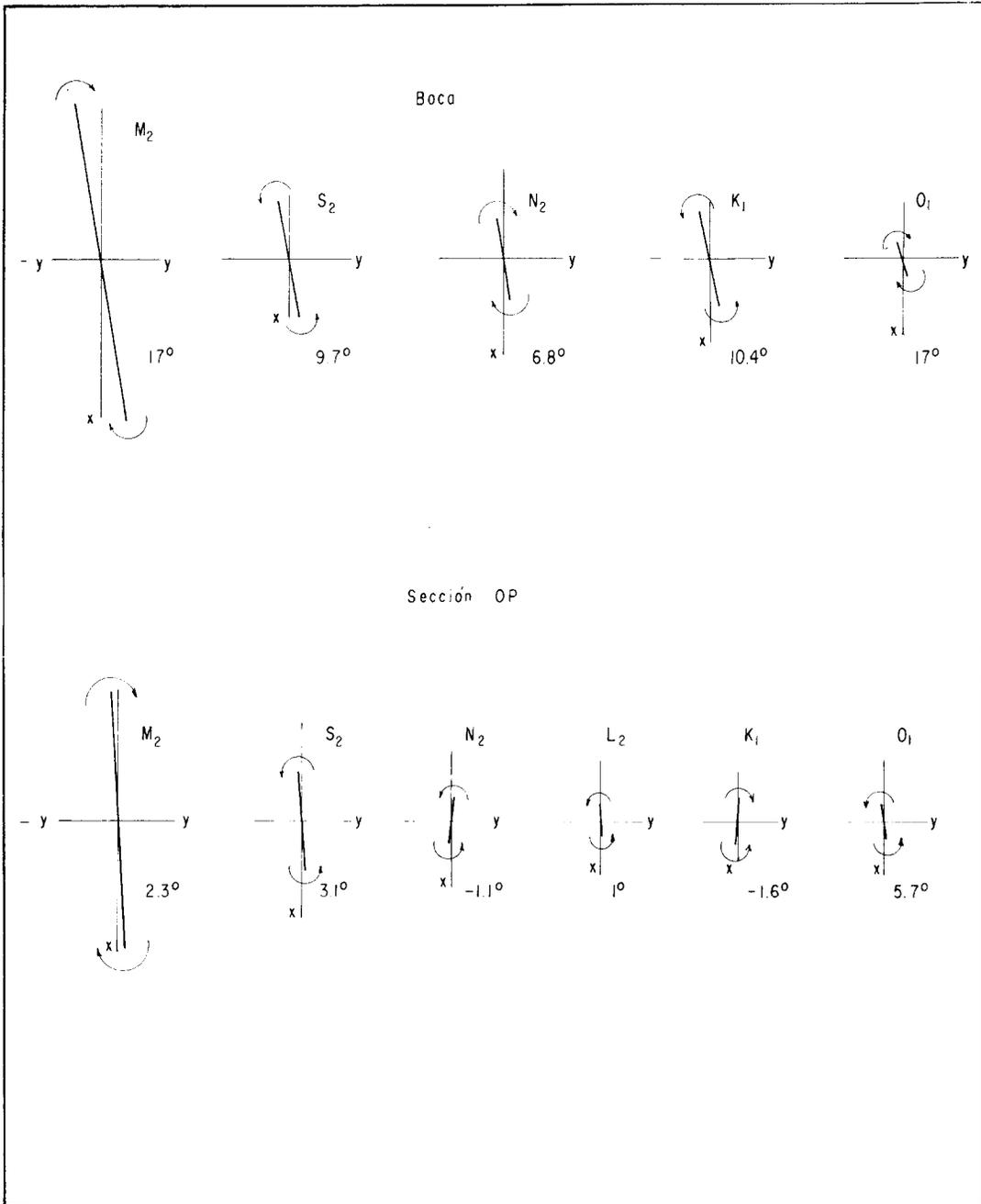


FIG. 3.- ELIPSES DE VELOCIDADES DE CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE LA MAREA.

ANALISIS ESTADISTICO DE CONDICIONES HIDRODINAMICAS

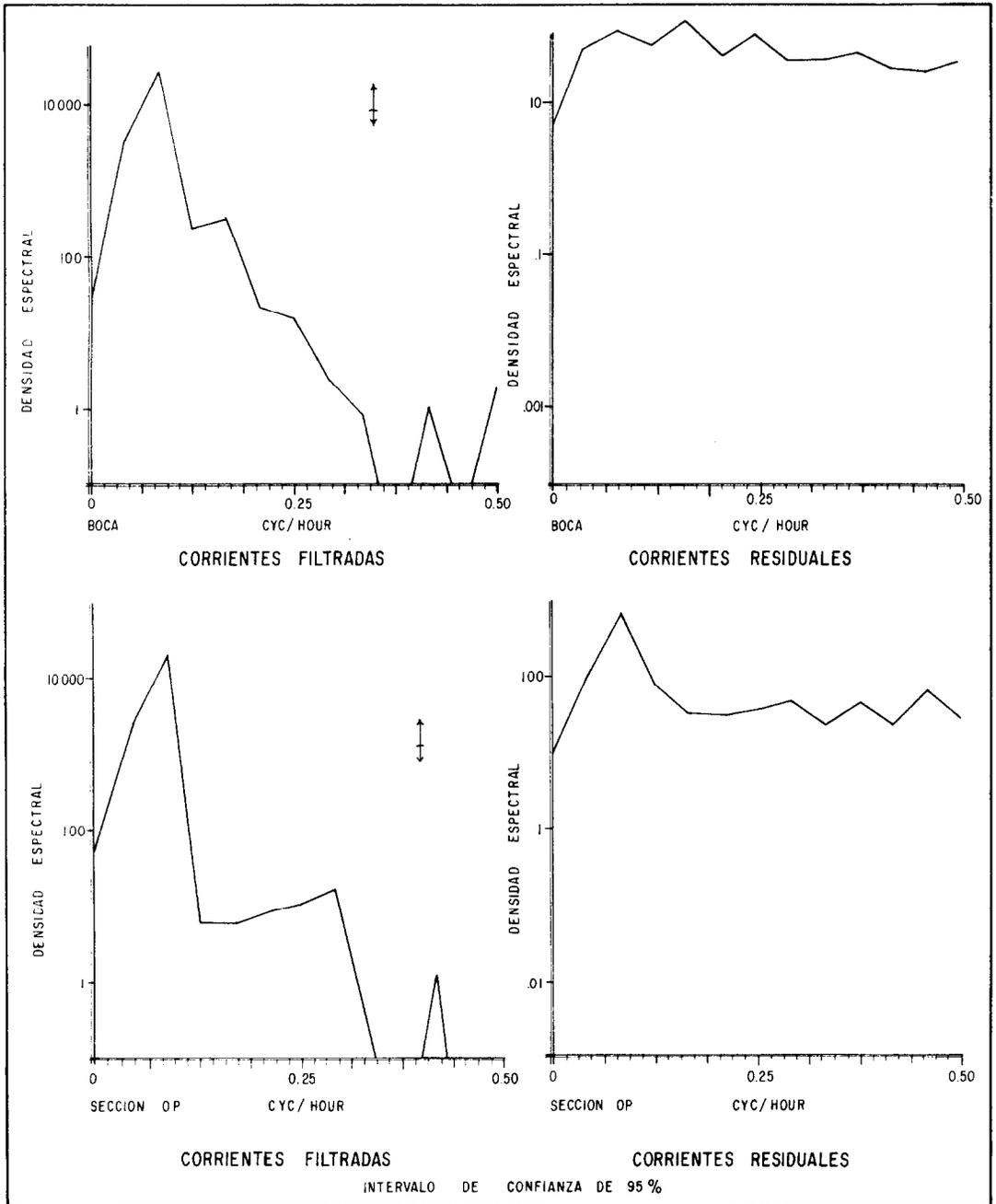


FIG. 4.- DENSIDADES ESPECTRALES DE LAS CORRIENTES.

CORRELACIONES DE ELEVACIONES DE LA MAREA, EN DESPLAZAMIENTO CERO DE LAS SERIES (0 tags)

a).- Estación	Estación	No.de observaciones	Coef.de correlación	Error S.N.	Grados de libertad	Retardo
Boca	Pedregal	91	0.97	0.29	22	17.11°
Pedregal	Molino	375	0.99	0.14	93	2.47°
Molino	Cabeza	403	0.96	0.14	100	10.47°
Boca	Mina Vieja	159	0.93	0.15	79	22.58°
Boca	Molino	159	0.94	0.15	79	22.96°
MAREAS VIVAS						
b).- Pedregal	Molino	91	0.99	0.29	22	3.34°
Boca	Molino	91	0.93	0.29	22	26.50°
Molino	Cabeza	192	0.97	0.14	96	10.37°
MAREAS MUERTAS						
Molino	Cabeza	169	0.97	0.15	84	8.5°
Pedregal	Molino	169	0.99	0.15	84	1.65°
CORRELACIONES DE ELEVACIONES DE LA MAREA Y VELOCIDADES DE CORRIENTES						
c).- Boca (marcas)	Boca (corrientes)	180	0.46	0.14	90	67°
d).- Boca (corriente)	Sec.OP	466	0.52	0.09	233	10.39°
Boca (componente longitudinal)	Sec.OP	466	0.86	0.09	233	10.83°

10° de ciclo de marea \approx 20 minutos

TABLA No. 2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONDICIONES HIDRODINÁMICAS

Los espectros de densidad de energía de las elevaciones de marea en las estaciones del canal principal, Bahía San Quintín y canal principal Bahía Falsa (Fig. 1) se muestran en la Figura 5. Para la serie de El Pedregal, el espectro de energía muestra valores altos en comparación con los de Boca y Molino en las frecuencias mayores a 0.18 ciclos/hora. La diversidad de estos resultados es causada posiblemente por la calibración, instalación de los instrumentos y digitización de los registros correspondientes. Los datos del marógrafo más confiables son los del aparato en Molino Viejo. En los espectros de Pedregal y Mina Vieja la presencia de frecuencias altas puede deberse a que las olas de viento no fueron debidamente filtradas. En la Boca, la presencia de frecuencias de 0.375 a 0.458 ciclos/hora, puede deberse a turbulencias allí generadas. Las series de Boca y Pedregal muestran valores altos de admitancias en las Bandas 1 y 2. Esto es indicativo de una amplificación en la onda de marea. Inversamente, la fricción aumenta generando subarmónicas de las constituyentes principales de la marea. Resultados similares se obtienen con las series de Pedregal y Molino Viejo en las Bandas 2 y 3. La admitancia calculada con las series de Molino y Cabeza no muestra amplificación en las Bandas 1 y 2. En la determinación de admitancias entre la Cabeza y Molino Viejo se obtuvo una disminución en el rango de marea con respecto a esta última estación. Se calculó también admitancias a las series de velocidades longitudinales en la Boca y Sección OP. Los valores bajos observados en las Bandas 1 y 2 nos indican una disminución de las velocidades de la corriente en flujo hacia adentro de la bahía.

CONCLUSIONES

El análisis estadístico efectuado a los datos de vientos, mareas y corrientes durante el período de estudio nos muestra lo siguiente: no existe una respuesta significativa del sistema hidrodinámico al esfuerzo del viento. La influencia de este sobre la laguna está limitado por la orientación del canal, debido a esto, es diferente en cada región de la laguna. El movimiento horizontal y vertical de la marea en la boca no es homogéneo en su sección transversal. Las constituyentes dominantes de la marea son M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , Q_1 , MK_3 y MS_4 semidiurnas. En tiempos de velocidades máximas de flujo y reflujo, se desarrolla turbulencia en la Boca. En el canal principal de Bahía Falsa y entre la Boca y la zona Pedregal, se suponen intensos procesos friccionales. El análisis sugiere que el flujo primordial sucede en

DEL VALLE - CABRERA

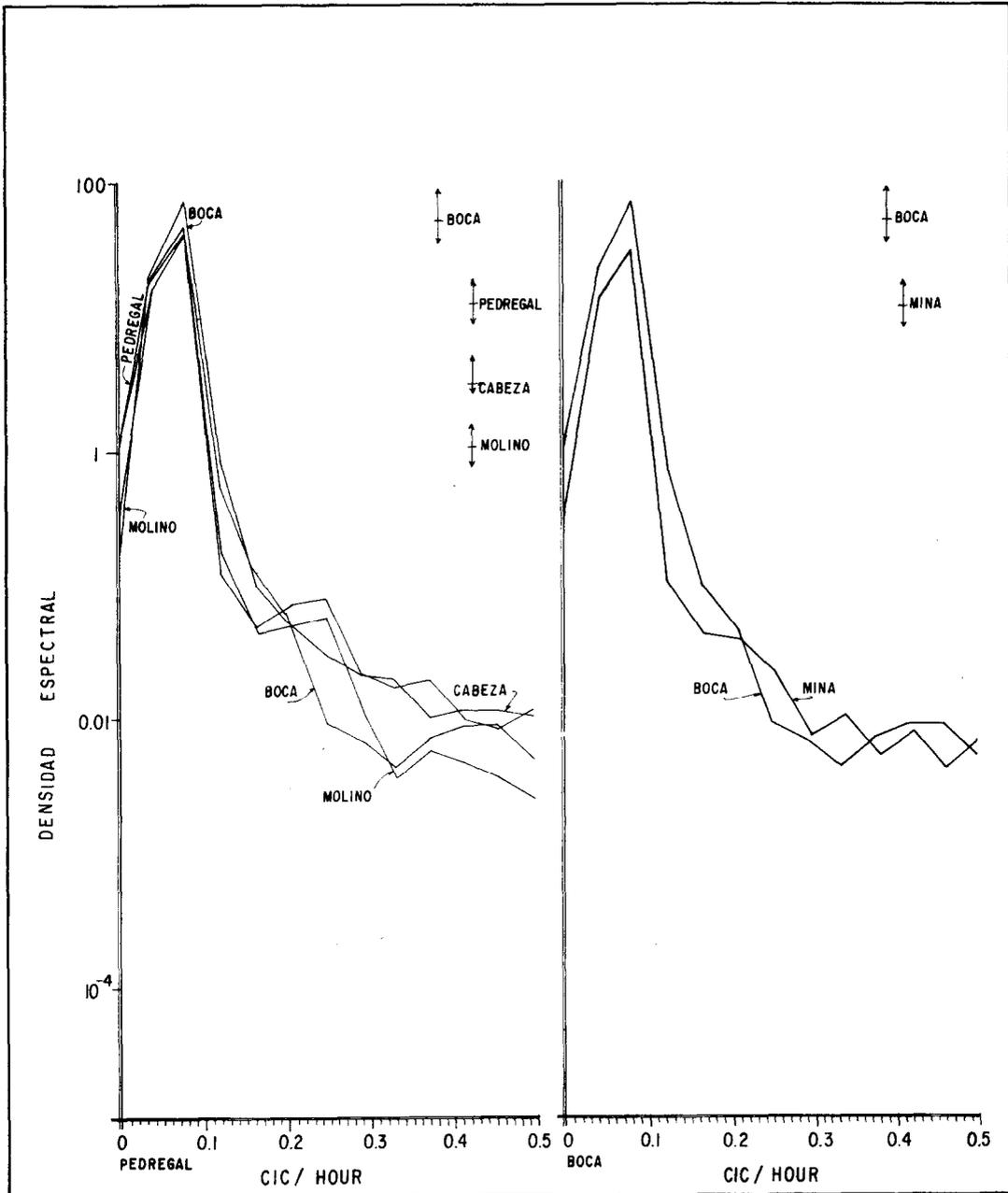


FIG. 5 - ESPECTROS DE DENSIDAD DE ENERGIA DE ELEVACIONES DE LA MAREA. INTERVALO DE CONFIANZA DE 95%.

ANALISIS ESTADISTICO DE CONDICIONES HIDRODINAMICAS

el canal principal de entrada y Bahía San Quintín. Se observó que existe amplificación de la ola de marea entre la Boca, Pedregal y Molino Viejo, y disminución de ella entre la zona de Molino Viejo y la Cabeza de Bahía San Quintín.

En general, los cambios acentuados de rumbo en la dirección del canal, la existencias de zonas con gran capacidad volumétrica, constricciones y restricciones son características que conforman en mucho la hidrodinámica de esta bahía.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fué realizado por el grupo de Hidrodinámica de Lagunas Costeras (CICESE) con el apoyo económico de CONA-CyT y la Secretaría de Programación y Presupuesto, a quienes se les agradece su colaboración.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ Borrego, Saúl, Guillermo Ballesteros Grijalva y Alfredo Chee Barragán, 1975. Estudio de algunas variables fisicoquímicas superficiales en Bahía San Quintín, en verano, otoño e invierno. *Ciencias Marinas (Mex)* V 2(1): 1-9.
- ALVAREZ Borrego, Saúl, Alfredo Chee Barragán, 1976. Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas (Mex)* 3(1):51-61.
- BERNARD, L., 1962. Benthic Marine Exploration of Bahia San Quintín, B.C. 1960-61. *Pacific Naturalist* 3:249-274.
- CHAVEZ de Nishikawa, Amelia y Saúl Alvarez Borrego, 1972. Hidrología de la Bahía de San Quintín, B.C. en invierno y primavera. *Ciencias Marinas (Mex)* 1(2):31-62.
- DEL VALLE Lucero, I., 1979. Aplicación de un Modelo Numérico y Análisis de Condiciones Hidrodinámicas en Bahía de San Quintín, B.C. Tesis de Maestría. CICESE.
- GODIN, G., 1967. L'analyse d'observations sur les courants. *Revue Hydrographique Internationale, Extrait. Vol XLIV* No. 1, Janvier.
- GODIN, G., 1972. The analysis of tides. University of Toronto Press, Toronto.

- JENKINS, G.M. and D.G. Watts, 1969. Spectral analysis and its applications. Holden-Day.
- LARA Lara, J.R., 1979. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. Tesis de Maestría. Universidad del Estado de Oregon, U.S.A.
- MENZIES, R.J., 1962. The Marine Isopod Fauna of Bahía de San Quintín, B.C. Pacific Naturalist, 3:337-348.
- MONREAL, M.A., 1980. Aplicación de un modelo de dispersión en Bahía de San Quintín., B.C. Tesis de Maestría, CICESE.
- ZERTUCHE González, J.L. y S. Alvarez Borrego, 1978. Series de tiempo de variables físico-químicas en la boca de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas (Mex) 5(1):91-103.