

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS.

VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS CONDICIONES
METEOROLÓGICAS SOBRE LA BAHÍA DE SAN QUINTÍN, BAJA
CALIFORNIA, DURANTE LA PRIMAVERA Y EL VERANO DE 1986.

T E S I S

que para obtener el título de

O C E A N Ó L O G O.

Presenta:

JOSÉ LUIS ARREOLA CONTRERAS.

Ensenada, Baja California, México. Agosto de 1989.

VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS CONDICIONES
METEOROLÓGICAS SOBRE LA BAHÍA DE SAN QUINTÍN, BAJA
CALIFORNIA, DURANTE LA PRIMAVERA Y EL VERANO DE 1986.

T E S I S

que presenta:

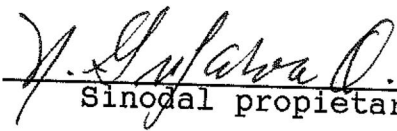
JOSÉ LUIS ARREOLA CONTRERAS.

Aprobada por:



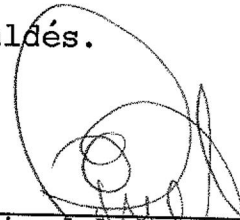
Presidente del jurado.

M.C. José Gómez Valdés.



Sinodal propietario.

Dr. Nicolás Grijalva Ortíz.



Sinodal propietario.

M.C. René Pinet Plasencia.



Sinodal suplente.

Dr. Francisco Ocampo Torres.



Sinodal suplente.

M.C. Oscar Delgado González.

RESUMEN.

A partir de los registros de temperatura del aire, temperatura del mar y velocidad del viento, obtenidos durante la primavera y el verano de 1986 en la Bahía de San Quintín, Baja California, se describen utilizando algunos de los métodos estadísticos clásicos en el análisis de series de tiempo, las principales características meteorológicas de la región asociadas con la incidencia de fenómenos atmosféricos como los flujos de aire local (brisa de mar) y oceánicos como la presencia de afloramientos de agua fría subsuperficial (surgencia) sobre la costa.

En general, los factores de mayor importancia relativa en la variabilidad temporal y espacial de las condiciones meteorológicas sobre el área de estudio, dependen en gran medida de la respuesta que presentan a las diferencias de calentamiento radiativo en el sistema aire-tierra-mar, donde, los mecanismos que controlan esta relación de comportamiento son: espacialmente de escala local y regional y temporalmente de orden diurno y período largo.

Los mecanismos locales se encuentran relacionados con las características fisiográficas del área de estudio, como el efecto de la batimetría sobre las diferencias irregulares de calentamiento por irradiación solar y el efecto restrictivo de la línea de costa, sobre la dispersión de los flujos de aire local (diurno) y marítimo (período largo).

Por otra parte, los mecanismos de escala regional se encuentran relacionados con las características de variación estacional, duración del período diurno de insolación, la presencia de eventos de surgencia y la influencia del giro anticiclónico semipermanente, sobre las condiciones meteorológicas prevalecientes.

INDICE.

	Página
Resumen.	iii
Lista de tablas.	vi
Lista de figuras.	vii
I. INTRODUCCION.	
1. Antecedentes.	3
2. Descripción del área de estudio.	5
3. Características meteorológicas de escala sinóptica.	8
4. Objetivos.	10
II. METODOS DE ANALISIS.	
1. Obtención de los datos.	11
2. Inspección preliminar.	12
2.1. Estadísticas generales.	14
2.2. Análisis de persistencia.	15
3. Análisis en tiempo.	16
4. Análisis en frecuencia.	17
4.1. Función densidad de potencia espectral.	18
4.2. Función densidad de potencia espectral-cruzada.	19
4.3. Función admitancia.	21
4.4. Función coherencia.	22
5. Filtros digitales.	22
III. RESULTADOS.	
1. Est. estadísticas básicas.	26
1.1. Temperatura del mar, TM.	26
1.2. Temperatura del aire, TA.	28
1.3. Intensidad del viento, IV.	29
2. Análisis de persistencia del viento.	30
3. Análisis espectral.	44
3.1. Filtro de promedios corridos.	44
3.2. Características espectrales.	44
3.2.1. Temperatura del mar, TM.	46
3.2.2. Temperatura del aire, TA.	51
3.2.3. Intensidad del viento, IV.	51
4. Análisis de admitancia.	61
4.1. Relaciones espectrales del viento.	61

IV. DISCUSIONES.	
1. Temperatura del mar, TM.	65
2. Temperatura del aire, TA.	68
3. Intensidad del viento, IV.	69
V. CONCLUSIONES.	
	72
VI. RECOMENDACIONES.	
	74
VII. LITERATURA CITADA.	
	75

TABLAS.

	Página
I. Estadísticas básicas: Temperatura del mar, TM.	33
II. Estadísticas básicas: Temperatura del aire, TA.	33
III. Estadísticas básicas: Intensidad del viento, IV.	39
IV. a. Análisis de persistencia: Componentes cartesianas del viento, estación: Bahía Falsa.	40
IV. b. Igual que en IV. a. Estación: Boca.	41
V. a. Análisis espectral: Temperatura del mar. Estación: Bahía Falsa.	47
V. b. Igual que en V. a. Estación: Boca.	49
VI. a. Análisis espectral: Temperatura del aire. Estación: Bahía Falsa.	53
VI. b. Igual que en VI. a. Estación: Boca.	55
VII. a. Análisis espectral: Intensidad del viento. Estación: Bahía Falsa.	57
VII. b. Igual que en VII. a. Estación: Boca.	59
VIII. a. Análisis de admitancia: Intensidad del viento durante 10 días de abril.	63
VIII. b. Igual que en VIII. a, durante agosto.	64

FIGURAS.

Página

1.	Localización geográfica del área de estudio.	7
2.a	Series de tiempo: Temperatura de aire y agua, durante abril y mayo. Estación: Bahía Falsa.	34
2.b.	Igual que en 2.a, durante julio y agosto.	35
3.a.	Series de tiempo: Temperatura del agua, durante abril y mayo. Estación: Boca.	36
3.b.	Series de tiempo: Temperatura de aire y agua, durante junio y julio. Estación: Boca.	37
3.c.	Igual que en 3.b, durante agosto y septiembre.	38
4.a	Diagramas de astilla en estación: Bahía Falsa y estación: Boca durante abril.	42
4.b.	Igual que en 4.a, durante agosto.	43
5.a.	Espectro de potencia: Temperatura del mar. Estación: Bahía Falsa.	48
5.b.	Igual que en 5.a. Estación: Boca.	50
6.a.	Espectro de potencia: Temperatura del aire. Estación: Bahía Falsa.	54
6.b.	Igual que en 6.a. Estación: Boca.	56
7.a.	Espectro de potencia: Intensidad del viento. Estación: Bahía Falsa.	58
7.b.	Igual que en 7.a. Estación: Boca.	60

I. INTRODUCCION.

Algunos trabajos relacionados con la meteorología y la climatología, sugieren que a primera aproximación son 3 los tipos de mecanismos que controlan la variabilidad espacial y temporal de las condiciones meteorológicas y climáticas: locales, regionales y planetarios.

Los mecanismos de escala local, dependen de la localización geográfica (latitud, longitud y altitud), así como de las características orográficas del área de estudio.

Los mecanismos de escala regional, se caracterizan por la presencia de fenómenos transitorios, como frentes atmosféricos y, perturbaciones de origen tropical y extratropical.

Los mecanismos de escala planetaria, con variaciones interanuales de la circulación general océano-atmósfera, relacionada con los fenómenos de El Niño y Oscilación del Sur, (ENOS).

Para determinar las condiciones meteorológicas que prevalecen en regiones adyacentes a la costa, se requiere conocer la circulación atmosférica asociada a las

características físicas de la interfase aire-tierra-mar, con variaciones espaciales que van desde decenas hasta miles de kilómetros y, temporales desde horarias hasta estacionales.

Los fenómenos atmosféricos de pequeña escala o locales, son inducidos por el calentamiento diferencial entre el mar y la tierra con variaciones típicamente diurna (c/24 horas) y semidiurna (c/12 horas). A este patrón básico de circulación atmosférica se le conoce como brisa de mar y tierra. La brisa marina es el viento con dirección del mar hacia el continente y la brisa terrestre es el viento con dirección opuesta.

Algunos aspectos de importancia que influyen sobre el comportamiento de este fenómeno son:

- a. Duración diurna de insolación.
- b. Rasgos topográficos de la región, como son las características fisiográficas y morfológicas de la costa.
- c. Características dinámicas de la circulación atmosférica de escala sinóptica, debidas a la latitud o el parámetro de Coriolis.

d. Variación de las condiciones meteorológicas locales por interacción con el viento de escala sinóptica.

En particular, en este trabajo se analiza la importancia y el grado de significancia de los efectos de los mecanismos locales y regionales, sobre la variabilidad temporal y espacial de las condiciones meteorológicas en la Bahía de San Quintán, Baja California (ver Figura 1), durante la primavera y el verano de 1986.

I.1. Antecedentes.

Algunos autores se refieren en señalar la importancia de llevar a cabo registros continuos de parámetros meteorológicos en regiones contiguas a la costa; Amador Buenrostro (1973), en la región oceánica exterior a la Bahía de Todos los Santos, B.C., caracterizó la evidencia de varias zonas de surgencias asociadas con las condiciones meteorológicas prevaletentes. Reyes y Parás (1983), analizaron los componentes principales del viento superficial y reafirmaron la importancia relativa del efecto friccional y la orientación de la línea de costa, como factores restrictivos sobre un régimen dispersivo de brisas marina y terrestre, y de convección libre. También, Reyes et al. (1985) analizaron el efecto de los mecanismos

regionales de origen extratropical sobre las condiciones meteorológicas en la Bahía de Todos los Santos, B.C.

Por otra parte, en la Bahía de San Quintín se han realizado algunos trabajos que cubren diversos estudios hidrográficos y oceanográficos: Plascencia Díaz (1980), caracterizó las relaciones entre la temperatura y la salinidad sobre la circulación del agua superficial del mar, inducida por los gradientes de densidad. Cenepo Torres (1980), realizó observaciones de mareas y corrientes revelando la importancia significativa de la marea astronómica, principalmente, en el intercambio de volumen.

Monreal Gómez (1980), Del Valle Lucero y Cabrera Kuro (1981) y Juárez Villarreal (1982), implementaron algunos modelos numéricos predictivos y de dispersión, para simular algunas características de los procesos hidrodinámicos de mayor relevancia dentro de la bahía.

Alvarez Borrego y Alvarez Borrego (1982), realizaron un estudio comparativo de las principales características térmicas asociadas con la dinámica de la circulación del agua superficial, en 2 regiones costeras. Martori Ozamendi (1989), caracterizó en diferentes escalas de tiempo, la variabilidad de la circulación del agua y su relación con los principales mecanismos causales de forzamiento sobre la

Bahía.

En la Bahía de San Quintín, Del Valle Lucero y Cabrera Maro (1981) reportan vientos intensos de variación diurna, dirección promedio oeste-noroeste (WNW) y magnitud de hasta 25 km/h con persistencia de 0,83 durante el verano de 1977, sin embargo, no se ha realizado un estudio que cuantifique la importancia relativa y el grado de significancia de los principales efectos meteorológicos locales y regionales sobre la bahía.

Con la iniciativa de realizar este estudio, el grupo de Hidrodinámica de Lagunas Costeras del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, implementó el programa: 'Un año (1986) de observaciones en la Bahía de San Quintín, Baja California', con la finalidad de evaluar - entre otros aspectos - las principales características meteorológicas de la región.

1.2. Descripción del área de estudio.

Bahía San Quintín es una laguna costera de origen tectónico y subtipo volcánico (Lankford, 1976), que se encuentra aproximadamente 200 km al sur de Ensenada en la parte noroccidental de la península de Baja California,

México, entre los paralelos ($30^{\circ} 24' - 30^{\circ} 30'$) N de latitud y los meridianos ($115^{\circ} 57' - 116^{\circ} 01'$) W de longitud (ver Figura 1).

El clima de la región es semiárido y la bahía se considera básicamente una cuenca de evaporación con características antiestuarinas; no existe un aporte continuo de agua del continente hacia el interior de la cuenca, excepto por los escurrimientos de las laderas circunvecinas durante el invierno (Chávez de Mishikawa y Alvarez Dorrego, 1974).

La bahía consta de dos brazos: Bahía Falsa y Bahía San Quintín, situados al oeste y este respectivamente. El contorno de la costa tiene forma de herradura con orientación noroeste.

El área de estudio es aproximadamente de 46.2 km^2 , con rasgos fisiográficos inhomogéneos alrededor de la bahía. En la figura 1, se observa que en la parte norte se encuentran algunas colinas que oscilan entre los 100 y 200 metros de altura; el lado este comprende la zona de los asentamientos humanos; en la parte sur se localiza la boca del canal principal permanentemente abierta al océano adyacente y, en la parte oeste aproximadamente a 6 km se encuentra la isla San Martín.

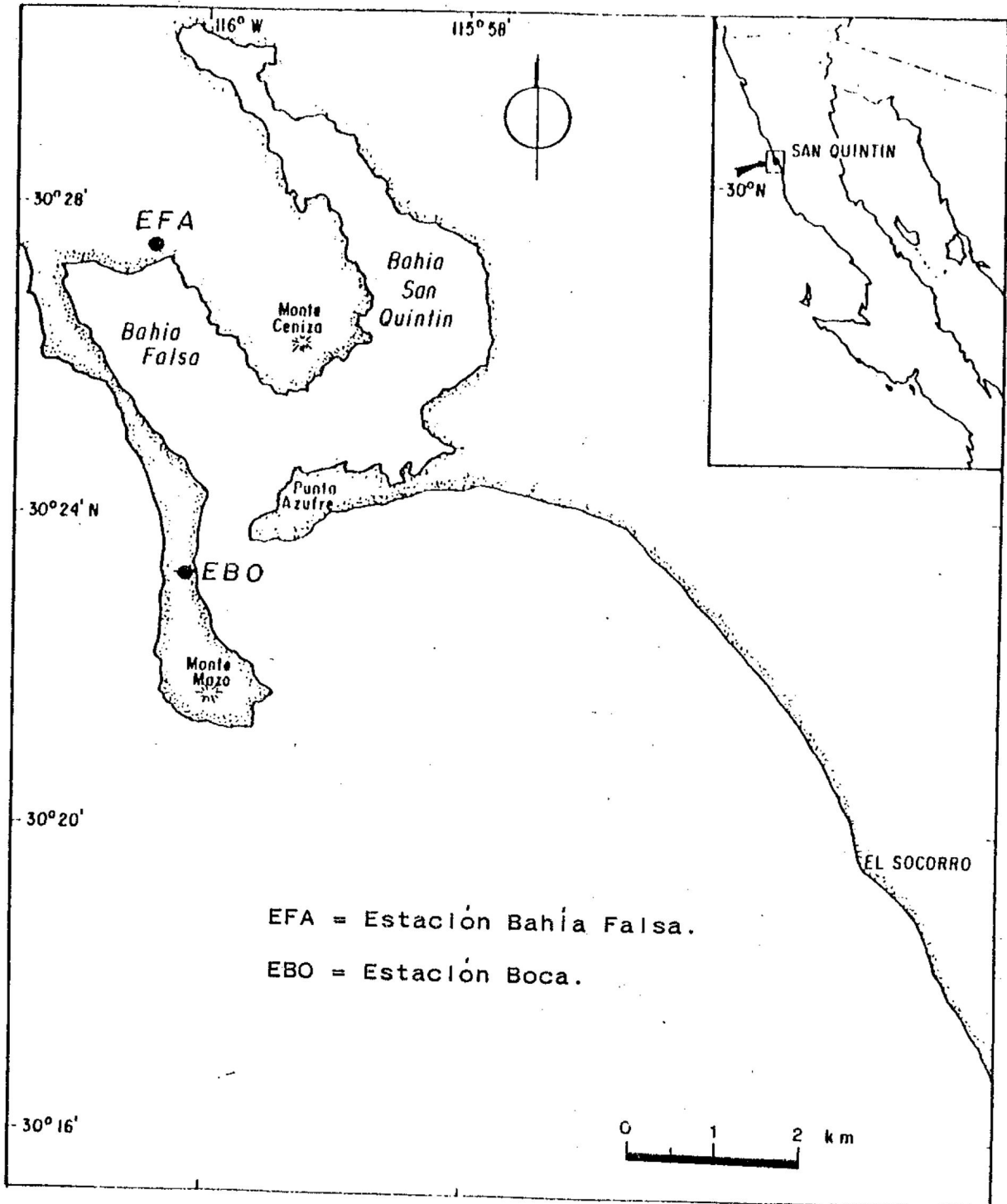


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

I.3. Características meteorológicas de escala sinóptica.

La península de Baja California es simultáneamente afectada por fenómenos atmosféricos y oceánicos, con origen y características diferentes. Un ejemplo representativo es la corriente de California, que tiene origen en el Océano Pacífico Norte y presenta características de baja temperatura superficial; funciona como un mecanismo regulador de la temperatura del aire sobre la costa oeste de la península. Aunado a esto, los procesos de transferencia de calor entre la corriente y la atmósfera, traen por consecuencia que durante el verano la costa del Pacífico Oeste se encuentre cubierta por neblinas durante gran parte del día. La ocurrencia de brisas intensas y la presencia de fenómenos de circulación regional, o eventos Santana, regulan la disipación de estas neblinas.

Por otra parte, las condiciones dinámicas de circulación atmosférica de escala sinóptica, pueden generar o inhibir el desplazamiento de perturbaciones extratropicales sobre las costas del sur de los Estados Unidos y noroeste de la República Mexicana. Sadler y Kilenski (1963), Quiroz (1964) y Reyes et al. (1964), encuentran diferencias significativas en el campo de viento sinóptico de verano e invierno asociado con la presencia del giro anticiclónico semipermanente, localizado entre los

paralelos (30° - 35°) N de latitud y los meridianos (130° - 150°) W de longitud sobre la vertiente del Océano Pacífico Norte.

Durante el invierno, la presencia de inestabilidades baroclínicas y la formación de frentes atmosféricos asociados con el desplazamiento hacia el sur del anticiclón semipermanente, propicia que perturbaciones de origen extratropical penetren sobre el continente, observándose vientos con mayor magnitud y persistencia, además de fuertes gradientes térmicos; durante el verano el anticiclón se intensifica desplazándose hacia el norte, presentando condiciones atmosféricas de bloqueo, que inhiben la penetración de frentes de origen extratropical sobre la circulación atmosférica local.

I.4. Objetivos.

En este trabajo se utilizan algunos de los métodos estadísticos clásicos en el análisis de series de tiempo, para analizar la información recabada en dos estaciones meteorológicas y dos termógrafos sumergibles, durante el período comprendido entre los meses febrero y septiembre de 1986 en la Bahía de San Quintín, Baja California. Con la finalidad de:

- i. Describir las principales características meteorológicas de la región debidas a las diferencias de calentamiento radiativo entre el aire y el mar.

- ii. Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las condiciones meteorológicas asociadas con la incidencia de algunos fenómenos atmosféricos (brisa marina) y oceánicos (surgencias).

- iii. Cuantificar la importancia relativa de la circulación atmosférica local sobre las condiciones meteorológicas prevaletcientes.

II. METODOS DE ANALISIS.

En este capítulo se describen los instrumentos utilizados en la obtención de los datos generados y la metodología de los análisis aplicados.

II.1. Obtención de los datos.

Se instalaron 2 estaciones meteorológicas que funcionaron durante el periodo comprendido entre los meses de febrero y septiembre de 1986. Una en el lugar denominado Bahía Falsa (BFA), y otra cercana a la boca del canal principal (EDC) (ver Figura 1).

Los registros de velocidad del viento se obtuvieron mediante dos instrumentos mecánicos de registro continuo, con sensores de magnitud y dirección integrados (Anemómetros Kahlsico, modelo 02AM300). La precisión de los instrumentos es de $\pm 5^\circ$ (grados magnéticos) en la dirección y sensibilidad de 0,5 m/seg en la rapidez. La razón de retraso es de ± 5 min/mes. Los instrumentos se instalaron a 10 metros sobre el nivel del suelo en cada una de las estaciones meteorológicas.

Los datos de la temperatura del aire se obtuvieron

utilizando dos instrumentos mecánicos de registro continuo y simultáneo, de la temperatura y humedad relativa del aire (Higrotermógrafos Kahlsico, modelo 19AM140/L). La precisión de los instrumentos es de $\pm 1\%$ en la temperatura y $\pm 3\%$ en la humedad relativa. Se instalaron a 3 metros del suelo en cada una de las estaciones de registro.

Los registros de la temperatura del mar se obtuvieron mediante dos instrumentos de registro continuo (Peabody Ryan, modelo J-90). Los cuales se calibraron con rango de $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. La precisión es de $\pm 2\% \approx 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura, y $\pm 0,2\% \approx \pm 3$ min/día en la razón de retraso. Los instrumentos se instalaron aproximadamente a 2 metros de profundidad sobre el nivel medio del mar, en cada una de las estaciones de registro.

II.2. Inspección preliminar.

La información se obtuvo en forma analógica. El primer paso del análisis consistió en digitizar los facsímiles, graficando las series para cada período y estación de registro. Se eliminaron los datos visiblemente erróneos de lectura o funcionamiento inadecuado de los instrumentos de medición.

Los registros de la temperatura del aire T_a , y de la temperatura del agua T_w , se representan en forma escalar. Los registros del viento se representan en forma vectorial:

$$\bar{w}(t) = f\{r(t), \phi(t)\} \quad \dots\dots (1)$$

donde, $\bar{w}(t)$ es el vector velocidad a un tiempo t ; $r(t)$ la rapidez y $\phi(t)$ la dirección. Esta representación está dada con relación hacia el norte magnético, la cual no es conveniente para la interpretación física de los datos, así la primera transformación del análisis consistió en aplicar la corrección por declinación magnética $13^\circ, 03'$ para obtener la orientación trigonométrica β_T , a partir del ángulo o dirección magnética ($\phi = \phi_G$) de $\bar{w}(t)$:

$$\beta_T = 90^\circ - \phi_G. \quad \dots\dots (2)$$

De la ecuación 2, se obtuvieron las componentes cartesianas del vector velocidad $\bar{w}(t)$:

$$u(t) = r(t) \cos\{\beta_T\},$$

$$v(t) = r(t) \sin\{\beta_T\}$$

.....(3)

donde, $u(t)$ representa la magnitud del vector velocidad

$\vec{V}(t)$, proyectada sobre un eje coordenado E-W; E para magnitudes con dirección positiva, y W para magnitudes con dirección negativa. Por otra parte, la magnitud $v(t)$ del vector velocidad $\vec{V}(t)$ es la proyección sobre un eje coordenado N-S; N para magnitudes con dirección positiva, y S para magnitudes con dirección negativa.

II.2.1. Estadísticas generales.

En términos rudimentarios la representación de una serie de tiempo $s(t)$, puede ser descrita por sus características estadísticas básicas. Por ejemplo, la intensidad de un fenómeno físico aleatorio - que no posee una representación matemática explícita - puede ser descrito por el valor cuadrático medio. (Las ecuaciones que se presentan a continuación son obtenidas de Bendat y Piersol, 1971):

$$U_s^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \int_0^T [s(t)]^2 dt \quad \dots\dots(4)$$

donde, U_s^2 es el valor cuadrático medio y, T es la longitud de la serie $s(t)$. Además, los registros de un fenómeno aleatorio se representan por la combinación de una componente estática o invariante en tiempo y una componente

dinámica o fluctuante. Donde, las características estáticas básicas pueden ser descritas por el valor promedio de la serie $s(t)$,

$$\mu_s = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \int_0^T s(t) dt \quad \dots\dots(5)$$

y las características dinámicas básicas de la serie $s(t)$, son descritas por la variancia,

$$\gamma_s^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \int_0^T [s(t) - \mu_s]^2 dt. \quad \dots\dots(6)$$

También se puede ver que desarrollando (6), se obtiene la variancia en términos del valor cuadrático medio y promedio de la serie $s(t)$:

$$\gamma_s^2 = U_s^2 - \mu_s^2 \quad \dots\dots(7)$$

II.2.2. Análisis de persistencia.

Un parámetro estadístico de gran utilidad es la persistencia de la dirección del viento, que se obtiene de la descomposición cartesiana del vector $\vec{w}(t)$, (Reyes y Vogel, 1933):

$$p_1 = \{\bar{u}^2 + \bar{v}^2\}^{\frac{1}{2}}$$

$$p_2 = \overline{\{u^2 + v^2\}}^{\frac{1}{2}}$$

$$P = p_1 / p_2 \quad \dots\dots(8)$$

donde, P es una cantidad acotada entre cero y uno que determina la magnitud de la persistencia del viento.

II.3. Análisis en tiempo.

A partir de los registros de datos como una sucesión ordenada y continua de observaciones asociadas a un intervalo de tiempo, no es posible inferir exactamente valores futuros, sin embargo, si es plausible caracterizar su comportamiento estadístico. Para ésto, es necesario recurrir a algunas herramientas clásicas en el análisis de series de tiempo no-determinísticas:

i. La función de autocorrelación, R_{11} :

$$R_{11}(\lambda) = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \int_0^T s_1(t) s_1(t + \lambda) dt \quad \dots\dots(9)$$

donde, λ es el desfase en tiempo y, T la longitud de la

serie $s_1(t)$. Esta función R_{11} determina el grado de similitud de la serie $s_1(t)$ con ella misma.

ii. La función de correlación cruzada, R_{12} :

$$R_{12}(\lambda) = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \int_0^T s_1(t) s_2(t + \lambda) dt. \dots\dots(10)$$

R_{12} es una medida de la similitud o interdependencia de la serie $s_1(t)$ con la serie $s_2(t)$, y viceversa.

iii. La función de convolución o promedio corrido ponderado entre las series $s_1(t)$ y $s_2(t)$:

$$C_V = s_1(t) * s_2(t) = \int_0^T s_1(t) s_2(t - \lambda) d\lambda \dots(11)$$

donde, * simboliza la operación de convolución y, C_V es un filtro digital en el dominio del tiempo, es decir, que si la serie $s_1(t)$ se convoluciona con la serie $s_2(t)$, entonces se dice que C_V es el resultado de la serie $s_1(t)$ filtrada.

IX.4. Análisis en frecuencia.

Por los métodos estadísticos clásicos en el análisis de series de tiempo, una función se representa comúnmente

en el dominio del tiempo (t), o en frecuencia (f). La diferencia de presentar la información en un dominio u otro es cuestión de interés práctico y, la equivalencia de una representación y otra, se efectúa mediante la relación biunívoca del par transformado de Fourier $\{s(t) \leftrightarrow S(f)\}$ (Blackman y Tukey, 1958):

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-2\pi i f t} dt, \quad \dots(12)$$

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{2\pi i f t} df.$$

Es conveniente señalar que la conversión de un dominio a otro utilizando la relación 12, se lleva a cabo por técnicas digitales aplicadas a series de datos aleatorios discretos, según teorema de muestreo (Blackman y Tukey, 1958).

II.4.1. Función densidad de potencia espectral.

Un resultado importante se deriva de la relación 12, ya que es posible medir - mediante técnicas digitales - la forma en que se distribuye la energía en una serie de tiempo en frecuencia. Esta función se asocia a una unidad de intervalo de frecuencia Δf , que describe la composición general en frecuencia de los registros, en términos de la

densidad espectral de su valor cuadrático medio

$$U_s^2(f, \Delta f) = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \int_0^T s^2(t, f, \Delta f) dt. \quad \dots\dots(13)$$

Esta cantidad representa el valor promedio sobre la banda o intervalo de frecuencia, donde $s(t, f, \Delta f)$ es la porción de $s(t)$ en el intervalo de frecuencia $(f, f + \Delta f)$; entonces tenemos que para incrementos infinitesimales de Δf , la función densidad de potencia espectral es proporcional a su valor cuadrático medio

$$U_s^2(f, \Delta f) \approx S(f) \Delta f. \quad \dots\dots(14)$$

Una forma alternativa de calcular la función densidad de potencia espectral es por el par transformado indicado en la ecuación 9 $\{R_{11}(\lambda) \leftrightarrow P_{11}(f)\}$, según teorema de Wiener-Khinchine, (Hsu, 1970):

$$P_{11}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{11}(\lambda) e^{-2\pi i f t} d\lambda. \quad \dots\dots(15)$$

II.4.2. Función densidad espectral-cruzada.

El concepto de función densidad espectral-cruzada de dos series de datos aleatorios, se deriva de la ecuación

10. De la misma forma que en la ecuación 15, la función de correlación cruzada $R_{12}(\lambda)$ satisface las condiciones de par transformado de Fourier $\{R_{12}(\lambda) \leftrightarrow P_{12}(f)\}$,

$$P_{12}(f) = C_{12}(f) - iQ_{12}(f). \quad \dots\dots(16)$$

Donde, la función resultante $P_{12}(f)$ es una cantidad compleja y, $i = (-1)^{\frac{1}{2}}$ es un número imaginario. Además, es conveniente separar la ecuación 16 en su parte real $C_{12}(f)$ o coespectro, y su parte imaginaria $Q_{12}(f)$ o espectro de cuadratura. Otra forma de representar la función densidad espectral-cruzada, es reescribiendo la ecuación 16 en notación polar, esto es:

$$P_{12}(f) = |P_{12}(f)| e^{-i\theta_{12}(f)}, \quad \dots\dots(17)$$

donde, la magnitud $|P_{12}|$ y el ángulo θ_{12} , están dados por (Bendat y Piersol, 1971):

$$|P_{12}(f)| = \{C_{12}^2(f) + Q_{12}^2(f)\}^{\frac{1}{2}}, \quad \dots\dots(18)$$

$$\theta_{12}(f) = \tan^{-1} \{(Q_{12}(f))(C_{12}(f))^{-1}\}^{\frac{1}{2}}.$$

II.4.3. Función admitancia.

Las características dinámicas de un sistema lineal y de parámetros constantes, i.e., físicamente realizable e invariante en tiempo, pueden ser descritas por una función peso o de transferencia $h(\tau)$ a un tiempo τ , donde, para una función arbitraria de entrada $s_1(t)$ en el sistema, la respuesta de éste se determina por la integral de convolución de $s_2(t)$, (Dondat y Piersol, 1971):

$$s_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) s_1(t - \tau) d\tau. \quad \dots(19)$$

Ahora bien, si el sistema es lineal y de parámetros constantes, para que sea físicamente realizable implica la condición: $\tau < 0 \rightarrow h(\tau) = 0$, además $H(f)$ es la función de transferencia o de respuesta en frecuencia, donde $\{h(\tau) \leftrightarrow H(f)\}$ satisface las condiciones de par transformado de Fourier, es decir

$$H(f) = \int_0^{\infty} h(\tau) e^{-2\pi i f t} d\tau. \quad \dots(20)$$

Un resultado importante se deriva de las ecuaciones 19 y 20 (Hsu, 1970), ya que aplicando el teorema de convolución se determina la respuesta a un mecanismo de perturbación en particular, así de esta forma se puede inferir la estructura energética-espectral de $s_2(t)$:

$$S_2(f) = H(f) S_1(f) \quad \dots\dots(21)$$

Esta función de transferencia en frecuencia conocida también como función admitancia, se le ha encontrado una amplia aplicabilidad en estudios relacionados con la oceanografía, como el análisis de perturbaciones debidas a las mareas oceánicas, (Codia, 1976). Su definición está dada por (Lundat y Fiszsol, 1971):

$$H(f) = |H(f)| e^{-i\theta_a(f)} \quad \dots\dots(22)$$

donde, $H(f)$ es un número complejo en notación polar y por la ecuación 18, $|H(f)|$ es un factor de amplitud llamado también ganancia. El ángulo $\theta_a(f)$ es el factor de fase del sistema; desde el punto de vista físico, la función admitancia representa una medida de la dependencia espectral entre la series $s_1(t)$ y $s_2(t)$, cuantificando la importancia relativa en bandas de energía.

II.4.4. Función coherencia.

Un parámetro estadístico de gran utilidad es la función coherencia, que establece un criterio de certidumbre para la función de respuesta medida en la

ecuación 22.

En definición se deriva de la función densidad espectral-cruzada, donde, si $|S_{12}|^2$ es menor o igual que el producto de $S_1(f)$ con $S_2(f)$, entonces:

$$\gamma_{12}^2(f) = \frac{|S_{12}(f)|^2}{S_1(f)S_2(f)} \quad \dots\dots(23)$$

La cantidad $\gamma_{12}^2(f)$ es una medida de confiabilidad acotada entre cero y uno, así tenemos que cuando $\gamma_{12}^2(f) \rightarrow 0$ en la frecuencia f_0 , entonces se dice que $s_1(t)$ y $s_2(t)$ no están coherentemente correlacionados en la frecuencia f_0 . Ahora, si $\gamma_{12}^2(f) \rightarrow 0$ para toda frecuencia f , entonces $s_1(t)$ y $s_2(t)$ son eventos estadísticamente independientes. Por otra parte, si $\gamma_{12}^2(f) \rightarrow 1$ en la frecuencia f_0 , entonces se dice que $s_1(t)$ y $s_2(t)$ son eventos significativamente coherentes y por lo tanto estadísticamente dependientes.

II.5. Filtros digitales.

En el análisis de series de tiempo, es común recurrir a las técnicas de filtros digitales, esto se hace por la diversidad de aplicaciones: como suavizar o eliminar la tendencia lineal de los datos, separar componentes de

frecuencia y caracterizar las propiedades estadísticas en diferentes intervalos de frecuencia. La relación general entre una serie de datos de entrada $s_1(t)$ y una serie de salida $s_2(t)$ de un filtro lineal, se obtiene de las ecuaciones 19 y 20:

$$\{s_1(t) * s_2(t)\} \longleftrightarrow \{S_1(f) S_2(f)\}, \quad \dots\dots\dots(24)$$

$$\{s_1(t) \quad s_2(t)\} \longleftrightarrow \{S_1(f) * S_2(f)\}$$

donde, la ecuación 24 es el teorema de convolución en tiempo y en frecuencia. Este teorema es un resultado relevante para las técnicas de filtros digitales, ya que su aplicación permite escudriñar determinadas frecuencias del fenómeno que se desea estudiar. Para esto, se define a $f(t)$ como la representación del filtro en tiempo y $F(f)$ en frecuencia. Ahora que, si $F(f)$ elimina cantidades mayores que la frecuencia nominal f_0 , es decir: si $f > f_0$, $\rightarrow F(f)=0$, se dice que es un filtro lineal de paso bajo.

En este trabajo se aplicó sucesivamente un operador de promedio corrido ponderado A_n , el cual consiste en promediar los n -elementos sucesivos de la serie $s(t)$, desplazándose un elemento después de cada promedio, (Godin, 1967). En tiempo, A_n se representa por una función rectangular de n -elementos $\overline{f}(t) = A_n(t)$, con amplitud n^{-1} .

Así, la transformada de Fourier del filtro es (Bracewell, 1965):

$$F(f) = n^{-1} \operatorname{sen}(nf\Delta t) (\operatorname{sen}(f\Delta t))^{-1}. \quad \dots(25)$$

Además, la presencia de ruido es inherente al proceso digital, aunado a que la ecuación 25 dista considerablemente de ser un filtro ideal, la distorsión espectral o ruido se manifiesta por la presencia de lóbulos o fenómeno de Gibbs. Una forma alternativa de minimizar este efecto consiste en aplicar el operador de promedio corrido ponderado (Godin, 1967),

$$A_n^m A_{n+1} \quad \dots(26)$$

donde, el exponente m indica que el operador A_n se aplica m -veces sucesivas, así por las ecuaciones 24 y 25 el par transformado del filtro es

$$\{ \overline{U}(t) * s(t) \} \leftrightarrow \{ F(f) S(f) \}. \quad \dots(27)$$

III. RESULTADOS.

En este capítulo se presentan y se describen las características estadísticas de los registros generados, según el tipo de análisis aplicado.

III.1. Estadísticas básicas.

En términos rudimentarios se dice que un fenómeno físico aleatorio, puede ser representado por medio de sus características estadísticas básicas.

III.1.1. Temperatura del mar, TM.

En la tabla I se presentan las características estadísticas básicas de la temperatura del mar (TM). En la estación Bahía Falsa (BFA) se obtuvieron registros de datos digitizados cada hora, durante más de 22 días desde febrero hasta septiembre. La figura 2.a presenta las series de tiempo durante los meses de abril y mayo, la figura 2.b durante los meses de julio y agosto. En la estación Boca (BBO) registros de datos digitizados cada hora con más de 27 días continuos desde abril hasta agosto, excluyendo el mes de septiembre con solamente 5 días de registro. La figura 3.a presenta las series de tiempo durante los meses de abril y mayo, la figura 3.b durante los meses de junio y

julio y la figura 3.c durante los meses de agosto y septiembre.

También en la tabla I se observa que la componente estática o magnitud promedio mensual (MPM) de cada una de las series de tiempo, presenta un gradiente térmico positivo con dirección hacia la línea de costa: desde la boca del canal principal EBO, hacia la cabeza o interior de la bahía EFA. En EFA la magnitud promedio mínima es durante el mes de febrero con $15,8^{\circ}\text{C}$ y la magnitud promedio máxima con $20,2^{\circ}\text{C}$ durante el mes de agosto. En EBO la magnitud promedio mínima es durante el mes de mayo con $13,8^{\circ}\text{C}$ y la magnitud promedio máxima es durante el mes de septiembre con $23,8^{\circ}\text{C}$.

Por otra parte, el comportamiento estadístico general de la componente variante en tiempo o variancia, es de mayor magnitud en EBO que en EFA con rangos de fluctuaciones mayores hasta en un orden de magnitud. En EFA se observa que el valor mínimo de la temperatura se registra durante el mes de febrero con $13,8^{\circ}\text{C}$ y el valor de la temperatura máximo se registra durante el mes de septiembre con $24,5^{\circ}\text{C}$. La menor variancia de los registros es durante el mes de junio y septiembre es el mes con mayor variancia. En EBO el valor mínimo se registra durante los meses de abril y mayo con 11°C y, el valor

máximo observado es de 27 °C durante el mes de septiembre. La menor variancia se presenta durante el mes de mayo y agosto representa el mes con mayor variancia.

III.1.2. Temperatura del aire, TA.

En la tabla II se presentan las características estadísticas básicas de la temperatura del aire (TA). En EPA se obtuvieron registros de datos digitizados cada 2 horas, durante los meses desde febrero hasta septiembre, sin embargo, es desde abril hasta agosto que se tienen registros con más de 20 días continuos. En la figura 2.a se presentan las series de tiempo durante los meses de abril y mayo, en la figura 2.b durante los meses de julio y agosto. En EBO se obtuvieron registros discretizados cada 3 horas durante los meses desde marzo hasta agosto y, solamente desde junio hasta agosto se tienen registros con más de 10 días continuos. La figura 3.a presenta las series de tiempo durante los meses de abril y mayo, la figura 3.b durante los meses de junio y julio y la figura 3.c durante los meses de agosto y septiembre.

En general, se observa que MPK es mayor en EPA que en EBO durante todos los meses registrados. En EPA la magnitud promedio mínima con 12,6 °C durante el mes de febrero y la magnitud promedio máxima con 20,2 °C durante

el mes de agosto. En EEO, el mes registrado con la magnitud promedio mínima es marzo con 15 °C y la magnitud promedio máxima es durante el mes de agosto con 19,6 °C.

Las fluctuaciones térmicas de TA, también presentan un comportamiento estadístico similar a MPH, es decir, las cantidades de la variancia son mayores en EFA que en EEO durante los meses registrados. En EFA, las magnitudes de la variancia son del mismo orden de magnitud durante casi todos los meses, con la excepción de abril que es el mes con mayor fluctuación térmica.

III.1.3. Intensidad del viento, IV.

Las características estadísticas básicas de la intensidad del viento (IV), se presentan en la tabla III. En EFA se tienen registros digitizados cada hora con 10 días o más, desde febrero hasta agosto excluyendo los meses de mayo con 3 días y de septiembre con 9 días. En EEO los meses con más de 10 días de datos horarios registrados son desde abril hasta agosto y, los meses de marzo y de septiembre con 9 y 7 días respectivamente.

Las características estadísticas de la MPH son similares en las 2 estaciones de registro. La magnitud promedio mínima es durante el mes de marzo con 12,6 km/h en

EFA, y con 13,2 Km/h en EEO. La magnitud promedio máxima en EFA es durante el mes de septiembre con 16,2 km/h y en EEO, también durante el mes de septiembre con 17,1 km/h.

Las características estadísticas de los datos presentan mayores variancias en EFA que en EEO durante todos los meses de registro. En ambos casos, abril es el mes que representa la mayor fluctuación de la intensidad.

III.2. Análisis de persistencia del viento.

La persistencia es una medida de la variabilidad de la dirección de donde viene el viento predominante. La magnitud de la persistencia (P) es una cantidad escalar acotada entre cero y uno; si P tiende a cero la dirección del viento es variable, si P tiende a uno la dirección es persistente.

En las tablas IV.a y IV.b se presentan las características estadísticas del análisis de persistencia aplicado a las componentes cartesianas u y v del vector velocidad. La componente u representa la magnitud del viento con direcciones este y oeste y, la componente v es la magnitud del vector velocidad con las direcciones norte y sur. En las figuras 4.a y 4.b se presentan los diagramas de actillas durante los meses de abril y agosto,

respectivamente. Se observa que la dirección predominante es del oeste-suroeste (WSW) entre los 240 y 260 grados geográficos de dirección. En la tabla IV.a se presentan las estadísticas básicas en EFA, de las componentes vectoriales u y v de la velocidad del viento durante todos los meses registrados, se observa que la MPH de la IV es mayor en la componente u que en v . El mes de septiembre presenta la magnitud promedio máxima con el mayor índice de persistencia 0,9 y la menor fluctuación de IV. El caso contrario se presenta durante febrero con la magnitud promedio mínima, la mayor variación de la dirección del viento 0,5 y mayores fluctuaciones de IV.

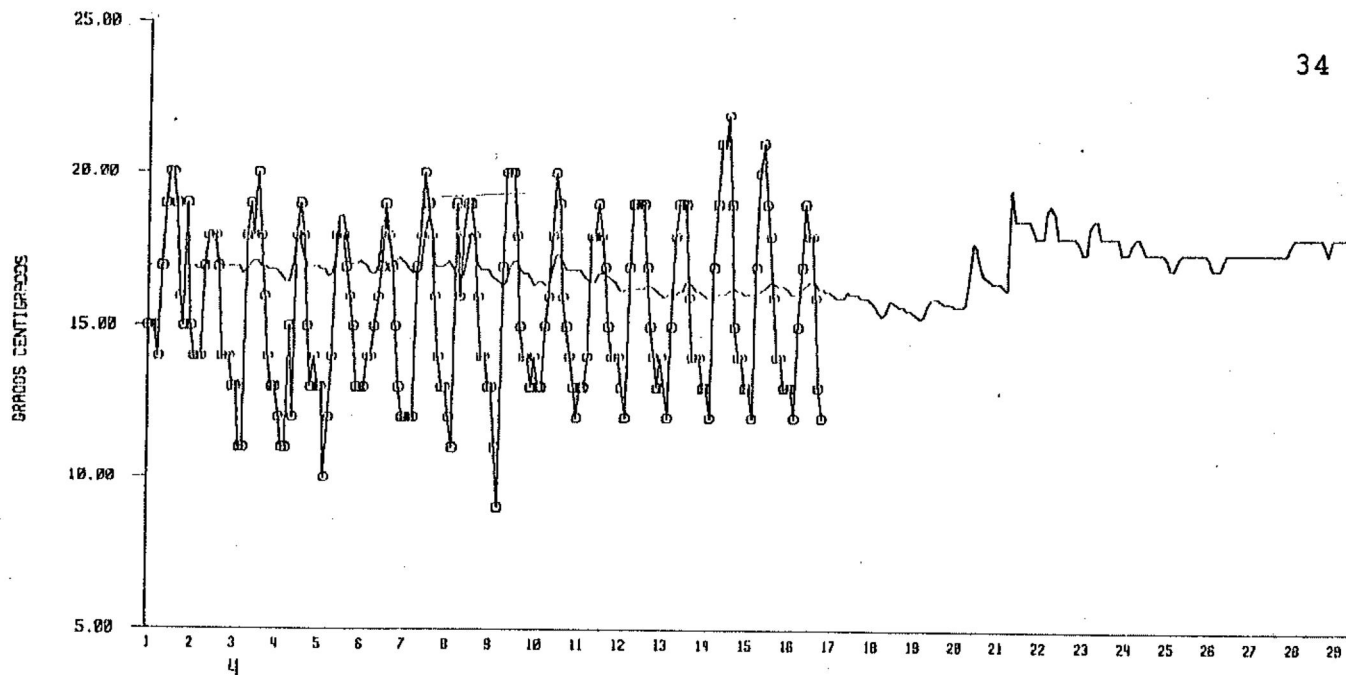
En las figuras 4.a y 4.b se observa que la predominancia del viento durante abril y agosto en EBO es del oeste-noroeste (WNW) entre los 270 y 280 grados geográficos de dirección. La tabla IV.b presenta un comportamiento estadístico similar a EFA de las componentes cartesianas u y v del vector velocidad, durante todos los meses de registro u es mayor que v . El mes de marzo presenta la magnitud promedio mínima con mayor variancia de IV y mayor variación de la dirección del viento 0,6. El caso contrario se presenta durante el mes de septiembre con la magnitud promedio máxima, menor variancia de la IV y mayor índice de persistencia 0,94.

TABLA I. Estadísticas básicas:
 Temperatura del mar, TM.
 Datos horarios en grados centígrados.

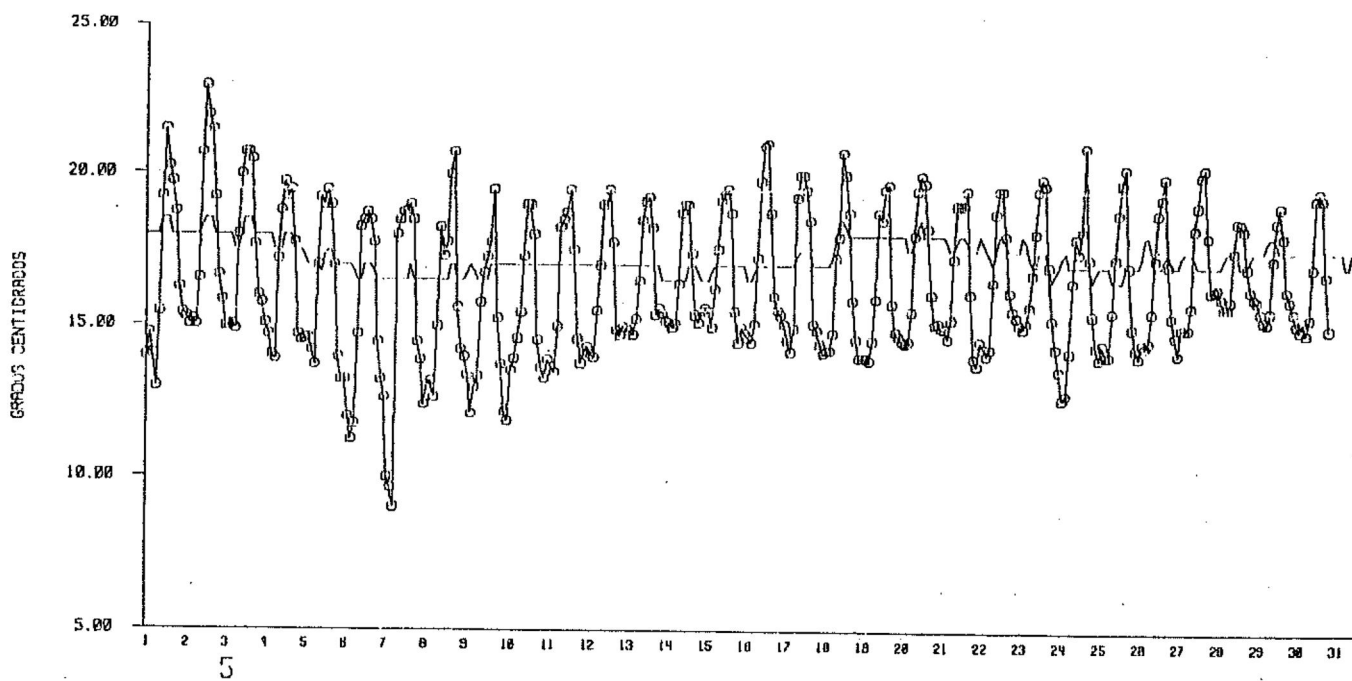
ESTACION: BAHIA FALSA.						
	DIAS	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.
FEB.	22	13.8	18.0	15.8	0.83	0.91
MAR.	31	14.9	19.6	16.2	0.95	0.98
ABR.	29	15.3	20.0	17.0	0.62	0.79
MAY.	31	16.5	18.5	17.3	0.28	0.53
JUN.	30	16.5	18.5	17.1	0.18	0.42
JUL.	26	18.0	21.5	19.4	0.32	0.57
AGO.	31	19.0	21.5	20.2	0.58	0.76
SEP.	28	14.5	24.5	18.9	1.45	1.21
ESTACION: BOCA.						
	DIAS	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.
ABR.	29	11.0	23.4	14.2	2.39	1.55
MAY.	31	11.0	16.5	13.8	1.09	1.04
JUN.	30	12.0	18.0	14.0	1.26	1.12
JUL.	27	13.0	19.0	15.6	1.66	1.29
AGO.	25	14.5	22.0	17.6	2.10	1.45
SEP.	5	21.5	27.0	23.8	1.53	1.24

TABLA II. Estadísticas básicas:
 Temperatura del aire, TA.
 Datos horarios en grados centígrados.

ESTACION: BAHIA FALSA.						
	DIAS	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.
FEB.	3	9.0	20.0	12.63	7.98	2.83
MAR.	5	12.0	22.0	16.30	5.10	2.26
ABR.	21	9.0	26.0	15.91	9.07	3.01
MAY.	30	9.0	23.0	16.37	5.77	2.40
JUN.	29	14.0	26.0	17.27	6.26	2.50
JUL.	30	14.0	27.0	19.05	8.16	2.86
AGO.	30	14.0	30.0	20.28	8.66	2.94
SEP.	14	12.0	24.0	18.27	7.31	2.70
ESTACION: BOCA.						
	DIAS	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.
MAR.	7	11.0	21.0	15.09	4.44	2.11
ABR.	2	12.0	23.0	15.77	8.02	2.83
JUN.	10	14.0	21.0	16.88	3.17	1.78
JUL.	11	15.0	23.0	18.11	3.53	1.88
AGO.	12	16.0	23.0	19.62	3.28	1.81



1986

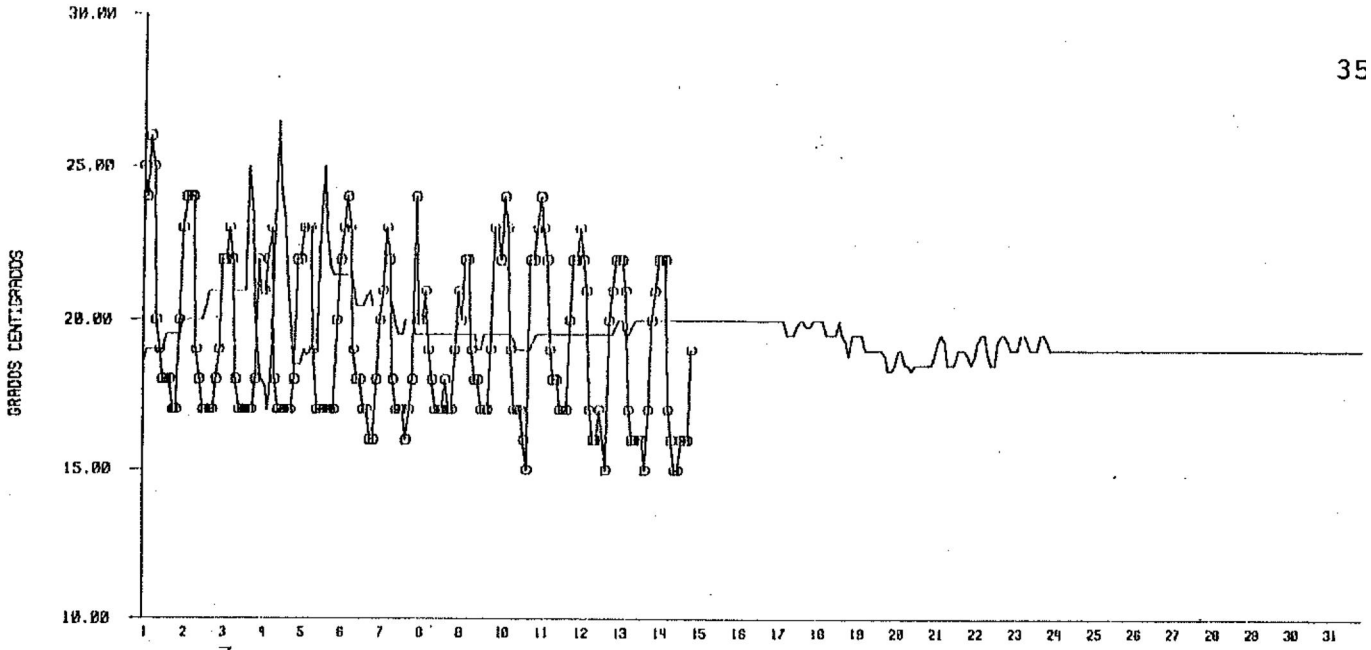


1986

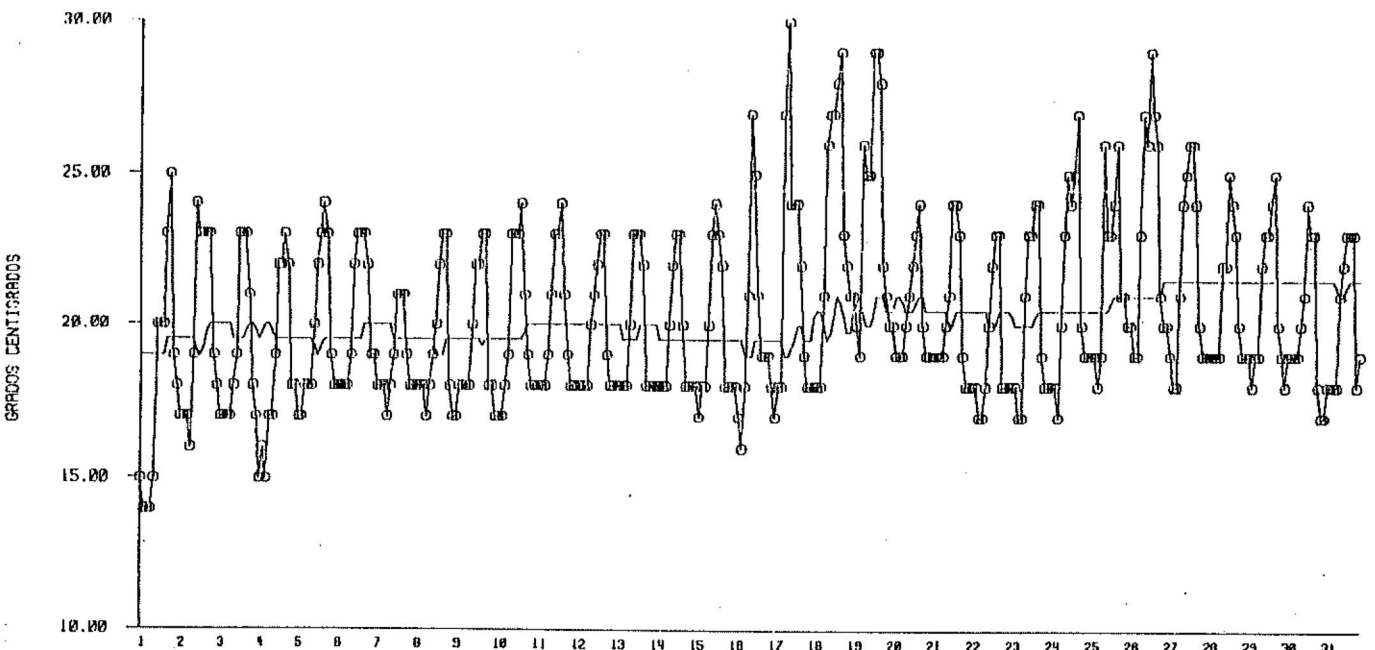
Figura 2.a. Series de tiempo. Estación: Bahía Falsa.

o Temperatura del aire.
 - Temperatura del agua.

Datos horarios promediados cada 2 horas en °C.



7
1986



8
1986

Figura 2.b. Series de tiempo. Estación: Bahía Falsa.

o Temperatura del aire.
- Temperatura del agua.

Datos horarios promediados cada 2 horas en °C.

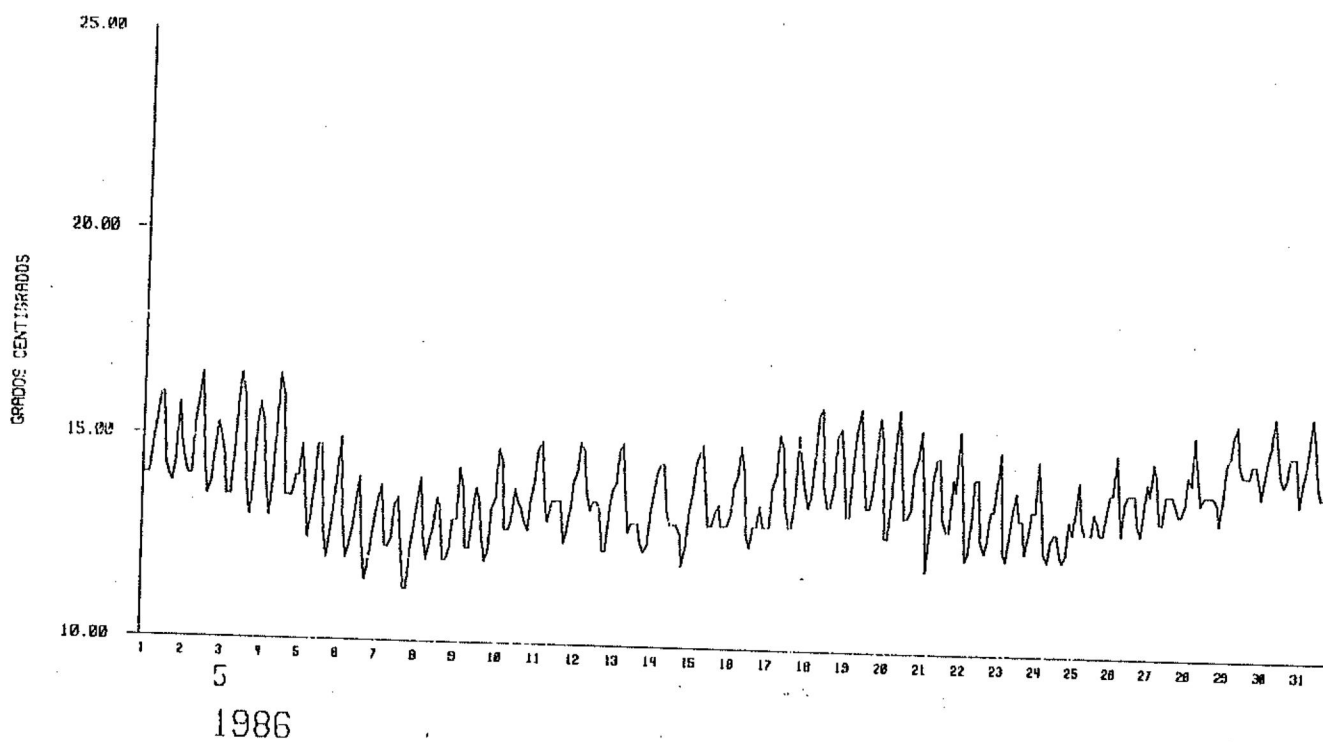
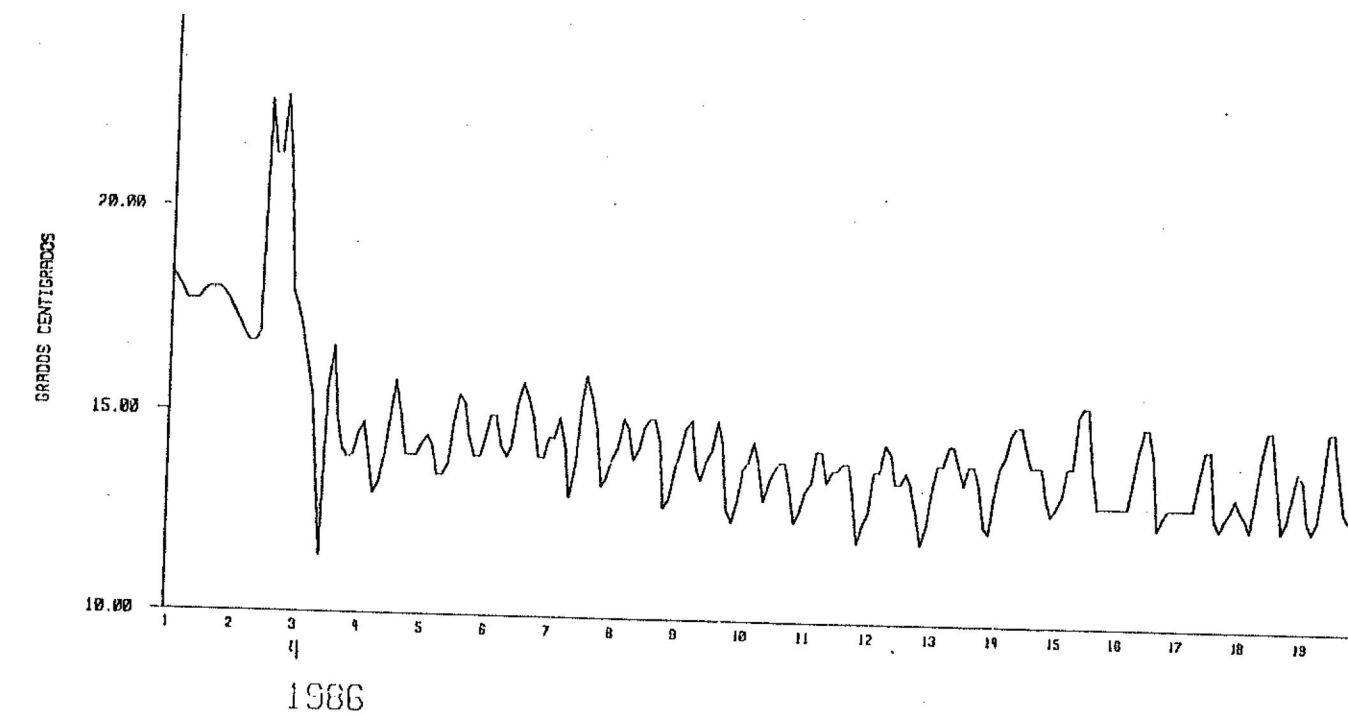
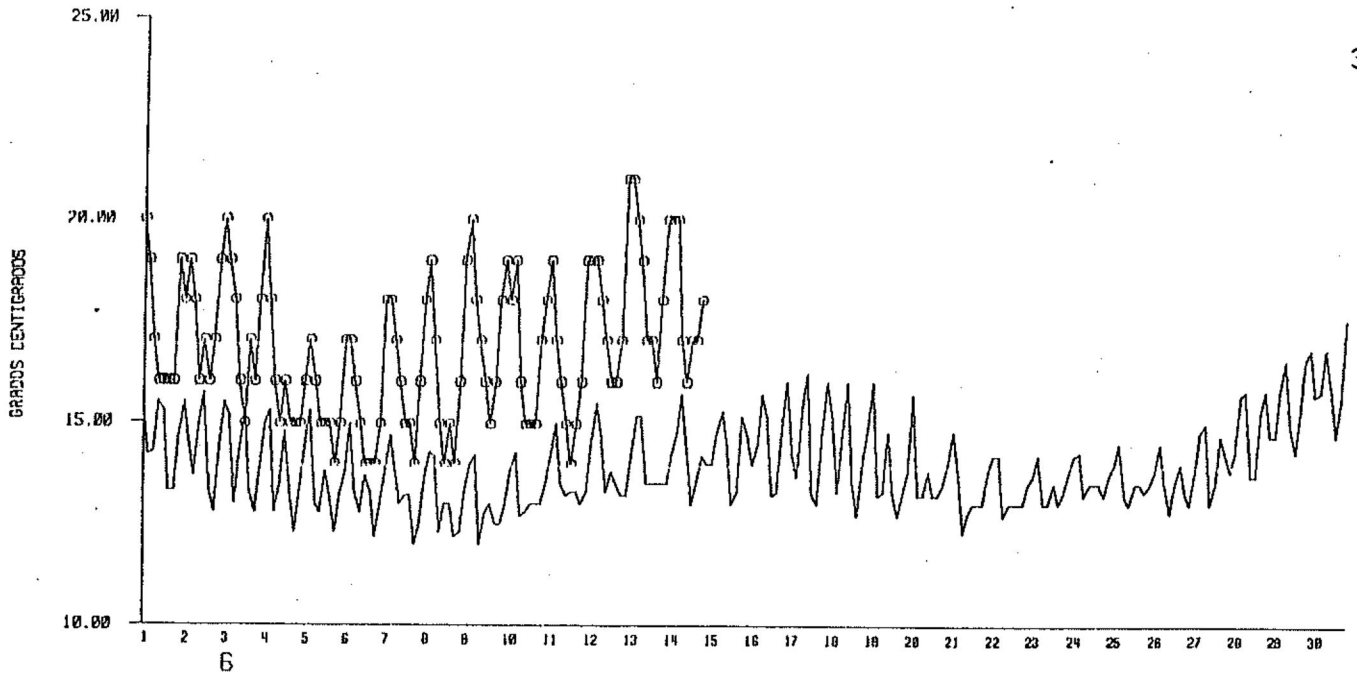


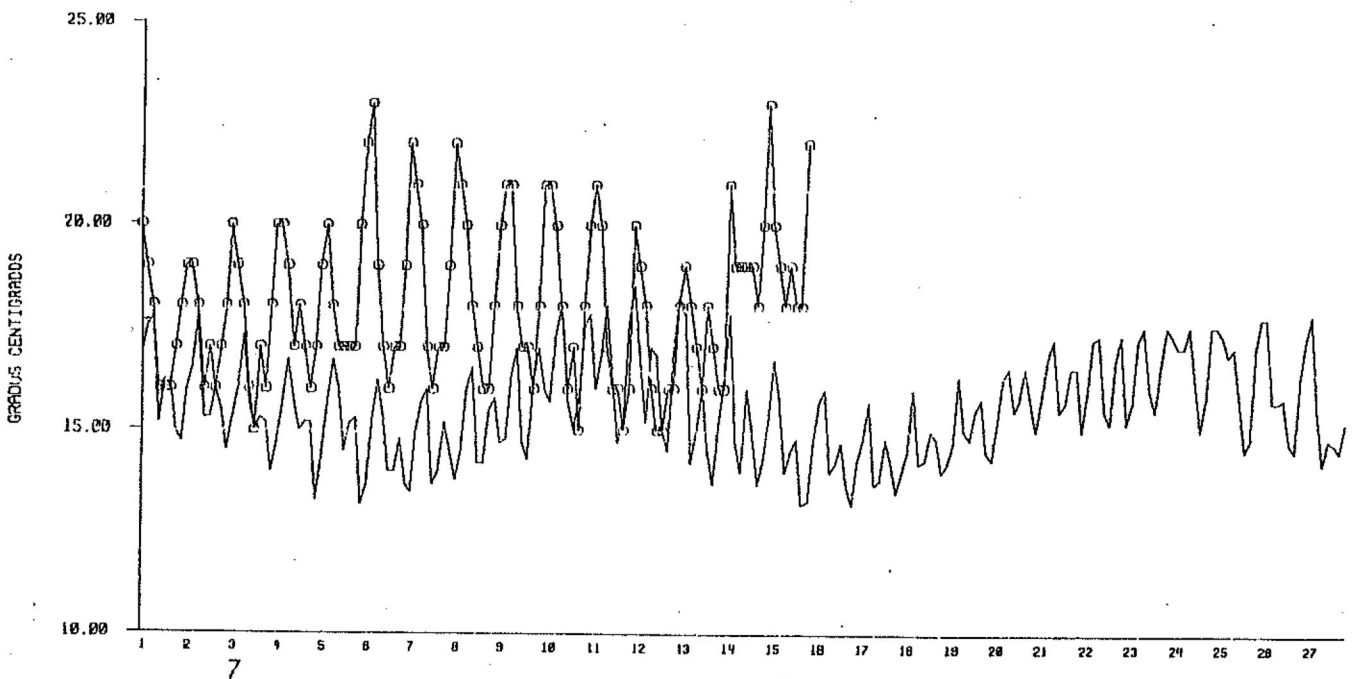
Figura 3.a. Series de tiempo de temperatura del agua.

Estación: Boca.

Datos horarios promediados cada 2 horas en °C.



1986

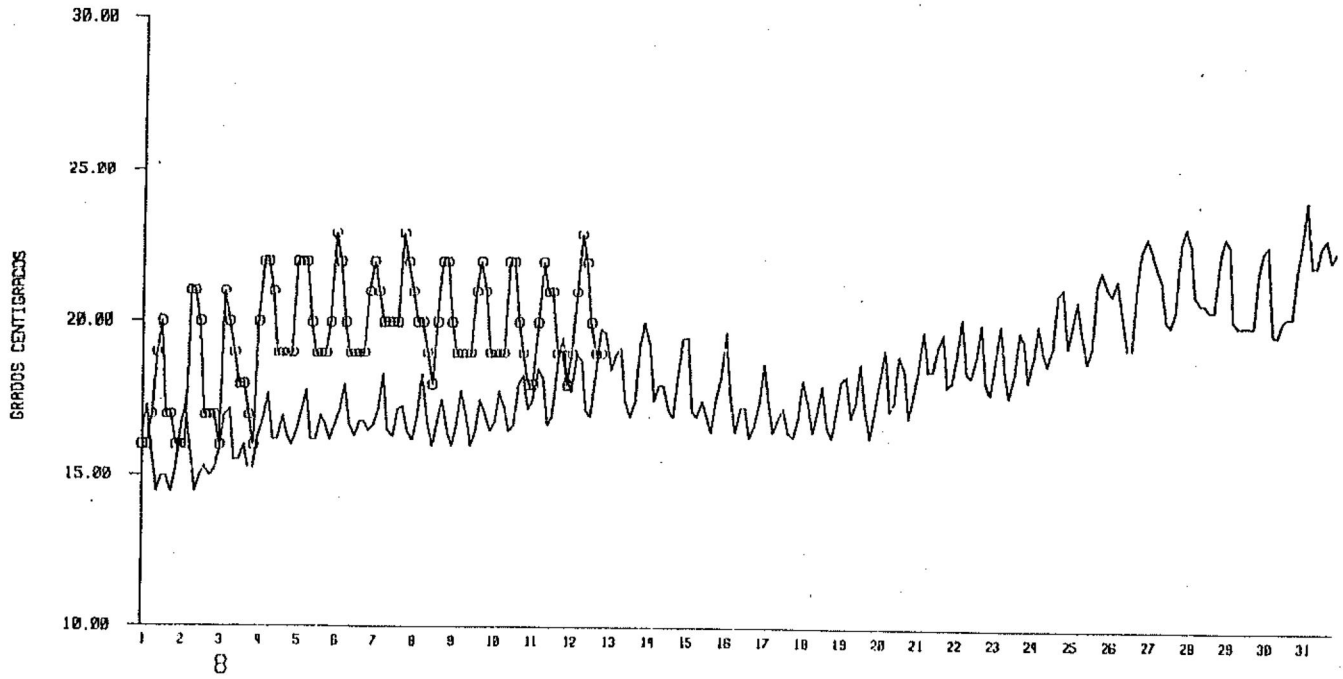


1986

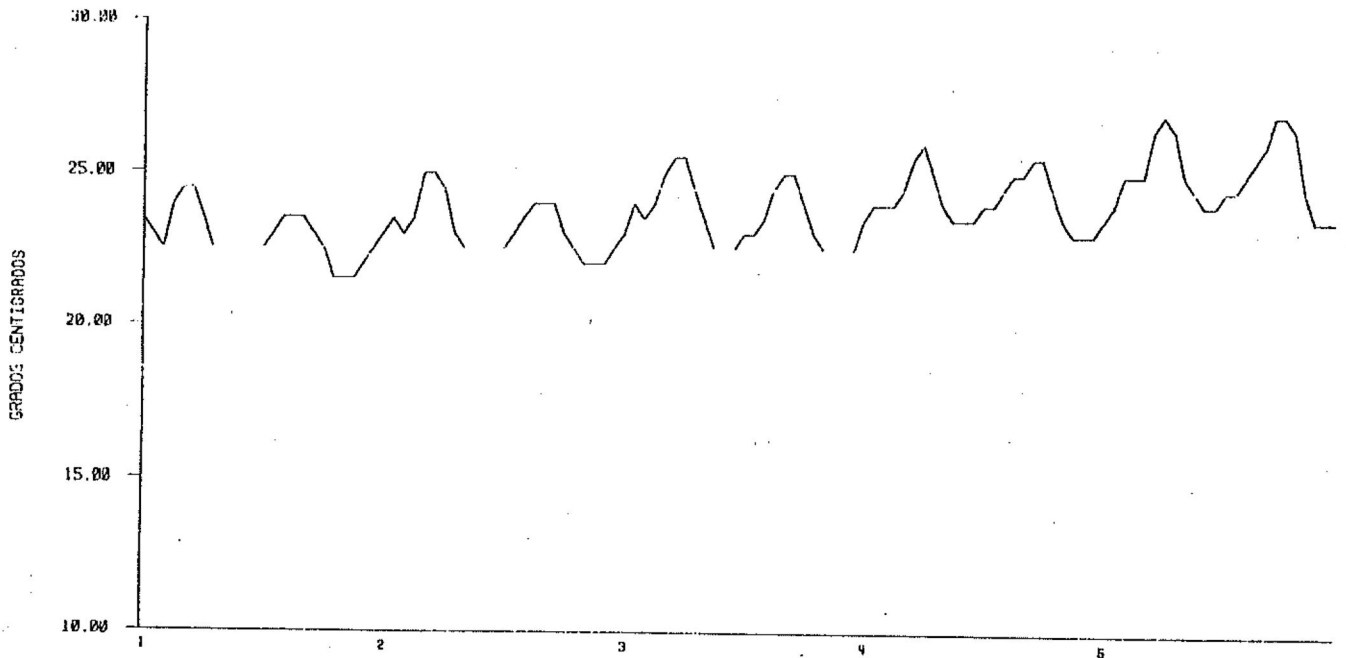
Figura 3.b. Series de tiempo. Estación: Boca.

- o Temperatura del aire.
- Temperatura del agua.

Datos horarios promediados cada 3 horas en °C.



1986



1986

Figura 3.c. Series de tiempo. Estación: Boca.

- o Temperatura del aire.
- Temperatura del agua.

Datos horarios promediados cada 3 horas en °C.

TABLA III. Estadísticas básicas:
Intensidad del viento, IV.
Datos horarios en km/h..

ESTACION: BAHIA FALSA.						
	DIAS	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.
FEB.	15	1.0	30.0	12.9	47.6	6.9
MAR.	12	0.5	30.0	12.6	46.5	6.8
ABR.	27	0.5	30.0	15.5	52.4	7.2
JUN.	26	1.5	25.0	14.0	31.2	5.6
JUL.	30	1.0	30.0	15.5	44.4	6.7
AGO.	31	1.0	25.0	14.0	32.1	5.7
SEP.	9	5.0	25.0	16.2	26.8	5.2
ESTACION: BOCA.						
	DIAS	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.
MAR.	9	1.0	30.0	13.2	35.1	5.9
ABR.	28	1.0	40.0	15.3	41.8	6.5
MAY.	30	2.0	25.0	15.5	36.4	6.0
JUN.	10	5.0	25.0	16.4	19.1	4.4
JUL.	12	2.5	25.0	14.0	33.7	5.8
AGO.	31	0.5	25.0	14.2	21.0	4.6
SEP.	7	7.5	25.0	17.1	19.3	4.4

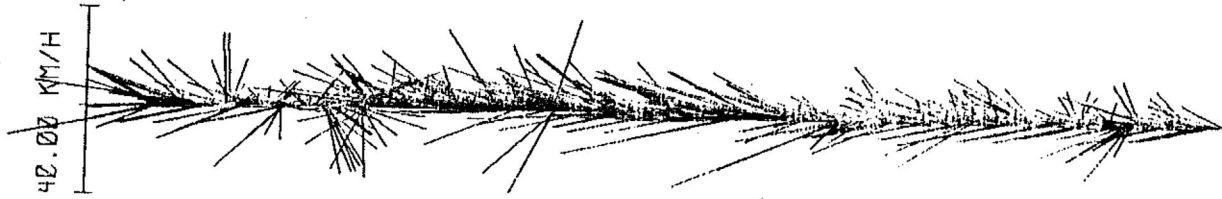
TABLA IV.a. Análisis de persistencia:
Componentes cartesianas del viento.
Datos horarios en km/h y grados geográficos.

ESTACION: BAHIA FALSA.								
	COMP. CART.		MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.	PER.
FEB.	(E - W)							
u	99 261		-29.96	26.73	-7.14	117.19	10.83	0.50
	(N - S)							
v	137 223		-23.91	14.34	-1.72	41.75	6.46	
MAR.	(E - W)							
u	72 218		-29.23	29.96	-7.44	102.71	10.13	0.54
	(N - S)							
v	116 174		-25.16	18.28	-2.27	42.15	6.49	
ABR.	(E - W)							
u	62 586		-29.23	19.85	-12.86	87.03	9.33	0.76
	(N - S)							
v	277 371		-26.73	17.82	-1.48	36.87	6.07	
JUN.	(E - W)							
u	12 602		-24.36	8.17	-12.93	34.98	5.91	0.87
	(N - S)							
v	175 439		-14.34	14.89	-2.58	19.22	4.38	
JUL.	(E - W)							
u	24 686		-29.23	10.23	-13.95	57.53	7.59	0.85
	(N - S)							
v	205 505		-19.13	9.08	-2.81	23.34	4.83	
AGO.	(E - W)							
u	25 719		-24.97	9.56	-12.24	34.22	5.85	0.83
	(N - S)							
v	253 491		-19.97	12.04	-2.79	36.36	6.03	
SEP.	(E - W)							
u	0 204		-24.97	-4.78	-15.30	26.23	5.12	0.90
	(N - S)							
v	89 115		-15.97	6.81	-1.42	26.94	5.19	

TABLA IV.b. Análisis de persistencia:
Componentes cartesianas del viento.
Datos horarios en km/h y grados geográficos.

ESTACION: BOCA.							
	COMP. CART.	MIN.	MAX.	PRM.	VAR.	DST.	PER.
MAR.	(E - W)						0.60
u	52 164	-25.16	14.89	-8.76	100.59	10.03	
	(N - S)						
v	100 116	-16.34	16.77	-0.24	33.11	5.75	
ABR.	(E - W)						0.79
u	65 607	-39.95	18.41	-12.97	82.24	9.07	
	(N - S)						
v	452 220	-17.82	19.13	1.80	23.29	4.83	
MAY.	(E - W)						0.88
u	24 698	-24.97	7.31	-14.58	46.13	6.79	
	(N - S)						
v	388 334	-13.64	12.04	0.38	17.28	4.16	
JUN.	(E - W)						0.92
u	5 227	-24.97	6.29	-15.57	26.43	5.14	
	(N - S)						
v	148 84	-10.89	12.04	1.25	16.43	4.05	
JUL.	(E - W)						0.87
u	5 285	-24.97	6.68	-13.91	38.76	6.23	
	(N - S)						
v	161 129	-13.37	14.63	1.11	21.84	4.67	
AGO.	(E - W)						0.91
u	6 738	-24.97	14.89	-13.51	24.29	4.93	
	(N - S)						
v	428 316	-10.23	10.97	0.76	14.35	3.79	
SEP.	(E - W)						0.94
u	0 158	-24.97	-5.11	-16.03	19.97	4.47	
	(N - S)						
v	138 20	-5.86	18.28	4.37	16.05	4.01	

II.- ESTACION BOCA (ABRIL)

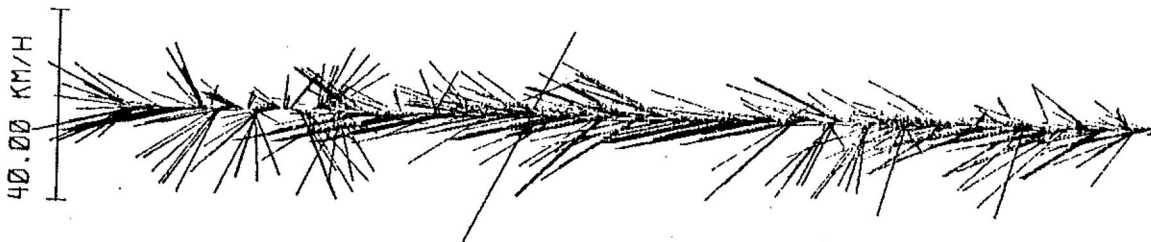


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

4

1986

I.- EST. BAITA FALSA (ABRIL)



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

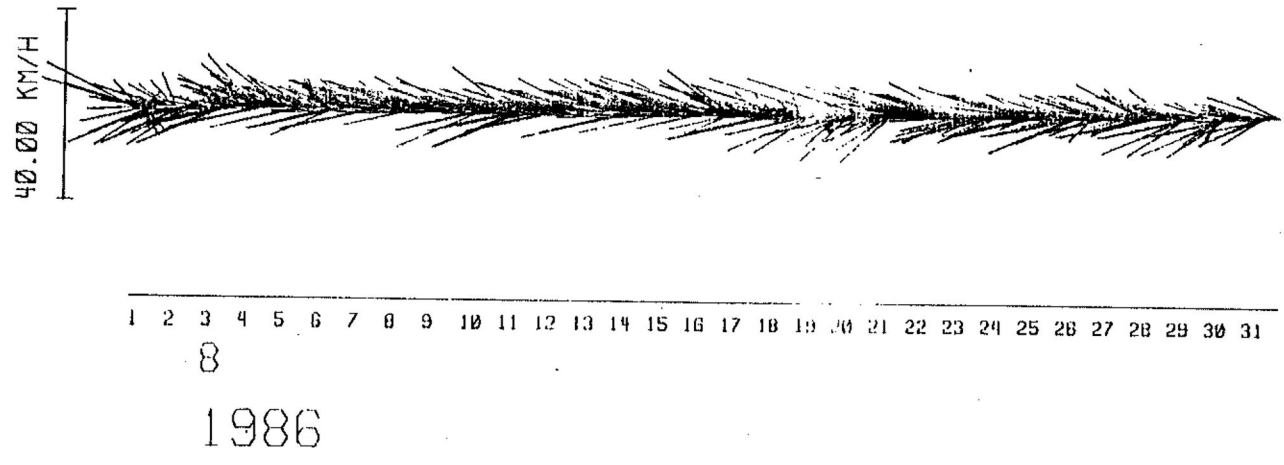
4

1986

Figura 4.a. Diagramas de astillas.

Datos horarios en km/h y grados magnéticos.

II. - ESTACION BOCA (AGOSTO)



I. - EST. BAHIA FALSA (AGOSTO)

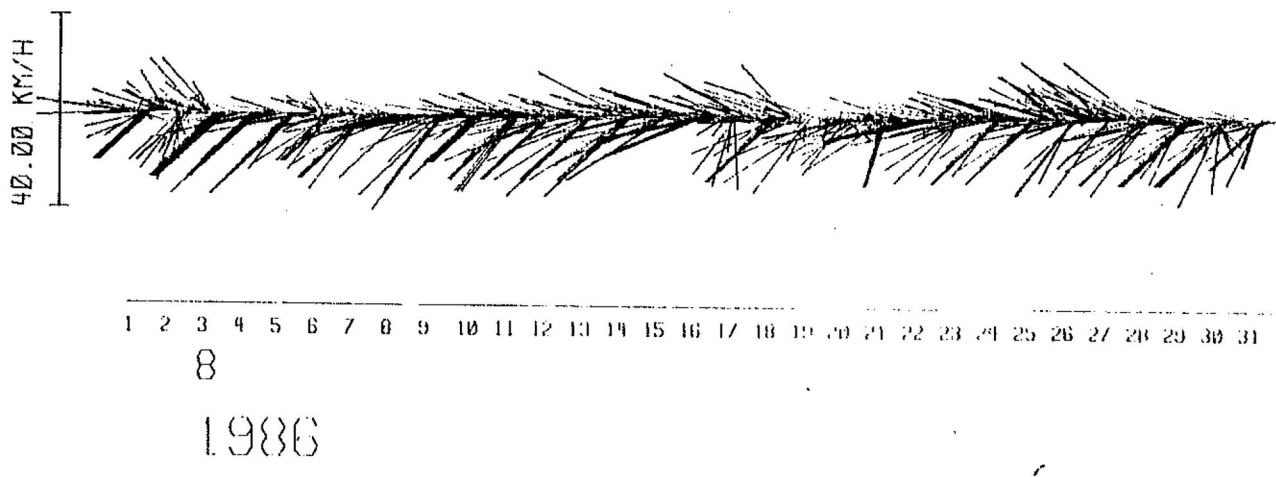


Figura 4.b. Diagramas de astillas.
Datos horarios en km/h y grados magnéticos.

III.3. Análisis espectral.

Es común representar las fluctuaciones de la magnitud de una serie de tiempo en el dominio de la frecuencia, ya que es posible medir, mediante la función densidad de potencia espectral, la forma en que se distribuye periódicamente la energía.

III.3.1. Filtro de promedios corridos.

En cada una de las series de los datos registrados se aplicó un filtro lineal de paso bajo, o filtro de promedios corridos ponderado, el cual fue descrito en el capítulo anterior (II.3). En este trabajo se utilizó el filtro como un operador de alisado, eliminando las frecuencias mayores que 0.25 cph y reduciendo las características de ruido en cada una de las series.

III.3.2. Características espectrales.

Utilizando el algoritmo de la transformada rápida de Fourier (FFT), según el teorema de muestreo en tiempo aplicado a series de datos aleatorios discretos, se obtuvieron las principales características espectrales de

las series asociadas con las principales componentes de frecuencia.

Los espectros de potencia para cada serie de tiempo, se calcularon empleando las subrutinas `RLPORT` de Wilson y `PORT` de Cooley, implementadas en el programa `SPECTRA` (Guillermo Gutiérrez de Velasco Sansonán, comunicación personal).

La secuencia de análisis del programa consiste en eliminar el promedio y la tendencia lineal, aplicando un filtro coseno en los extremos de cada serie. La resolución en las estimaciones de cada uno de los espectros es de 10 grados de libertad (número de datos / bandas de frecuencia) con 90% de certidumbre, según la distribución de probabilidad chi-cuadrada.

En cada uno de los espectros de potencia de la densidad de energía, es evidente la presencia de picos espectrales asociados con las componentes de frecuencia menores, iguales y/o mayores que 1 cpd, que en el dominio del tiempo corresponden a eventos de período largo (>24 horas), diurno (c/24 horas) y semidiurno (c/12 horas). Por otra parte, el contenido porcentual de la densidad de energía espectral acumulada en cada una de las componentes de frecuencia, se obtiene multiplicando el ancho de banda

por el valor asociado a la densidad de la energía espectral, dividido por la suma de la densidad de energía espectral total.

III.3.2.1. Temperatura del mar, TM.

La figura 4.a presenta las gráficas de los espectros de variancia en EFA. Se observan picos espectrales en las frecuencias de período largo y de período diurno. En la tabla V.a, las magnitudes con mayor aporte de la densidad de energía espectral corresponden a las principales componentes de frecuencia asociadas con los picos espectrales: marzo con 42%, abril con 50% en la banda de frecuencia diurna y, mayo con 79%, junio con 37%, julio con 94% y agosto con 73% en las bajas frecuencias (<1 cpd).

La tabla V.b presenta las características estadísticas de la densidad de energía espectral en EEO: abril con 71% y mayo con 50% son los meses con mayor aporte de energía en las bajas frecuencias (<1 cpd), por otra parte, junio con 32%, julio con 49%, agosto con 67% y septiembre con 71% presentan la mayor densidad de la energía asociada con los picos espectrales (figura 4.b) entre las bandas de frecuencia diurna (1 cpd) y semidiurna (2 cpd).

TABLA V.a. Análisis espectral: Temperatura del mar, TM.

ESTACION: BAHIA FALSA.							
CIC/HR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	
0	0.0000	0.132676E 01	0.370736E 01	0.110524E 02	0.423242E 00	0.218056E 02	0.151812E 01
1	0.0208	0.304357E 00	0.362458E 00	0.528282E 00	0.864732E-01	0.245895E 01	0.123556E 01
2	0.0417	0.977296E 00	0.324995E 01	0.618756E 00	0.190601E 00	0.404827E 00	0.535460E 00
3	0.0625	0.835415E-01	0.605101E-01	0.417147E-01	0.347980E-01	0.162113E 00	0.719374E-01
4	0.0833	0.261506E 00	0.870692E 00	0.206266E 00	0.369937E-01	0.235895E 00	0.108523E 00
5	0.1042	0.867498E-02	0.875819E-02	0.107371E-01	0.752263E-02	0.283770E-01	0.107533E-01
6	0.1250	0.646771E-02	0.317179E-01	0.705107E-02	0.333983E-02	0.195187E-01	0.363012E-02
7	0.1458	0.928018E-04	0.249508E-03	0.557414E-03	0.521624E-03	0.217168E-02	0.692119E-03
8	0.1667	0.837109E-04	0.238110E-03	0.117852E-03	0.729593E-04	0.265954E-03	0.635894E-04
9	0.1875	0.135889E-04	0.235131E-04	0.155763E-04	0.110503E-04	0.637264E-04	0.142846E-04
10	0.2083	0.132022E-04	0.797346E-05	0.176000E-04	0.135980E-04	0.844194E-05	0.147459E-04
11	0.2292	0.748135E-05	0.187104E-04	0.118782E-04	0.575282E-05	0.128718E-04	0.844233E-05
12	0.2500	0.440323E-05	0.555182E-05	0.138665E-04	0.302589E-05	0.211383E-04	0.138016E-04
13	0.2708	0.870582E-05	0.112399E-04	0.113586E-04	0.954000E-05	0.180319E-04	0.313039E-04
14	0.2917	0.165943E-04	0.107409E-04	0.175887E-04	0.111807E-04	0.213739E-04	0.320072E-04
15	0.3125	0.975177E-05	0.115480E-04	0.261727E-04	0.798710E-05	0.257576E-04	0.386084E-04
16	0.3333	0.383063E-04	0.635085E-05	0.424611E-04	0.689640E-05	0.156128E-04	0.181696E-04
17	0.3542	0.167557E-04	0.712340E-05	0.300513E-04	0.126587E-04	0.185018E-04	0.304728E-04
18	0.3750	0.294818E-04	0.107827E-04	0.135604E-04	0.116012E-04	0.941417E-05	0.879401E-05
19	0.3958	0.114864E-04	0.698470E-05	0.183254E-04	0.971520E-05	0.112035E-04	0.273529E-04
20	0.4167	0.159151E-04	0.395193E-05	0.310611E-04	0.705710E-05	0.717950E-05	0.396218E-05
21	0.4375	0.246193E-04	0.733543E-05	0.119613E-04	0.568873E-05	0.341952E-05	0.146104E-04
22	0.4583	0.796413E-05	0.237129E-04	0.237397E-04	0.286882E-05	0.305747E-05	0.334086E-05
23	0.4792	0.247532E-04	0.156068E-04	0.284752E-05	0.202201E-05	0.331223E-05	0.398508E-05
24	0.5000	0.197921E-04	0.922034E-05	0.190795E-04	0.256115E-05	0.537352E-05	0.225168E-05
		0.480343E-01	0.134134E 00	0.144583E 00	0.119180E-01	0.296149E 00	0.567905E-01

Datos horarios en grados centígrados, con 10 grados de libertad y 90% de confianza.

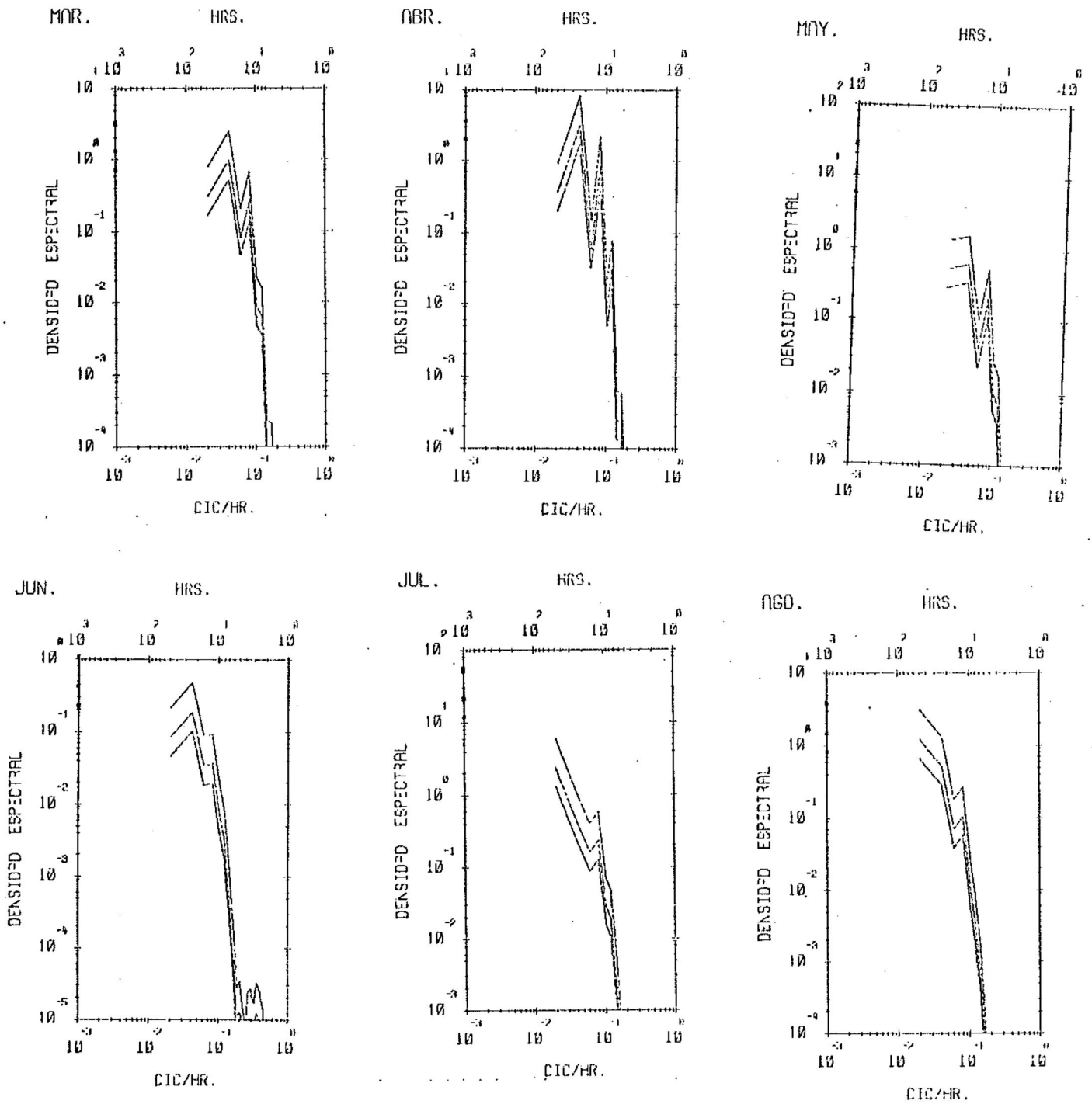


Figura 5.a. Estación Bahía Falsa: Temperatura del mar, TM.

Espectro de potencia escalar en $^{\circ}\text{C}^2 / \text{CIC/HR.}$

Escala logarítmica con 10 grados de libertad y 90% de confianza, según la distribución de probabilidad chi - cuadrada.

TABLA V.b. Análisis espectral: Temperatura del mar, TM.

ESTACION: BOCA.							
CIC/HR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	
0	0.0000	0.699017E 02	0.254001E 02	0.405999E 01	0.310815E 02	0.543115E 01	0.119036E 02
1	0.0208	0.348494E 02	0.927356E 00	0.620865E 00	0.216168E 01	0.979212E 00	0.183298E 01
2	0.0417	0.153252E 02	0.264247E 01	0.777008E 01	0.106548E 02	0.495004E 01	0.101965E 02
3	0.0625	0.112538E 01	0.408067E 00	0.198803E 00	0.787316E 00	0.463687E 00	0.607822E 00
4	0.0833	0.455329E 01	0.834666E 01	0.641028E 01	0.739788E 01	0.398795E 01	0.122527E 02
5	0.1042	0.288842E 00	0.912560E-01	0.446125E-01	0.474673E-01	0.639090E-01	0.479952E-01
6	0.1250	0.111394E 00	0.486917E-01	0.189305E 00	0.110501E 00	0.550582E-01	0.974748E-01
7	0.1458	0.808302E-02	0.288375E-02	0.749134E-03	0.534888E-02	0.250964E-02	0.150610E-02
8	0.1667	0.955492E-02	0.396326E-02	0.320057E-02	0.310026E-02	0.166078E-02	0.597373E-02
9	0.1875	0.114221E-03	0.473813E-04	0.241244E-04	0.816231E-04	0.553771E-04	0.109287E-03
10	0.2083	0.194323E-04	0.100175E-04	0.150775E-04	0.966675E-05	0.780192E-05	0.158435E-04
11	0.2292	0.233442E-04	0.153343E-04	0.884870E-05	0.207855E-04	0.117751E-04	0.978531E-05
12	0.2500	0.132271E-04	0.193617E-04	0.144554E-04	0.242178E-04	0.287528E-04	0.143089E-04
13	0.2708	0.344203E-04	0.102135E-04	0.356962E-04	0.179023E-04	0.462784E-04	0.312632E-04
14	0.2917	0.261276E-04	0.226803E-04	0.162000E-04	0.257125E-04	0.242373E-04	0.125818E-04
15	0.3125	0.628564E-04	0.474077E-04	0.405707E-04	0.527810E-04	0.132227E-04	0.144351E-04
16	0.3333	0.246735E-04	0.504057E-04	0.398459E-04	0.195121E-04	0.176844E-04	0.283276E-04
17	0.3542	0.289100E-04	0.171495E-04	0.358311E-04	0.207175E-04	0.295617E-04	0.127189E-04
18	0.3750	0.145361E-04	0.902983E-05	0.481182E-04	0.888165E-05	0.703104E-05	0.184233E-04
19	0.3958	0.159445E-04	0.120896E-04	0.940661E-05	0.703938E-05	0.120669E-04	0.896444E-05
20	0.4167	0.209213E-04	0.122392E-04	0.193254E-04	0.179936E-04	0.241238E-04	0.163534E-04
21	0.4375	0.621651E-05	0.146414E-04	0.162886E-04	0.279235E-04	0.187964E-04	0.170106E-04
22	0.4583	0.281968E-04	0.295215E-04	0.123280E-04	0.737688E-05	0.125129E-04	0.166869E-04
23	0.4792	0.146990E-04	0.184234E-04	0.293877E-04	0.226253E-04	0.216283E-04	0.141247E-04
24	0.5000	0.169140E-04	0.187512E-04	0.366419E-04	0.131154E-04	0.209277E-04	0.241002E-04
		0.190046E 01	0.524411E 00	0.359755E 00	0.764773E 00	0.275415E 00	0.645729E 00

Datos horarios en grados centígrados, con 10 grados de libertad y 90% de confianza.

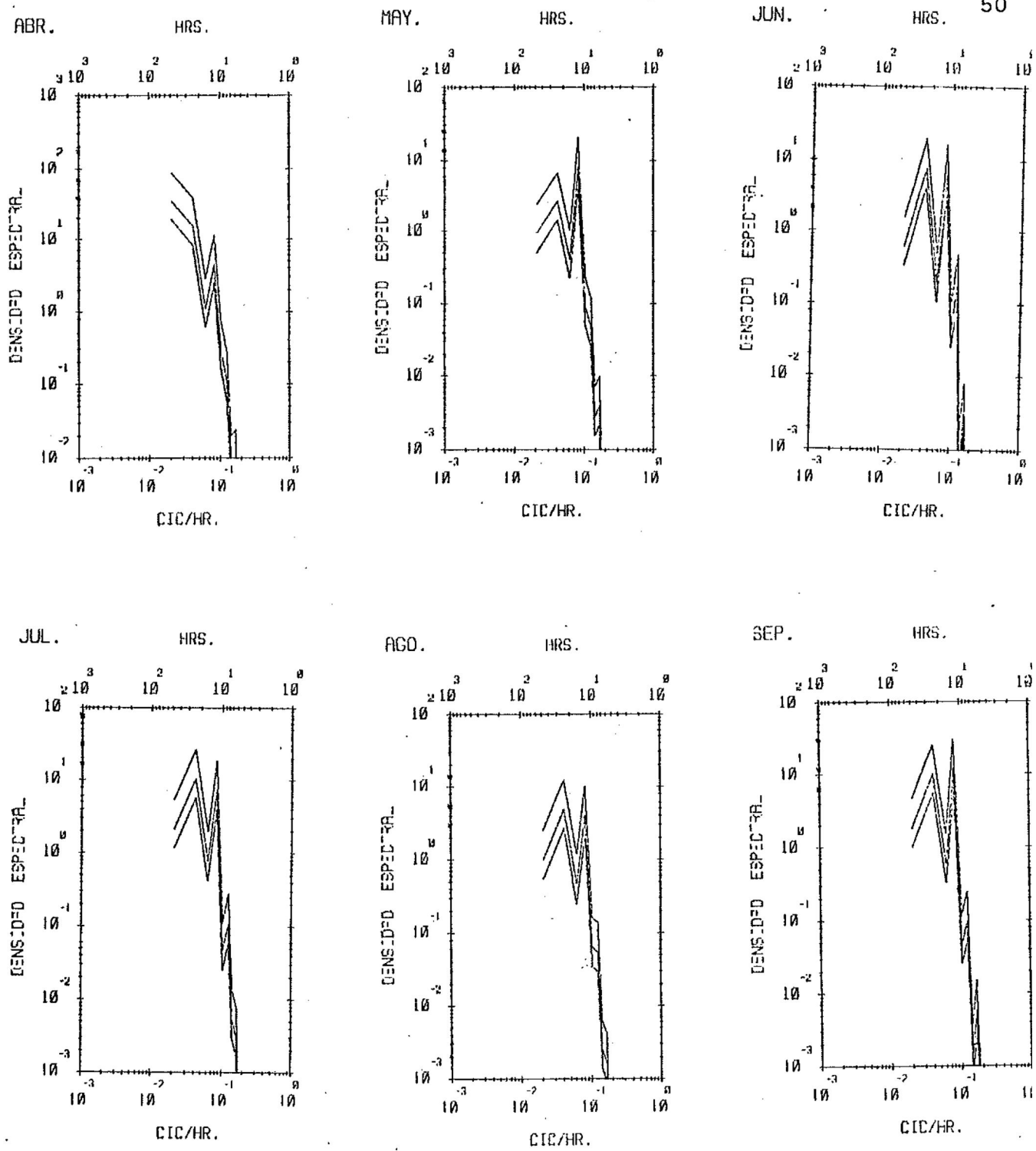


Figura 5.b. Estación Boca: Temperatura del mar, TM.

Espectro de potencia escalar en $^{\circ}\text{C}^2 / \text{CIC/HR.}$

Escala logarítmica con 10 grados de libertad y 90% de confianza, según la distribución de probabilidad chi - cuadrada.

III.3.2.2. Temperatura del aire, TA.

Las características de la distribución de la energía espectral presentan una componente de frecuencia significativa en la banda diurna, durante todos los meses de registro.

La tabla VI.a presenta las magnitudes de la densidad espectral en EFA, con una cantidad energética promedio de 84,53 en la banda diurna. En la figura 5.a se observan los picos espectrales asociados con las componentes de frecuencia de mayor peso de energía. La tabla VI.b presenta las magnitudes de la densidad de potencia espectral en EEO, con un pico de energía espectral en la banda diurna. En la figura 5.b se observa también la relación entre el pico espectral y la componente de frecuencia con el mayor aporte energético en 1 cpd.

III.3.2.3. Intensidad del viento, IV.

Las características de la densidad de potencia espectral, presentan las componentes de frecuencia con mayor aporte energético asociados con los picos espectrales en la bandas: diurna, correspondiente a la brisa marina y de periodo largo, correspondiente a el viento sinóptico.

En EPA, la tabla VII.a presenta las componentes de frecuencia con mayor densidad espectral durante los meses de febrero con 57%, abril con 50%, julio con 53%, agosto con 73% y septiembre con 78% en la banda de frecuencia diurna. La figura 6.a presenta las gráficas de la densidad espectral, con los picos de energía asociados con las componentes principales de frecuencia en 1 cpd, excluyendo el mes de marzo 59% que la mayor densidad de energía espectral la concentra en la banda de las bajas frecuencias (<1 cpd).

En EBO, la tabla VII.b con la mayor cantidad de la densidad espectral durante los meses de marzo y julio con 66% en las componentes de bajas frecuencias (<1 cpd) y, durante los meses de abril con 42%, mayo con 59%, agosto con 67% y septiembre con 68% en la componente de frecuencia diurna. En la figura 6.b se observan los picos espectrales asociados con las principales componentes de frecuencia de mayor aporte de densidad espectral.

TABLA VI.a. Análisis espectral:
Temperatura del aire, TA.

ESTACION: BAHIA FALSA.				
CIC/HR.	ABR.	MAY.	JUN.	
0	0.0000	0.193389E 02	0.295409E 02	0.164429E 02
1	0.0208	0.467792E 01	0.715493E 01	0.210691E 02
2	0.0417	0.127302E 03	0.141956E 03	0.918687E 02
3	0.0625	0.210561E 01	0.143594E 01	0.134973E 01
4	0.0833	0.900099E 00	0.419843E 00	0.116026E 01
5	0.1042	0.478598E-01	0.334408E-01	0.131909E-01
6	0.1250	0.123889E-02	0.354645E-03	0.326875E-02
7	0.1458	0.169627E-03	0.880073E-04	0.135324E-03
8	0.1667	0.285314E-04	0.301506E-04	0.571815E-04
9	0.1875	0.168095E-03	0.689099E-04	0.944573E-04
10	0.2083	0.376250E-03	0.443182E-03	0.598521E-03
11	0.2292	0.920605E-03	0.226039E-03	0.314012E-03
12	0.2500	0.490693E-04	0.557124E-04	0.181063E-03
		0.301469E 01	0.345357E 01	0.257681E 01
CIC/HR.	JUL.	AGO.	SEP.	
0	0.0000	0.159988E 02	0.109513E 02	0.109201E 02
1	0.0208	0.880632E 01	0.990634E 01	0.578576E 01
2	0.0417	0.111649E 03	0.104306E 03	0.116904E 03
3	0.0625	0.283477E 01	0.130426E 01	0.169974E 01
4	0.0833	0.580179E 00	0.817599E 00	0.176135E 01
5	0.1042	0.185272E-01	0.810968E-02	0.144156E-01
6	0.1250	0.194899E-02	0.170478E-03	0.185088E-02
7	0.1458	0.136555E-03	0.766790E-04	0.931135E-04
8	0.1667	0.609146E-04	0.721568E-04	0.265586E-04
9	0.1875	0.108514E-03	0.918161E-04	0.169821E-03
10	0.2083	0.392203E-03	0.527403E-03	0.473915E-03
11	0.2292	0.353630E-03	0.268201E-03	0.207287E-03
12	0.2500	0.211078E-04	0.108892E-03	0.726716E-04
		0.274773E 01	0.253790E 01	0.274226E 01

Datos horarios en grados centígrados, con
10 grados de libertad y 90% de confianza.

Se aplicó la transformada rápida de Fourier,
con un filtro coseno en los extremos de cada
serie.

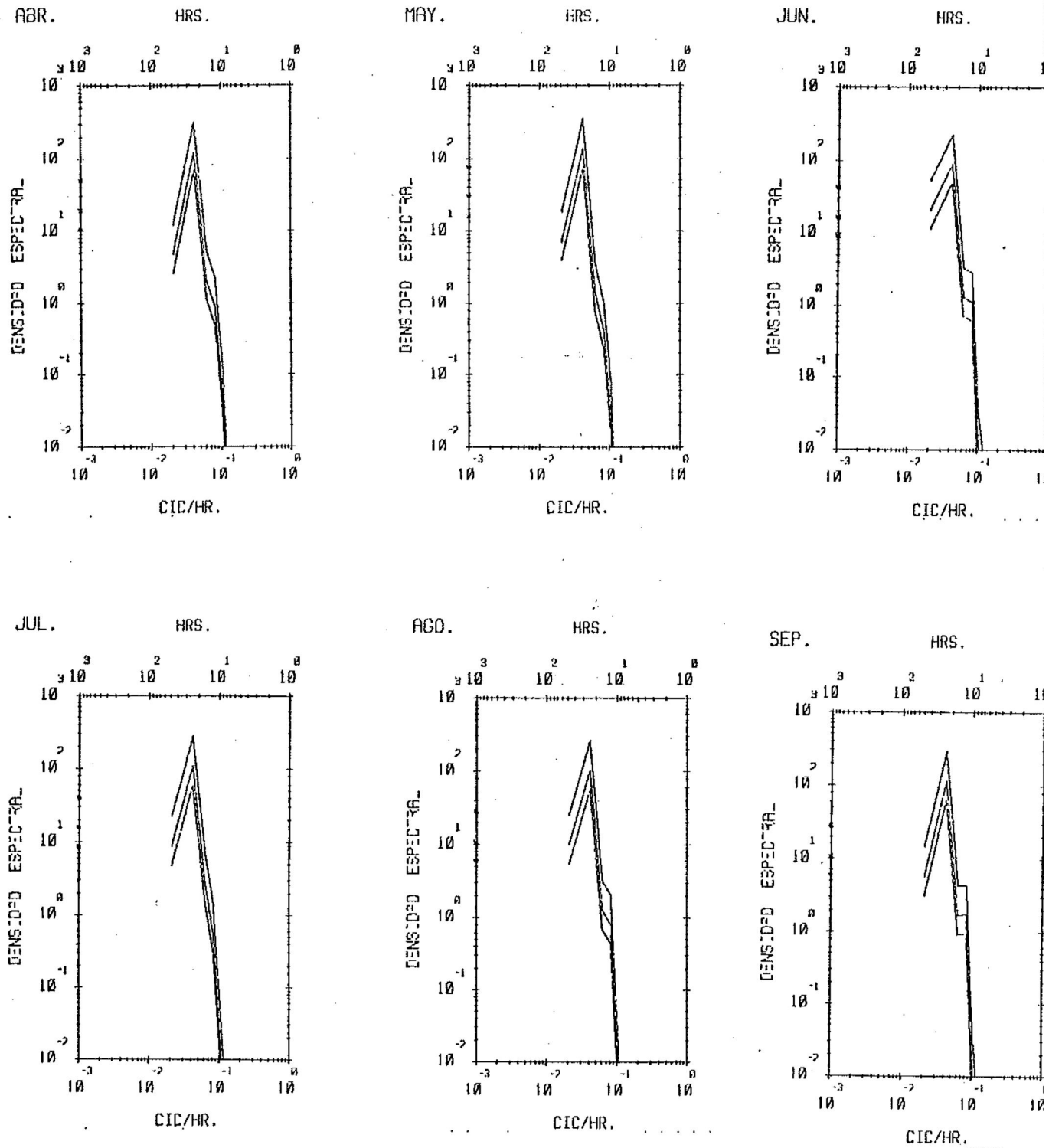


Figura 6.a. Estación Bahía Falsa: Temperatura del aire, TA.

Espectro de potencia escalar en $^{\circ}\text{C}^2 / \text{CIC/HR.}$

Escala logarítmica con 10 grados de libertad y 90% de confianza, según la distribución de probabilidad chi - cuadrada.

TABLA VI.b. Análisis espectral:

Temperatura del aire, TA.

ESTACION: BOCA.				
	CIC/HR.	JUN.	JUL.	AGO.
0	0.0000	0.602603E 02	0.365983E 02	0.462243E 02
1	0.0139	0.150955E 02	0.432245E 01	0.700381E 01
2	0.0278	0.483705E 01	0.694111E 01	0.333987E 01
3	0.0417	0.595332E 02	0.921566E 02	0.460340E 02
4	0.0556	0.179130E 01	0.238261E 01	0.326834E 01
5	0.0694	0.180385E 00	0.140208E 00	0.615436E 00
6	0.0833	0.248014E 00	0.450469E 00	0.177605E 00
7	0.0972	0.928533E-02	0.585893E-02	0.785512E-01
8	0.1111	0.713512E-03	0.555793E-03	0.199154E-02
9	0.1250	0.746273E-03	0.164997E-02	0.826808E-03
10	0.1389	0.616205E-03	0.575674E-03	0.131843E-02
11	0.1528	0.221074E-03	0.208198E-03	0.177985E-03
12	0.1667	0.644462E-04	0.412322E-04	0.457658E-04
		0.155315E 01	0.173196E 01	0.116158E 01

Datos horarios en grados centígrados, con
10 grados de libertad y 90% de confianza.

Se aplicó la transformada rápida de Fourier,
con un filtro coseno en los extremos de cada
serie.

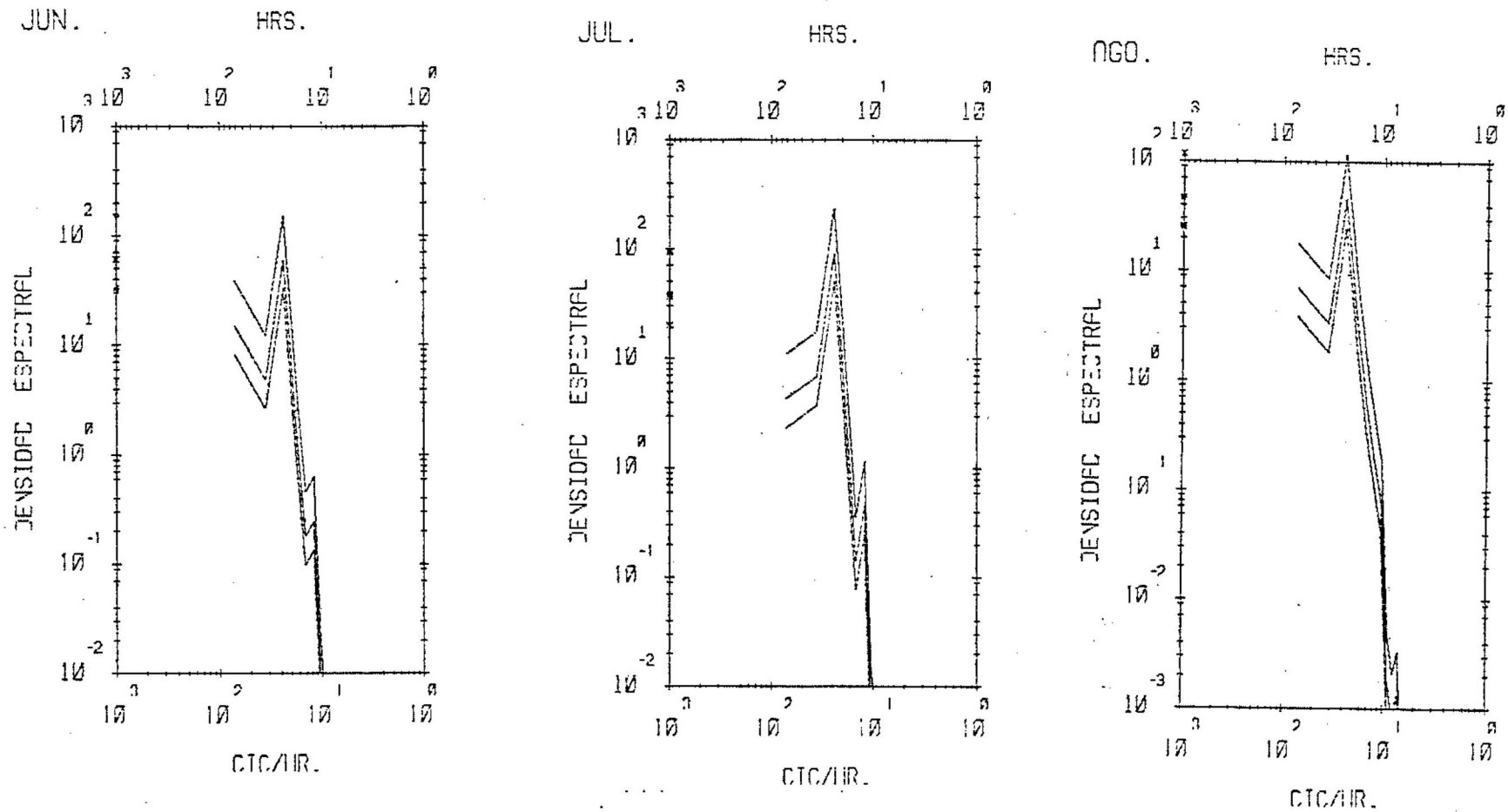


Figura 6.b. Temperatura del aire, TA. Estación: Boca.

Espectro de potencia escalar en $^{\circ}\text{C}^2 / \text{CIC}/\text{HR.}$

Escala logarítmica con 10 grados de libertad y 90% de confianza, según distribución de probabilidad chi-cuadrada.

TABLA VII.a. Análisis espectral: Intensidad del viento, IV.

ESTACION: BAHIA FALSA.							
CIC/HR.	FEB.	MAR.	ABR.	JUL.	AGO.	SEP.	
0	0.0000	0.741684E 02	0.291648E 03	0.110855E 04	0.565034E 03	0.138111E 03	0.701177E 02
1	0.0208	0.160139E 03	0.428019E 03	0.190174E 03	0.236346E 03	0.876911E 02	0.521977E 02
2	0.0417	0.415356E 03	0.281025E 03	0.828791E 03	0.644284E 03	0.553964E 03	0.549617E 03
3	0.0625	0.627683E 02	0.917538E 02	0.486168E 02	0.399105E 02	0.209186E 02	0.426237E 02
4	0.0833	0.485656E 02	0.142181E 02	0.307862E 02	0.143108E 02	0.243202E 02	0.232955E 02
5	0.1042	0.470761E 01	0.513036E 01	0.357424E 01	0.524565E 01	0.420329E 01	0.286985E 01
6	0.1250	0.112484E 01	0.355542E 01	0.350311E 01	0.113333E 01	0.492846E 00	0.107116E 01
7	0.1458	0.162416E 00	0.301042E 00	0.232097E 00	0.422344E 00	0.175466E 00	0.170965E 00
8	0.1667	0.267932E-01	0.114518E 00	0.351123E-01	0.331872E-01	0.123908E-01	0.224145E-01
9	0.1875	0.154012E-02	0.403641E-02	0.275402E-02	0.711029E-03	0.450663E-03	0.213423E-02
10	0.2083	0.301676E-03	0.385981E-03	0.337953E-03	0.181651E-03	0.752269E-04	0.104966E-03
11	0.2292	0.654750E-04	0.708903E-04	0.785130E-04	0.600112E-04	0.411691E-04	0.466913E-04
12	0.2500	0.610768E-04	0.109954E-03	0.628089E-04	0.512773E-04	0.232399E-04	0.287532E-04
13	0.2708	0.119779E-03	0.334795E-03	0.988448E-04	0.407861E-04	0.155014E-03	0.818687E-04
14	0.2917	0.633547E-03	0.963031E-03	0.314180E-03	0.826029E-04	0.231338E-03	0.275007E-03
15	0.3125	0.156689E-02	0.223638E-02	0.100073E-02	0.918767E-03	0.131243E-02	0.203442E-02
16	0.3333	0.517249E-02	0.368310E-02	0.151386E-02	0.141898E-02	0.955678E-03	0.994013E-03
17	0.3542	0.252033E-02	0.142605E-02	0.108448E-02	0.447965E-03	0.120071E-02	0.104992E-02
18	0.3750	0.303100E-03	0.403207E-03	0.185715E-03	0.134432E-03	0.255163E-03	0.287569E-03
19	0.3958	0.556204E-04	0.217387E-03	0.377728E-04	0.358311E-04	0.635376E-04	0.766723E-04
20	0.4167	0.157285E-03	0.509440E-04	0.826008E-04	0.345502E-04	0.671815E-04	0.337202E-04
21	0.4375	0.100901E-03	0.211981E-03	0.251461E-04	0.537972E-04	0.906382E-04	0.641709E-04
22	0.4583	0.224809E-03	0.154106E-03	0.507404E-04	0.473455E-04	0.505979E-04	0.133057E-03
23	0.4792	0.398362E-04	0.127012E-04	0.170272E-04	0.284857E-04	0.270333E-04	0.236175E-04
24	0.5000	0.204251E-05	0.172713E-04	0.284689E-04	0.925822E-05	0.581603E-05	0.173176E-04
		0.152072E 02	0.202074E 02	0.345831E 02	0.255043E 02	0.158508E 02	0.147278E 02

Datos horarios en kilómetros por hora, con 10 grados de libertad y 90% de confianza.

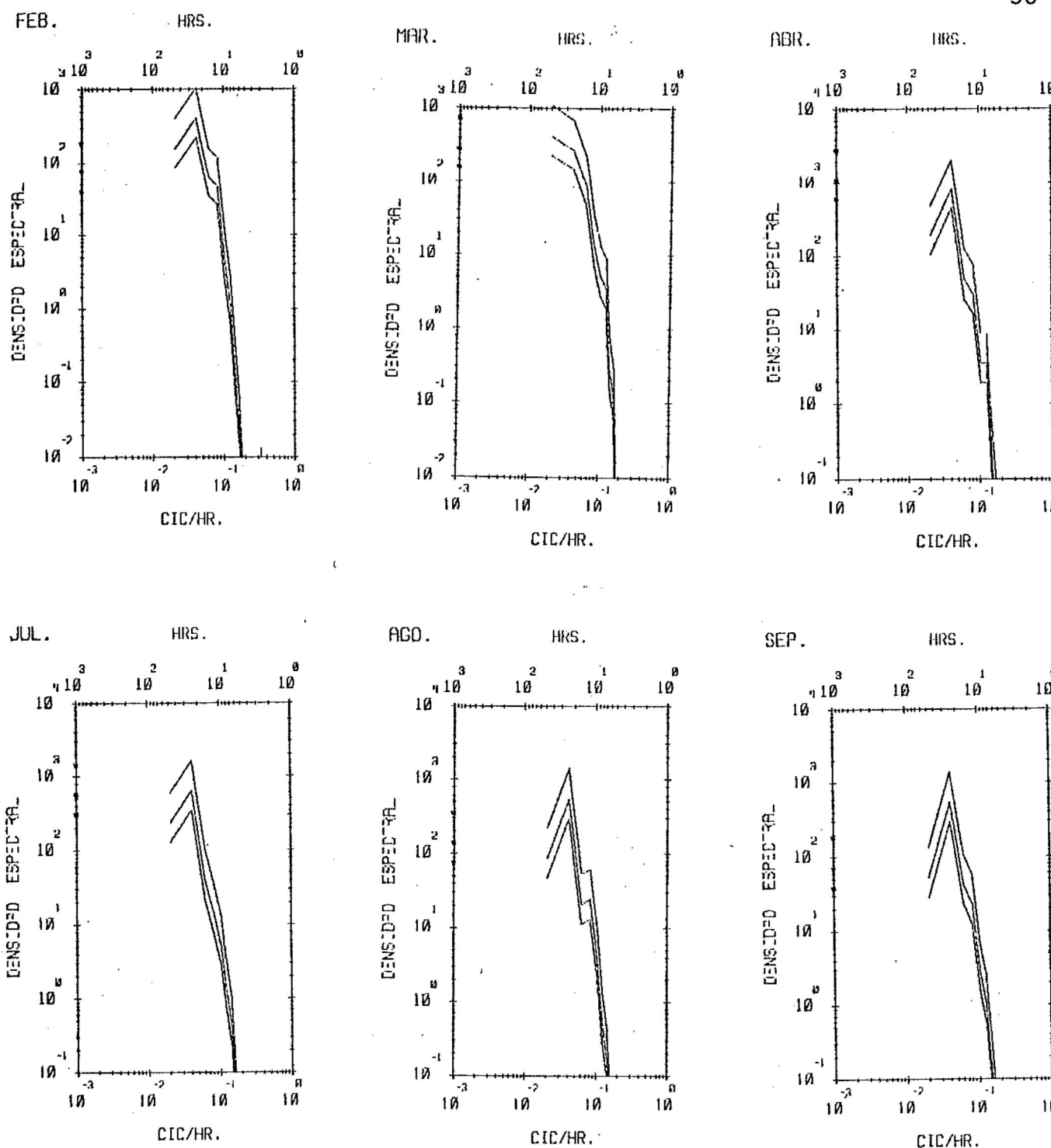


Figura 7.a. Estación Bahía Falsa: Intensidad del viento, IV.

Espectro de potencia escalar en $(\text{KM/HR})^2 / \text{CIC/HR.}$

Escala logarítmica con 10 grados de libertad y 90% de confianza, según la distribución de probabilidad chi - cuadrada.

TABLA VII.b. Análisis espectral: Intensidad del viento, IV.

ESTACION: BOCA.

	CIC/HR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUL.	AGO.	SEP.
0	0.0000	0.260643E 03	0.390319E 03	0.245651E 03	0.653172E 03	0.922543E 02	0.726228E 02
1	0.0208	0.206705E 03	0.160635E 03	0.109338E 03	0.299830E 03	0.414852E 02	0.538160E 02
2	0.0417	0.186913E 03	0.357591E 03	0.305515E 03	0.269488E 03	0.304572E 03	0.272311E 03
3	0.0625	0.338329E 02	0.734330E 02	0.588330E 02	0.202687E 02	0.365411E 02	0.148992E 02
4	0.0833	0.275916E 02	0.146484E 02	0.189180E 02	0.153266E 02	0.211072E 02	0.169480E 02
5	0.1042	0.550473E 01	0.460222E 01	0.378317E 01	0.439788E 01	0.162945E 01	0.358076E 01
6	0.1250	0.123094E 01	0.209205E 01	0.125033E 01	0.313397E 00	0.801620E 00	0.151916E 01
7	0.1458	0.368907E 00	0.396418E 00	0.104790E 00	0.144587E 00	0.100481E 00	0.235048E 00
8	0.1667	0.112917E 00	0.643849E-01	0.471487E-01	0.286039E-01	0.109574E-01	0.446950E-01
9	0.1875	0.648519E-02	0.411816E-02	0.609217E-02	0.153893E-02	0.192950E-02	0.304791E-02
10	0.2083	0.886683E-03	0.808018E-03	0.144562E-02	0.134299E-03	0.188029E-03	0.446481E-03
11	0.2292	0.939758E-04	0.524754E-03	0.143871E-03	0.905331E-04	0.119694E-03	0.643934E-04
12	0.2500	0.657878E-04	0.327492E-03	0.135706E-03	0.113387E-03	0.119865E-03	0.867460E-04
13	0.2708	0.492850E-04	0.167648E-03	0.154571E-03	0.100130E-03	0.236293E-04	0.458463E-04
14	0.2917	0.425963E-03	0.374094E-03	0.401096E-03	0.357841E-03	0.148231E-03	0.253123E-03
15	0.3125	0.894859E-03	0.133687E-02	0.321988E-03	0.525143E-03	0.698713E-03	0.781470E-03
16	0.3333	0.749411E-03	0.721476E-03	0.673762E-03	0.933877E-03	0.173087E-02	0.471974E-03
17	0.3542	0.254007E-03	0.113384E-02	0.775561E-03	0.900880E-03	0.589779E-03	0.224477E-03
18	0.3750	0.148686E-03	0.460257E-03	0.969070E-04	0.234183E-03	0.295113E-03	0.268258E-04
19	0.3958	0.123525E-03	0.595968E-04	0.186340E-04	0.775868E-04	0.364367E-04	0.292563E-04
20	0.4167	0.985648E-04	0.559627E-04	0.498538E-04	0.349387E-04	0.219817E-04	0.101749E-03
21	0.4375	0.667077E-04	0.111277E-03	0.169576E-04	0.124417E-04	0.701648E-04	0.166988E-04
22	0.4583	0.381595E-04	0.101105E-03	0.672361E-04	0.298450E-04	0.499792E-04	0.433320E-04
23	0.4792	0.348679E-04	0.386533E-04	0.197899E-04	0.189103E-04	0.331616E-04	0.272694E-05
24	0.5000	0.106701E-04	0.199622E-04	0.108182E-04	0.302995E-04	0.439348E-05	0.235579E-04
		0.123456E 02	0.168465E 02	0.129297E 02	0.195081E 02	0.942458E 01	0.832646E 01

Datos horarios en kilómetros por hora, con 10 grados de libertad y 90% de confianza.

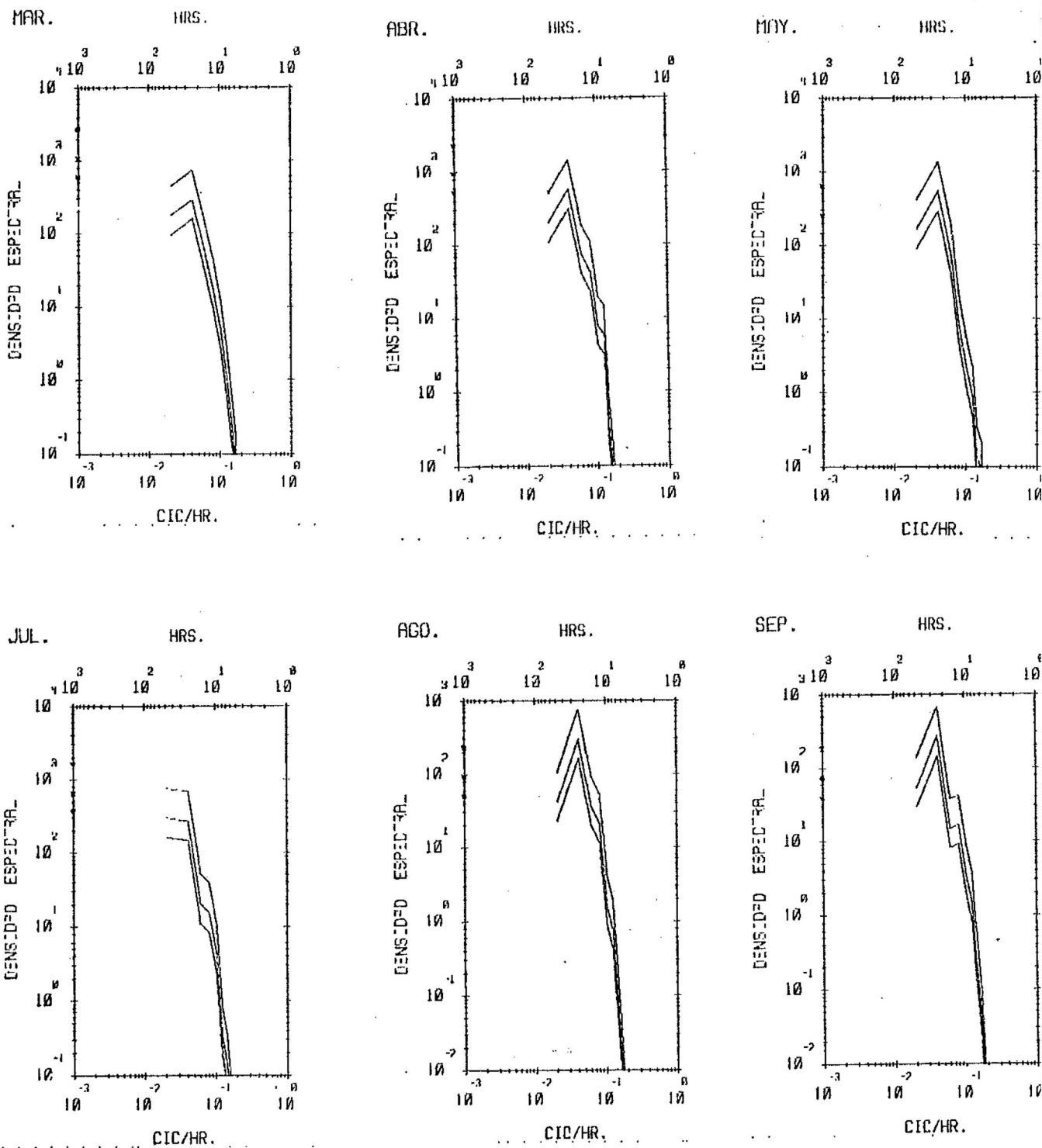


Figura 7.b. Estación Boca: Intensidad del viento, IV.

Espectro de potencia escalar en $(\text{KM/HR})^2 / \text{CIC/HR.}$

Escala logarítmica con 10 grados de libertad y 90% de confianza, según la distribución de probabilidad chi - cuadrada.

III.4. Análisis de admitancia.

Una forma de medir la dependencia espectral entre dos series de tiempo es mediante la función de admitancia, cuantificando la importancia relativa de las principales componentes de frecuencia, o bandas de energía espectral.

III.4.1. Relaciones espectrales del viento.

En la tabla VII.a se presenta el análisis de admitancia de la intensidad del viento entre EBO y EPA, durante 10 días de registro del mes de abril que se consideró representativo de la primavera. Se observa que las componentes de frecuencia con mayor aporte de la energía espectral, se asocian con la mayor cantidad de coherencia confiable. En la componente de frecuencia diurna, se concentra la mayor cantidad de la densidad de energía con la mayor coherencia confiable 0,9 y fase característica de 36° 11' que equivale a un tiempo de respuesta de 2,4 horas desde EBO hacia EPA. El valor de admitancia o ganancia representa un incremento del 30% en la magnitud del evento con periodicidad diurna correspondiente a la brisa marina. Por otra parte, también en la tabla VIII.a la componente de baja frecuencia (<1 cpd) asociada con eventos de período largo o viento de

escala sinóptica, presenta la mayor coherencia confiable 0,93 con una fase característica de $7^{\circ} 43'$ que equivale a un tiempo de respuesta de 1,98 horas desde EDO hacia EFA, con incremento de 3% en la magnitud del evento.

En la tabla VIII.b se presenta la dependencia espectral de la intensidad del viento entre EDO y EFA, durante 10 de registro del mes de agosto que se consideró representativo del verano. La componente de frecuencia o banda de energía con mayor cantidad de coherencia confiable 0,93 se encuentra en 1 cpd, que también representa la banda con mayor contenido de la densidad espectral. La fase asociada con magnitud negativa $-33^{\circ} 17'$ equivale a un tiempo de respuesta desde EFA hacia EDO de 2,54 horas. La admitancia o factor de ganancia representa un incremento 22% de la magnitud del evento con período diurno correspondiente a la brisa marina. La componente de energía asociada con el viento de escala sinóptica o de período largo (>24 horas) presenta coherencia confiable 0,9 y fase $20^{\circ} 22'$ que equivale a un tiempo de respuesta desde EFA hacia EDO de 5,4 horas y, admitancia con incremento de 23% en la magnitud del evento.

TABLA VIII.a. Análisis de admitancia:
Intensidad del viento, durante 10
días de registro del mes de abril.

	CIC/HR.	EBO.	EFA.	COH.	FASE	ADM.
0 *	0.0000	0.776E 03	0.860E 03	0.982E 00	7.73	1.03
1	0.0208	0.193E 03	0.119E 03	0.792E 00	6.74	0.62
2 *	0.0417	0.507E 03	0.105E 04	0.902E 00	36.19	1.30
3	0.0625	0.622E 02	0.208E 02	0.641E 00	94.70	0.37
4	0.0833	0.403E 02	0.310E 02	0.811E 00	72.83	0.71
5	0.1042	0.519E 01	0.289E 01	0.575E 00	17.06	0.43
6	0.1250	0.548E 01	0.416E 01	0.750E 00	77.03	0.65
7	0.1458	0.254E 00	0.169E 00	0.747E 00	-14.41	0.61
8	0.1667	0.273E-01	0.223E-01	0.224E 00	-146.29	0.20
9	0.1875	0.299E-02	0.127E-02	0.440E 00	-75.17	0.29
10	0.2083	0.115E-03	0.122E-03	0.471E 00	-125.74	0.48
11	0.2292	0.735E-04	0.587E-04	0.315E 00	58.36	0.28
12	0.2500	0.188E-04	0.136E-04	0.124E 00	40.80	0.11
13	0.2708	0.101E-03	0.140E-03	0.392E 00	-121.12	0.46
14	0.2917	0.593E-03	0.160E-02	0.998E-01	43.06	0.16
15	0.3125	0.113E-02	0.199E-02	0.370E 00	13.59	0.49
16	0.3333	0.105E-02	0.211E-02	0.506E 00	-90.50	0.72
17	0.3542	0.222E-02	0.207E-02	0.543E 00	-37.25	0.52
18	0.3750	0.519E-03	0.281E-03	0.318E 00	90.71	0.23
19	0.3958	0.387E-04	0.336E-04	0.561E 00	-46.04	0.52
20	0.4167	0.395E-04	0.869E-04	0.106E 00	-26.74	0.16
21	0.4375	0.901E-04	0.796E-04	0.399E 00	15.04	0.38
22	0.4583	0.134E-03	0.614E-04	0.370E 00	-154.45	0.25
23	0.4792	0.468E-04	0.251E-04	0.412E 00	-87.09	0.30
24	0.5000	0.119E-04	0.174E-04	0.501E 00	54.69	0.61
		0.250E 02	0.346E 02			

* Bandas de frecuencia coherentes con mayor aporte energético.

EBO - ESTACION: BOCA.

EFA - ESTACION: BAHIA FALSA.

TABLA VIII.b. Análisis de admitancia:
Intensidad del viento, durante 10
días de registro del mes de agosto.

	CIC/HR.	EBO.	EFA.	COH.	FASE	ADM.
0 *	0.0000	0.558E 02	0.103E 03	0.901E 00	-20.37	1.23
1	0.0208	0.523E 02	0.658E 02	0.884E 00	-39.91	0.99
2 *	0.0417	0.312E 03	0.540E 03	0.929E 00	-38.29	1.22
3	0.0625	0.185E 02	0.180E 02	0.654E 00	-70.19	0.65
4	0.0833	0.144E 02	0.188E 02	0.735E 00	-69.53	0.84
5	0.1042	0.294E 01	0.513E 01	0.460E 00	-100.88	0.61
6	0.1250	0.790E 00	0.142E 01	0.266E 00	154.10	0.36
7	0.1458	0.160E 00	0.318E 00	0.782E 00	167.69	1.10
8	0.1667	0.176E-01	0.106E-01	0.558E 00	-89.26	0.43
9	0.1875	0.113E-02	0.372E-03	0.557E 00	126.03	0.32
10	0.2083	0.397E-04	0.107E-03	0.523E 00	-74.37	0.86
11	0.2292	0.620E-04	0.312E-04	0.526E 00	10.92	0.37
12	0.2500	0.144E-04	0.967E-05	0.416E 00	-112.25	0.34
13	0.2708	0.287E-04	0.136E-03	0.482E 00	62.43	1.05
14	0.2917	0.178E-03	0.175E-03	0.494E 00	49.38	0.49
15	0.3125	0.443E-03	0.104E-02	0.554E 00	55.84	0.85
16	0.3333	0.111E-02	0.975E-03	0.441E 00	9.08	0.41
17	0.3542	0.448E-03	0.138E-02	0.340E 00	-57.09	0.60
18	0.3750	0.201E-03	0.208E-03	0.251E 00	-30.57	0.26
19	0.3958	0.282E-04	0.418E-04	0.378E 00	-8.74	0.46
20	0.4167	0.499E-04	0.889E-04	0.621E 00	70.48	0.83
21	0.4375	0.539E-04	0.102E-03	0.445E 00	153.39	0.61
22	0.4583	0.295E-04	0.445E-04	0.453E 00	-11.00	0.56
23	0.4792	0.215E-04	0.270E-04	0.375E 00	60.18	0.42
24	0.5000	0.397E-05	0.652E-05	0.129E 00	179.69	0.17

* Bandas de frecuencia coherentes con mayor aporte energético.

EBO = ESTACION: BOCA.

EFA = ESTACION: BAHIA FALSA.

IV. DISCUSIONES.

La variabilidad temporal y espacial de las condiciones meteorológicas en regiones adyacentes a la costa, dependen considerablemente de la respuesta que presentan las interacciones en el sistema aire-tierra-mar y a la influencia del sol como una fuente de calor externo.

IV.1 Temperatura del mar, TM.

De las características estadísticas básicas se observa que en general, la MPM en BEA es menor durante la época de invierno-primavera (febrero y marzo) que verano (julio y agosto) y, en ERC similitudemente la MPM es menor durante primavera (abril y mayo) que verano (agosto y septiembre); en ambos casos esta relación de comportamiento se debe a la influencia de la variación estacional del período diario de insolación.

Especialmente la variación de TM entre BEA y ERC, se caracteriza por presentar un gradiente creciente en dirección desde la boca del canal principal comunicado permanentemente con el océano circunvecino, hacia la cabeza o el interior de la bahía, esto se debe en gran parte a la respuesta que presenta el efecto de calentamiento por

irradiación solar asociado con la batimetría o fondo irregular de la bahía, es decir, que el agua superficial de mar es de mayor temperatura en aguas someras EFA (con profundidad promedio de 2 metros), que en EBO (con profundidad máxima de 15 metros, en el canal principal) y un fuerte intercambio del volumen de agua con el océano adyacente, inducido por las corrientes de marea principalmente, que llegan a tener velocidades de hasta 100 cm/seg (Del Valle Lucero y Cabrera Muro, 1981).

Por otra parte, se observa que temporalmente la influencia del período diurno de insolación, es mayor durante los meses del verano que de la primavera, ocasionando que la temperatura del mar, presente un gradiente térmico creciente desde los meses de primavera hacia los meses del verano. Durante los meses de abril y mayo se presentan características de anomalía térmica, con mayor descenso de la temperatura en EBO que en el área circunvecina, esto se asocia con el afloramiento de agua subsuperficial más fría o fenómeno de surgencia (Alvarez Borrego y Alvarez Borrego, 1982). Otra particularidad de este evento es el descenso de la temperatura del aire, debido a la presencia de aguas más frías sobre la superficie. También durante los meses de agosto y septiembre, se presentan características térmicas que indican el afloramiento de agua subsuperficial, con

decrecimiento de las temperaturas del mar y del aire simultáneamente.

Las características de los espectros de variancia asociados con los picos espectrales de mayor densidad de energía, presentan una variación cíclica de la temperatura en las componentes de frecuencia diurna y de bajas frecuencias ($< 1 \text{ cpd}$), principalmente.

En la cabeza de la bahía EPA, se observó que las componentes de frecuencia con mayor contenido energético, se encuentran en las bandas diurna durante la primavera y de período largo durante el verano. La variación diurna de la temperatura del mar se asocia con los cambios de nivel del mar, reafirmando la importancia de las corrientes inducidas por mareas en el intercambio de volumen o tiempo de residencia del agua, en el interior de la bahía. Por otra parte, la presencia de frecuencias ($< 1 \text{ cpd}$) se deben a los cambios térmicos de la variación estacional (primavera-verano) y la presencia de eventos de surgencia.

En EBO se observa que los picos espectrales con mayor concentración de energía, se encuentran en las bandas de frecuencia diurna y semidiurna, que corresponden a las variaciones de la temperatura inducidas por las corrientes de la marea oceánica principalmente. Las componentes de

bajas frecuencias ($< 10\text{yd}$) se asocian con eventos de surgencias.

IV.2. Temperatura del aire, TA.

En general, las características térmicas del aire presentan un comportamiento estadístico relacionado con la variación estacional del período diurno de insolación; durante los días más largos de duración la TA tiende a incrementar en la MPM.

Sin embargo, no obstante que los días más largos de duración en estas latitudes ocurren entre el 21 y 22 de junio, que es el solsticio del verano, la MPM máxima en RPA y en EBO se presenta durante el mes de agosto, esto es debido a que la respuesta de la temperatura del agua de mar por efectos de calentamiento solar, no es instantánea, sino que por las características de transferencia y balance de calor entre el aire y el mar, se presenta una anomalía térmica o retardo de calentamiento estacional, es decir, que el calor almacenado por el agua de mar, propicia que las capas atmosféricas superficiales sean más cálidas durante el invierno y más frescas durante el verano (Darry y Chorley, 1978).

La variación de la MPE se incrementa en promedio del orden de $1^{\circ}\text{C}/\text{mes}$, excepto durante los meses característicos de transición estacional como febrero y marzo (invierno-primavera) y, entre junio y julio (primavera-verano), o bien, durante abril y mayo con condiciones meteorológicas asociadas a eventos de surgencias.

Por otra parte, las características térmicas de variación cíclica en los espectros de la densidad de potencia, se manifiesta la presencia de una componente significativa diurna acoplada con el período diurno de insolación en BFA. En BEO, el comportamiento de variación cíclica es similar a BFA, con una componente diurna y otra de bajas frecuencias ($<1\text{ cpd}$) asociada con las condiciones meteorológicas de período largo o eventos de surgencias.

IV.3. Intensidad del viento, IV.

Las estadísticas básicas de la intensidad del viento en BFA y en BEO, presentan características predominantes de escala sinóptica (o de período largo), durante los meses de transición invierno-primavera (febrero, marzo y abril) asociado con el giro anticiclónico semipermanente y, viento con características locales o brisa marina, durante el

verano (junio, julio y agosto) asociado con las diferencias de calentamiento entre el aire y el mar. En general, el comportamiento es menor a mayor HMM y persistencia, durante el período invierno-primavera que primavera-verano, mostrando la evidencia que durante los meses de verano con mayor efecto de calentamiento radiativo, así como el desplazamiento latitudinal del anticiclón semipermanente, se presentan vientos de mayor magnitud y persistencia.

La dirección del viento predominante en HDO es oeste-noroeste (WNW) asociado con el anticiclón semipermanente, por otra parte, la dirección promedio predominante en EBA es del oeste-suroeste (WSW), esto es debido en gran parte, a la presencia de algunas colinas que oscilan entre los 100 y 200 metros de altura en el lado norte de la bahía, las cuales obstruyen la influencia directa del viento, mostrando evidencia de la importancia relativa del efecto friccional y la orientación de la línea de costa, como factores restrictivos sobre el viento predominante.

Las componentes de frecuencia con mayor concentración de energía asociada con el pico espectral, se encuentran en eventos de periodicidades diurnas o brisa marina y eventos (>24 horas) o viento de escala sinóptica, como frentes atmosféricos y/o eventos de surgencias, correspondientes a

periodos estacionales de transición invierno-primavera y primavera-verano.

La interacción entre el régimen de brisa local y el viento de escala sinóptica, presentan características de circulación típica y anómala, asociadas con el anticiclón semipermanente y eventos de surgencia. Así, durante el mes de abril que se consideró representativo del periodo de transición primavera-verano, la dirección de propagación del viento predominante es desde EPO hacia EBA, que se relaciona con los afloramientos de agua subsuperficial (surgencia) sobre las diferencias de calentamiento entre el aire y el mar, manifestándose un debilitamiento de la brisa marina.

Por otra parte, durante el mes de agosto que se consideró representativo del verano, la dirección de propagación en la componente de frecuencia diurna es desde EBA hacia EPO, manifestándose una circulación atmosférica local o brisa marina bien definida. Durante el verano se observó con mayor evidencia la importancia relativa de las características orográficas, como factores restrictivos sobre el comportamiento temporal y espacial de la circulación atmosférica local.

V. CONCLUSIONES.

A partir del análisis de series de tiempo aplicado a los registros de datos generados, se observó que la variabilidad en tiempo y espacio de las condiciones meteorológicas prevalentes sobre la bahía de San Quintín, depende en gran medida de la respuesta que presentan a las diferencias de calentamiento radiativo en las interacciones del complejo sistema aire-tierra-mar.

Los factores o mecanismos que controlan estas interacciones del sistema son: espacialmente, de escala local y regional y temporalmente, de orden diario y período largo.

Los mecanismos locales están relacionados con las características fisiográficas, como el efecto de la batimetría sobre las diferencias irregulares de calentamiento por irradiación solar y, la orografía u orientación de la línea de costa, sobre la dispersión de los flujos de aire local (diurno) y marítimo (período largo).

Por otra parte, las corrientes superficiales del agua de mar inducidas por la variación cíclica de la marea oceánica, funcionan como un mecanismo regulador de la

distribución superficial de la temperatura, mostrando la evidencia del intercambio de volumen de agua entre la balsa y el océano adyacente.

Los factores de orden regional están relacionados con las características de variación estacional, como el período diurno de insolación sobre los efectos de calentamiento por irradiación solar, la presencia de eventos de surgencia y la influencia del giro anticiclónico semipermanente, sobre las condiciones meteorológicas prevalentes entre una estación y otra.

VI. RECOMENDACIONES.

Se considera importante mencionar la necesidad de obtener registros de los siguientes parámetros meteorológicos : temperatura del aire, humedad relativa, temperatura del mar, presión atmosférica, velocidad del viento y radiación solar, durante por lo menos el período de un año continuo, para poder realizar un análisis con mayor aproximación de las condiciones meteorológicas prevalentes entre una estación y otra, sobre la bahía.

Por otra parte, se sugiere instalar por lo menos 2 estaciones meteorológicas más; localizadas en la parte este, que comprende la zona de los asentamientos humanos de la bahía y la otra, en la parte oeste hacia mar adentro en la isla de San Martín (ver Figura 1), además de realizar observaciones en el plano vertical mediante radiosondas.

Esto se haría con la finalidad de estudiar algunas de las características meteorológicas y oceanográficas prevalentes en una área de magnitud mayor, con aplicaciones directas sobre la climatología local y regional, diseño de cartas de navegación marítima y aérea, construcciones portuarias, dispersión de contaminantes atmosféricos, entre otros más.

VII. LITERATURA CITADA.

- Alvarez Borrego, J. y C. Alvarez Borrego. 1962. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. CALCOBE report XVIII: 186, 197.
- Amador Bucarestro, A. 1972. Análisis de vientos, corrientes y nivel del mar en una zona de surgencias cercas de Punta Colonet. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 32 páginas.
- Barry, R. y R. Chorley. 1978. Atmosférica, tiempo y clima. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 395 páginas.
- Bendat, J. y A. Piersol. 1971. Random data: analysis and measurement procedures. Wiley-Interscience, New York. 407 páginas.
- Blackman, R. y J. Tukey. 1958. The measurement of power spectra. Dover publications, New York. 192 páginas.
- Bracewell, R. 1965. The Fourier transform and its applications. Mac Graw-Hill, New York. 444 páginas.
- Chávez de Nishikawa, A. y S. Alvarez Borrego. 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. Ciencias Marinas, 1 (2): 31, 62.
- Del Valle Lucero, I. y E. Cabrera Muro. 1981. Aplicación de un modelo numérico unidimensional a la Bahía de San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas, 7 (1):1, 15.
- Del Valle Lucero, I. y E. Cabrera Muro. 1981. Análisis estadístico de las condiciones hidrodinámicas en la Bahía de San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas, 7 (1): 17, 29.

- Codin, G. 1967. L'analyse d' observations sur les courants. Revue Hydrographique Internationale. 46: 159,175.
- Codin, G. 1976. The use of admittance function for the reduction and interpretation of tidal records. Mar. Sci. Div., Canada. Mar. Report 42. 45 páginas.
- Hsu, H. 1976. Análisis de Fourier. Fondo Educativo Interamericano, S. A. 288 páginas.
- Juárez Villarreal, M. 1982. Modelo unidimensional de dispersión para un estuario ramificado y su aplicación a la Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Leahford, R. 1976. Coastal lagoons of México, their origins and classifications: 182, 215. In Estuarine processes, vol. II, K. Willey, editor. Academic Press, New York. 426 páginas.
- Martori Oramendi, J. 1989. Variabilidad de la circulación y sus causas en la Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 116 páginas.
- Monreal Gómez, A. 1980. Aplicaciones de un modelo de dispersión en la Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 80 páginas.
- Ocampo Torres, F. 1980. Análisis de mareas y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional en la Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Baja California. Unidad de Ciencias Marinas, Ensenada, Baja California. 94 páginas.
- Plascencia Díaz, R. 1980. Determinación de la circulación en la Bahía de San Quintín, Baja California, por gradientes de densidad. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Baja California. Unidad de Ciencias Marinas, Ensenada, Baja California. 80 páginas.

- Quiroz, R. 1983. The climate of the El Niño winter 1982. A season of extraordinary climatic anomalies. Monthly Weather Review, 111: 1685, 1705.
- Reyes, S. y A. Parás. 1983. Análisis de componentes principales de los vientos superficiales sobre la Bahía de Todos los Santos, Baja California. Geofísica Internacional, 22 (2): 179, 203.
- Reyes, S. y O. Vogel. 1983. Surface meteorological observations of the tropical Eastern Pacific region. Revista de Geofísica, 14 (15): 85, 93.
- Reyes, S., E. Pavia, J. Candela y R. Troncoso. 1984. Estudio preliminar de las condiciones meteorológicas y climatológicas sobre el golfo de California. Primera parte: Análisis del viento. Revista de Ciencias Marinas, 10 (2): 7, 26.
- Reyes, S., J. García, R. García y A. Dávora. 1985. Características meteorológicas de las tormentas y marejadas observadas en el puerto de Ensenada, Baja California, de 1978 a 1983. Reporte Técnico OC-8502. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 29 páginas.
- Sadler, J. y B. Milonski. 1983. Meteorological events in central Pacific during 1983 associated to the 1982-1983 El Niño. tropical Ocean-Atmospheric Newsletter, 21: 3, 5.