

EVIDENCIA DE ONDAS ECUATORIALES EN SALINAS Y GALAPAGOS*

Por: BONNY BAYOT⁽¹⁾
M. PILAR CORNEJO-RODRÍGUEZ⁽²⁾

RESUMEN

Series de tiempo de promedios diarios de algunas variables oceano-atmosféricas en: SAL (arreglo formado por las estaciones La Libertad-Salinas) y GAL (arreglo formado por las estaciones Santa Cruz-San Cristóbal-Baltra), se han analizado utilizando Funciones Empíricas Ortogonales (FEO) y Análisis Espectral.

El análisis de las FEO determinó que en las dos estaciones, los modos 1 y 2 explicaban la mayor variabilidad común. En SAL representaron el 39.7% y 23.3%, y en GAL el 56.6% y 20.5% respectivamente, de la varianza total de las series. La presencia del ciclo anual en el modo 1, reveló la existencia de esta periodicidad en todas las series, a pesar que en algunas de ellas, no se evidenció en un primer análisis visual-gráfico. El modo 2 representó la relación entre el nivel medio del mar y los vientos, reflejando que algunas de las oscilaciones, estuvieron forzadas atmosféricamente y seguramente relacionadas a cambios en los vientos alisios locales o remotos.

Además, el Análisis Espectral de las series de tiempo y de los modos 1 y 2 de SAL y GAL, evidenciaron la presencia de distintas oscilaciones con períodos menores al anual, que coincidieron con aquellas de las ondas ecuatoriales (Kelvin y Rossby-gravedad), con algunas periodicidades de mareas, así como con oscilaciones atmosféricas.

Finalmente espectros cruzados entre variables atmosféricas y oceánicas sugirieron en algunos casos, un forzamiento atmosférico local.

ABSTRACT

Time Series of daily averages of some oceanic-atmospheric variables from SAL (array formed by La Libertad and Salinas stations) and GAL (array formed by Santa Cruz-San Cristobal-Baltra stations), had been analized using Empirical Orthogonal Functions (EOF) and Spectral Analysis.

EOF analysis determined that in both stations, the first and second modes explained the great variability. In SAL they represented 39.7% and 23.8%, and in GAL 56.6% and 20.5% respectively of the total variation of the series. The presence of the annual cycle in the first mode, reveals the existence of this periodicity in all the series, although in some of them, it was not evident in a first visual-graphic analysis. The second mode represented the relation between the sea level and winds, reflecting that some of these oscillations were forced atmospherically and surely related to changes of local or remote trades winds.

Also, the Spectral Analyses of the time series and of the first and second modes of SAL an GAL, showed the presence of different oscillations with periods lesser than annuals. These were coincident with that of the equatorial waves (Kelvin and Rossby-gravity), some tide periodicities and some atmospheric oscillations.

Finally the cross spectral analysis between atmospheric and oceanic variables suggested in some cases, a local atmospheric forcing.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR.- P.O. Box, 5940.- Guayaquil-Ecuador

⁽²⁾ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL.- P.O. Box, 5863.- Guayaquil-Ecuador

* Trabajo presentado en las Conferencias TOGA 95, Melbourne, Australia

INTRODUCCION

Las ondas ecuatoriales constituyen un aspecto fundamental en la Oceanografía de la Región Ecuatorial. Ellas están directamente involucradas en eventos anómalos que tienen su origen en el Océano Pacífico Occidental, por ejemplo, El Niño/Oscilación del Sur (ENOS). Cuando en esa región ocurren anomalías significativas en los vientos alisios; ésto es, anormal fortalecimiento de vientos del oeste o repentino debilitamiento de vientos del este, el océano "transmite" esa información al otro lado del Pacífico y lo hace a través de ondas.

Numerosos autores han realizado investigaciones de oscilaciones atmosféricas y oceánicas en la región del Océano Pacífico Tropical (Wunsch y E. Gill, 1976; Luther, 1980, etc). Tales investigaciones han encontrado variabilidades de baja frecuencia (semanas a meses), asociadas a la presencia de ondas internas, especialmente a las llamadas ondas largas.

La importancia fundamental de estas ondas en las regiones tropicales (30°S - 30°N) y especialmente en el sector ecuatorial (5°S - 5°N), radica en que al propagarse más rápidamente que en regiones subtropicales, permiten un ajuste oceánico más rápido y eficaz ante cualquier alteración oceano-atmosférica.

Por lo tanto, grandes cantidades de calor pueden ser redistribuidas y propagadas horizontalmente a través de la capa superficial oceánica en una escala de tiempo de semanas a meses, a diferencia de las regiones subtropicales donde puede tomar hasta años. Esto implica, que en la región ecuatorial se pueden encontrar ondas en casi todas las frecuencias espectrales, mientras que en latitudes medias sólo es posible encontrar ondas en una banda de frecuencia entre las ondas Inercia-gravedad y Rossby (Luther, 1973). Este aspecto señala una variabilidad de baja frecuencia, que es forzada principalmente por factores atmosféricos (vientos), ya que la contribución oceánica (corrientes) es mínima (Philander, 1981).

Es importante considerar lo anteriormente expuesto, al tratar de entender fenómenos que se originan en latitudes ecuatoriales. Así, la rapidez con que se produce la redistribución horizontal y vertical de calor, durante la ocurrencia de sucesos anómalos en el campo de vientos del Pacífico Occidental, puede desencadenar un evento ENOS,

provocando cambios considerables en los patrones superficiales y a lo largo de la estructura subsuperficial oceánica, principalmente en los campos de circulación y temperatura (Philander, 1990).

La forma en que se realiza tal distribución es a través de ondas. Esta es la manera como el océano comunica o transmite una irregularidad hacia otros lados del océano. Al parecer, ondas ecuatoriales se están originando y propagando continuamente, lo que significa que se van a presentar inclusive en períodos de normalidad. De hecho, ello sucede; por ejemplo, la manera en que la zona oriental y central del Océano Pacífico conoce que existe una frontera en el otro lado, es a través de perturbaciones de ondas (Cornejo, 1991).

Lo anterior es un suceso normal. Sin embargo las ondas "interesantes" son las que transmiten cambios anormales, ya que en algunos casos lo hacen sin dispersión. Por ejemplo, las ondas Kelvin que son originadas en el Pacífico Ecuatorial Occidental, por la supresión o cambios de dirección de los vientos del este y coherentes con eventos ENOS, viajan a lo largo del Pacífico Ecuatorial hasta chocar con el continente sudamericano.

Por otro lado, el hecho que en la región ecuatorial la aceleración de coriolis tiende a desaparecer, la convierte en una especie de canal, conocido como canal ecuatorial de ondas, ubicado aproximadamente entre 5°S - 5°N , por donde las ondas viajan impidiendo la dispersión fuera de sus límites.

MATERIALES Y METODOS

La información utilizada consiste en series de tiempo de promedios diarios (período 1985-1988) de: Temperatura Superficial del Mar (TSM), Nivel Medio del Mar (NMM), Presión Atmosférica a Nivel del Mar (PSA) y Vientos: Zonales (en dirección oeste-este, VTOX) y Meridionales (en dirección norte-sur, VTOY).

La irregularidad de los datos en las Islas Galápagos obligó a emplear información combinada de: TSM de la Estación Científica Charles Darwin

en Santa Cruz; vientos y PSA obtenidos en la estación meteorológica de San Cristóbal; y NMM de la estación mareográfica de Santa Cruz combinada con Baltra. Reuniendo esta información se armó el arreglo de la estación que será llamada GAL, centrada en $90^{\circ}00'\text{W}$, $0^{\circ}40'\text{S}$ (Figura 1). Además, se

utilizaron los datos de TSM, PSA, VTOX y VTOY de la estación meteorológica de Salinas y de NMM de la estación mareográfica de La Libertad para

conformar el arreglo SAL, centrado en 80° 56'W, 2°12' S (Figura 1). Un resumen con los detalles de estas estaciones se presenta en la Tabla I.

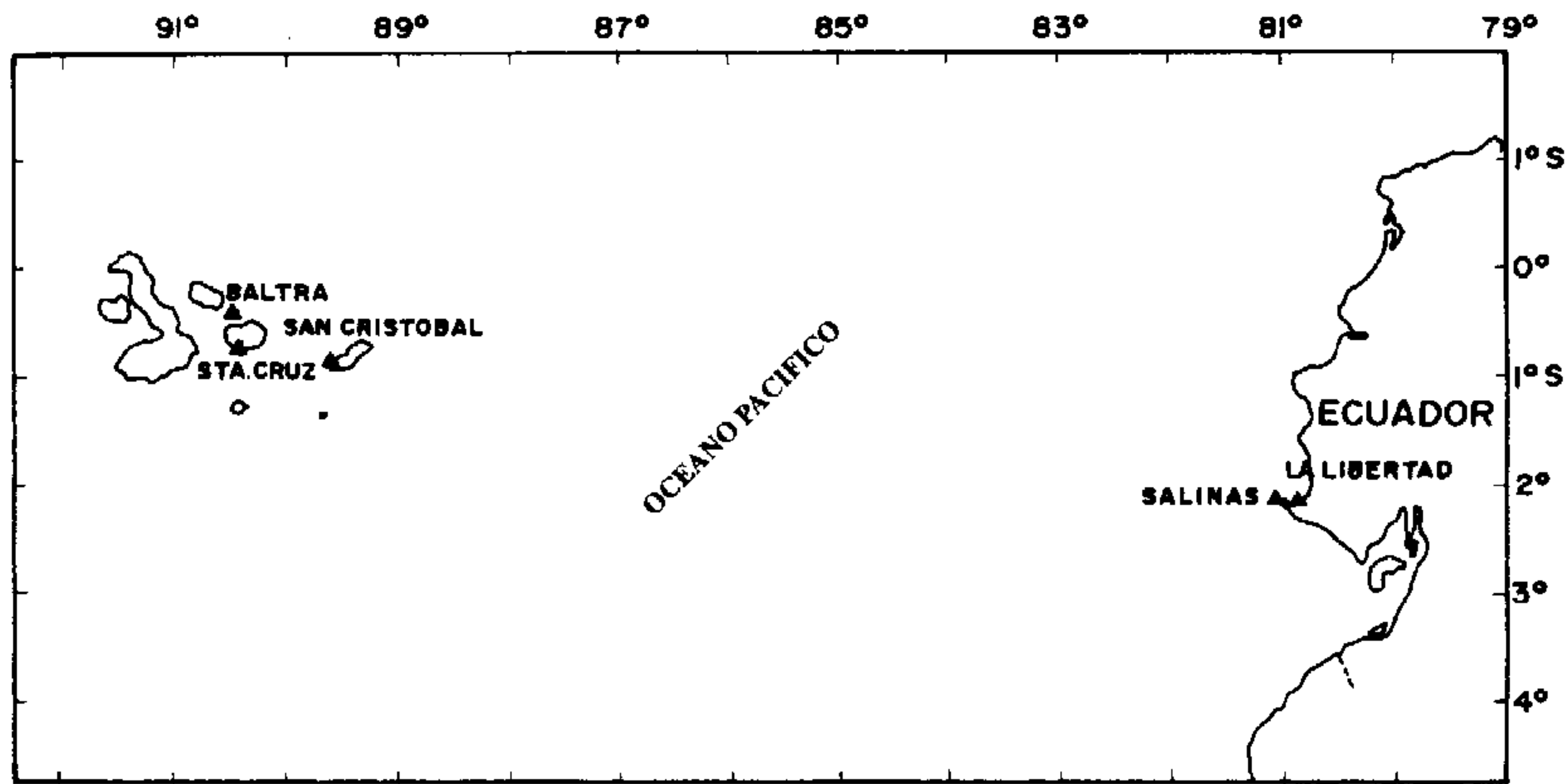


Figura 1. Ubicación de las estaciones oceanográficas-meteorológicas (▲)

Tabla I. Estaciones: Meteorológica (1) y Mareográfica (2)

ESTACION	TIPO	LATITUD	LONGITUD	FUENTE
Salinas	1	02°12'S	80°59'W	FAE
La Libertad	2	02°12'S	80°54'W	INOCAR
Baltra	2	00°45'S	90°18'W	INOCAR
Santa Cruz	1 y 2	00°26'S	90°17'W	INOCAR ECCHD
San Cristóbal	1	00°54'S	89°36'W	INAMHI

FAE: Fuerza Aérea Ecuatoriana
 ECCHD: Estación Científica Charles Darwin
 INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
 INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada

Un vacío de datos de tres meses (mayo, junio y julio de 1986) en la serie de NMM de Santa Cruz, fue rellenado en base a una regresión lineal con una media corrida de 15 días de datos de NMM en Baltra. En las series de TSM, VTOX y VTOY de GAL se presentaron tres meses de datos en blanco (enero, abril y julio de 1986) y se rellenaron con las medias correspondientes a cada serie. Eventuales vacíos (en ningún caso más de 6 datos seguidos) se rellenaron utilizando la media correspondiente al mes involucrado. En todos los casos se realizaron pruebas de hipótesis nula utilizando una función de probabilidad F, determinando que las series rellenadas conservaban sus propiedades estadísticas, requisito de estacionaridad para la aplicación de las FEO y Análisis Espectral.

Para un primer análisis se utilizaron conceptos de estadística descriptiva en el dominio del tiempo (Tabla II). Posteriormente se aplicó la técnica de las Funciones Empíricas Ortogonales (FEO) para obtener la variabilidad común entre los parámetros de las estaciones SAL y GAL (Silva, 1992; Bayot, 1993), siendo ésta, una técnica de reducción de variables que puede sumarizar matrices de correlaciones grandes. Brevemente, las FEO consisten en transformar el conjunto de las variables originales (en este trabajo series de tiempo de TSM, PSA, NMM, VTOX y VTOY) en uno más pequeño de combinaciones lineales (series de tiempo de los modos) que contengan la mayoría de la varianza del conjunto original. Esto se consigue determinando la menor cantidad de modos, que expliquen la mayor

cantidad de varianza de los datos originales. Por lo que, a pesar que matemáticamente se puede obtener tantos modos como variables se hayan utilizado, no todos serán importantes, ya que serán significativos sólo aquellos que expliquen la mayor cantidad de varianza original.

Así, las series de tiempo $X_m(t)$ con n observaciones pueden ser descompuestas en M funciones ortogonales $F_k(m)$:

$$X_m(t) = \sum_{k=1}^M a_k(t) F_k(m) \tag{1}$$

Donde K representa el modo y a_k la amplitud de la serie de tiempo. En otras palabras, $F_k(m)$ representa en forma gráfica vectores ortogonales, por tanto describe un sistema de M ejes coordenados; mientras que la amplitud $a_k(t)$ representa la proyección de las $X_m(t)$ series de tiempo originales sobre la dirección de $F_k(m)$.

Por otro lado, la forma canónica de las FEO es:

$$\sum_{m=1}^M \{X_m X_n\} F_e(m) = \lambda_e F_e(n) \tag{2}$$

Donde $\{X_m(t)X_n(t)\}$ es la matriz de covarianza cruzada muestreada, $F_e(n)$ representa los eigenvectores de la matriz de covarianza cruzada y λ_e representa los eigenvalores.

Tabla II. Principales propiedades estadísticas de las series de tiempo. Período de análisis: 1985-1988.

ARREGLO	SERIE	MAXIMO	MINIMO	MEDIA	D.E.
SAL	TSM (°C)	29.0	18.4	23.9	1.73
	NMM (cm)	289.0	242.0	257.6	6.96
	PSA (mb)	1015.6	1005.7	1011.4	1.64
	VTOX (m/s)	1.7	-5.5	-2.2	0.88
	VTOY (m/s)	2.4	-5.4	-2.3	1.02
GAL	TSM (°C)	28.8	16.0	23.3	2.07
	NMM (cm)	169.7	127.7	143.1	7.26
	PSA (mb)	1018.1	1005.8	1011.9	1.78
	VTOX (m/s)	8.1	-2.5	1.6	1.42
	VTOY (m/s)	3.3	-8.8	-2.6	1.84

VTOX (-): del Oeste
VTOY (-): del Sur

Otro concepto que es necesario conocer es la ponderancia, que se obtiene dividiendo la covarianza para las desviaciones estandar de X_i y Y_j e indica la medida de importancia de cada variable con respecto al modo.

Por último, Análisis Espectral fué utilizado para determinar los períodos energéticos de las ondas. Esto se realizó para todas las series de tiempo, así como para los modos que se encontraron significativos. Espectros cruzados fueron calculados entre las variables de ambas estaciones (SAL y GAL) para determinar las relaciones entre ellas. Los

fundamentos teóricos de estas técnicas se los pueden encontrar en Cornejo, 1984.

ANALISIS DE LAS SERIES DE TIEMPO

Un análisis visual-gráfico inicial de las series de tiempo normalizadas (Figuras 2 y 3), revela la presencia del ciclo anual solamente en la TSM y PSA de SAL y GAL, así como en el VTOY de SAL. En todas las series se observan oscilaciones con períodos menores al ciclo anual, entre las que parecen destacarse las oscilaciones intraestacionales de 40-60 días.

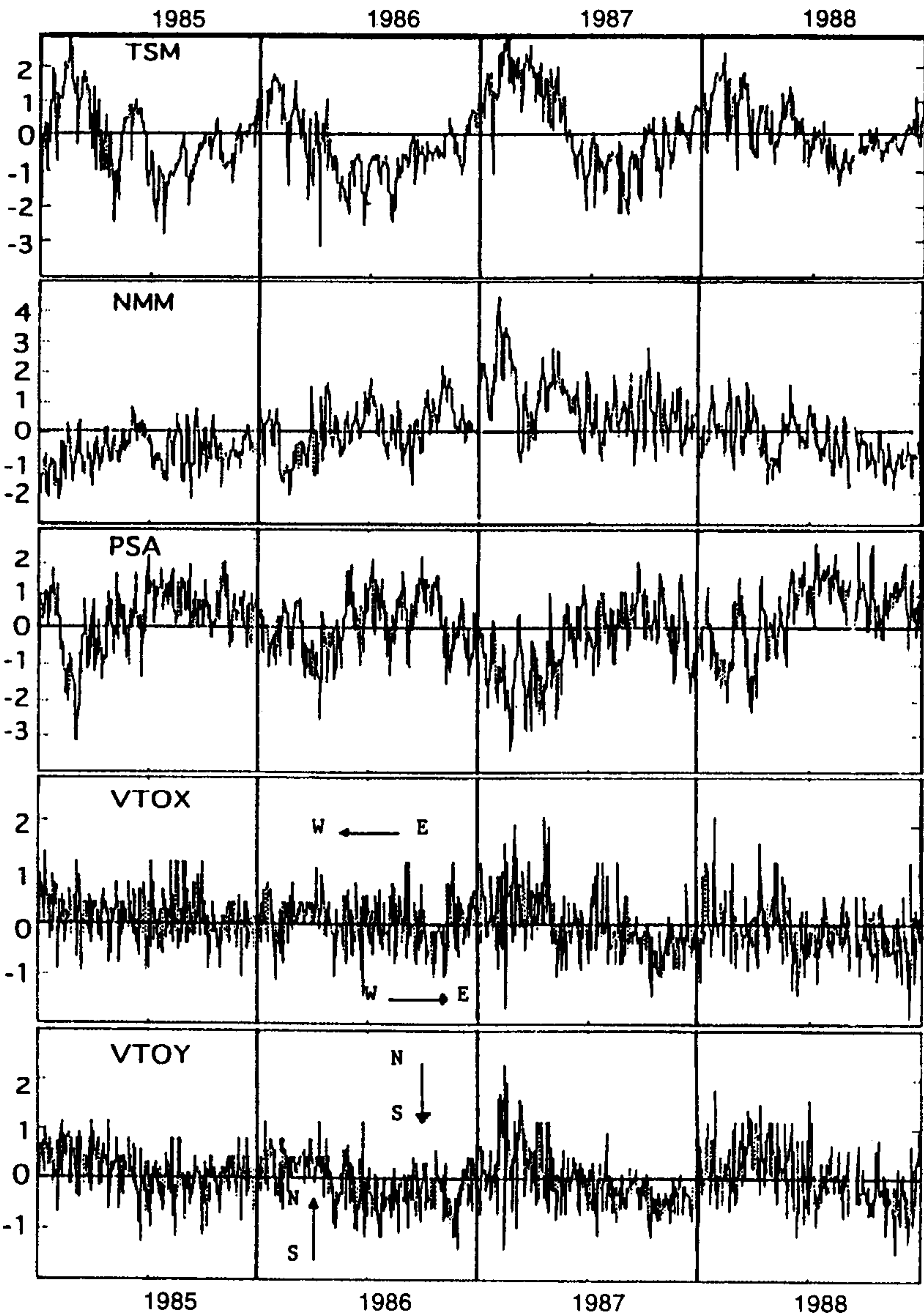


Figura 2. Series de promedios diarios normalizados en SAL

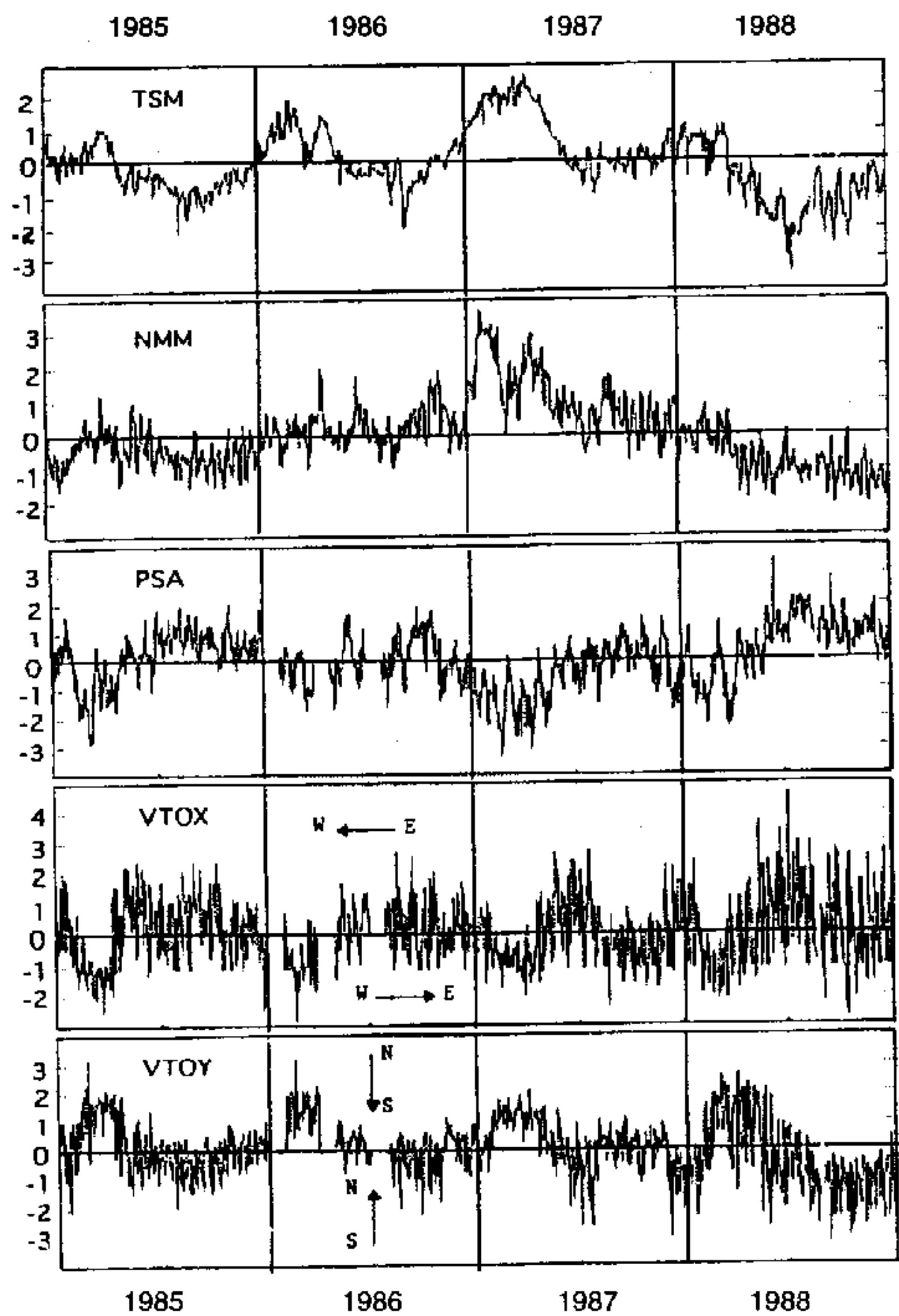


Figura 3. Series de promedios diarios normalizados en GAL.

En la TSM y PSA de ambas estaciones se observa el evento ENOS de 1987. Durante este período cálido y especialmente en SAL, las anomalías de TSM no se destacan (de manera especial) del calentamiento estacional y normal que ocurre a principios del año calendario, pero si se aprecia un comportamiento sostenido de ellas.

Durante casi todo el año de 1988 y sólo en la TSM de GAL, se presentó un período frío, cuyos valores a mital de ese año, llegaron a sobrepasar significativamente dos desviaciones estandar negativas. Tal aspecto es coherente con el evento frío Anti-El Niño, que se presentó en la región del Pacífico Tropical desde 1988 hasta mediados de 1989. Las series de PSA confirman lo anterior, ya que se puede apreciar relativas altas presiones durante la segunda mitad de 1988.

Las series de NMM de ambas estaciones no muestran un ciclo anual definido. Sin embargo, se observa una tendencia lineal al aumento y a la disminución, antes y después del evento ENOS de 1987 respectivamente. Esto indicaría la presencia de una oscilación interanual que no se puede detectar con el período de este análisis y que además estaría modulando el ciclo anual de las series. Durante el ENOS de 1987 se presentaron los máximos valores de NMM, especialmente en SAL, donde llegó a alcanzar valores mayores a cuatro desviaciones estandar. La disminución del nivel del mar posterior a este evento está asociado al Anti-El Niño de 1988.

Los vientos zonales predominantes en SAL son del oeste y en GAL del este. Esta componente no presenta un ciclo anual en ninguna de las dos

estaciones. Por otro lado, la dirección predominante de la componente meridional del viento en las dos estaciones es del sur; GAL tampoco exhibe un ciclo anual definido, no así SAL, donde sí es evidente, estando asociado a los cambios estacionales del Centro de Alta Presión del Pacífico Suroriental.

RESULTADOS DEL ANALISIS ESPECTRAL

Los resultados del análisis espectral aplicado a las series de tiempo son mostrados en la Tabla III y en las figuras 4 y 5. Adicionalmente, se encontraron en las frecuencias más bajas picos y bandas espectrales no muy definidos pero con algo de energía. Así, en el espectro de TSM y VTOX de SAL, se observó este tipo de bandas en los períodos cercanos a 100, 55 y 32 días y en el de TSM de GAL se encontraron bandas centradas en 100 y 50 días.

ARREGLO	SERIE	PERIODOS DE PICOS Y BANDAS ESPECTRALES ENERGETICOS (días)
SAL	TSM	15.2, 7.2, 5.6
	NMM	14.5, 13.7, 5.6
	PSA	32.0, 7.0
	VTOX	26-22, 20, 15.8-14.7
	VTOY	11.0, 5.8
GAL	TSM	35-26, 20, 13.2-12, 6.5-6.0
	NMM	14.5, 13.7, 9.5, 8.8
	PSA	32, 9.5
	VTOX	15-12.9, 5.9, 5.7
	VTOY	10.5, 9.5, 6.2

Tabla III. Resultados del Análisis Espectral aplicado a las series de tiempo.

Tal como sucedió en el espectro de TSM y VTOX, el espectro de NMM de SAL presentó una banda no muy definida y centrada alrededor de 100 días. También se observó otra de estas bandas, aunque con menor cantidad de energía que la anterior, ubicada entre 51 y 26 días. En el espectro de NMM de GAL también se encontraron, no muy definidos, un pico en 50 días y una banda entre 34 y 23 días.

Los espectros de PSA de las dos estaciones son muy parecidos, porque además de la similaridad en los picos energéticos, se encontró una banda en común entre 50 a 55 días que parece contener gran energía.

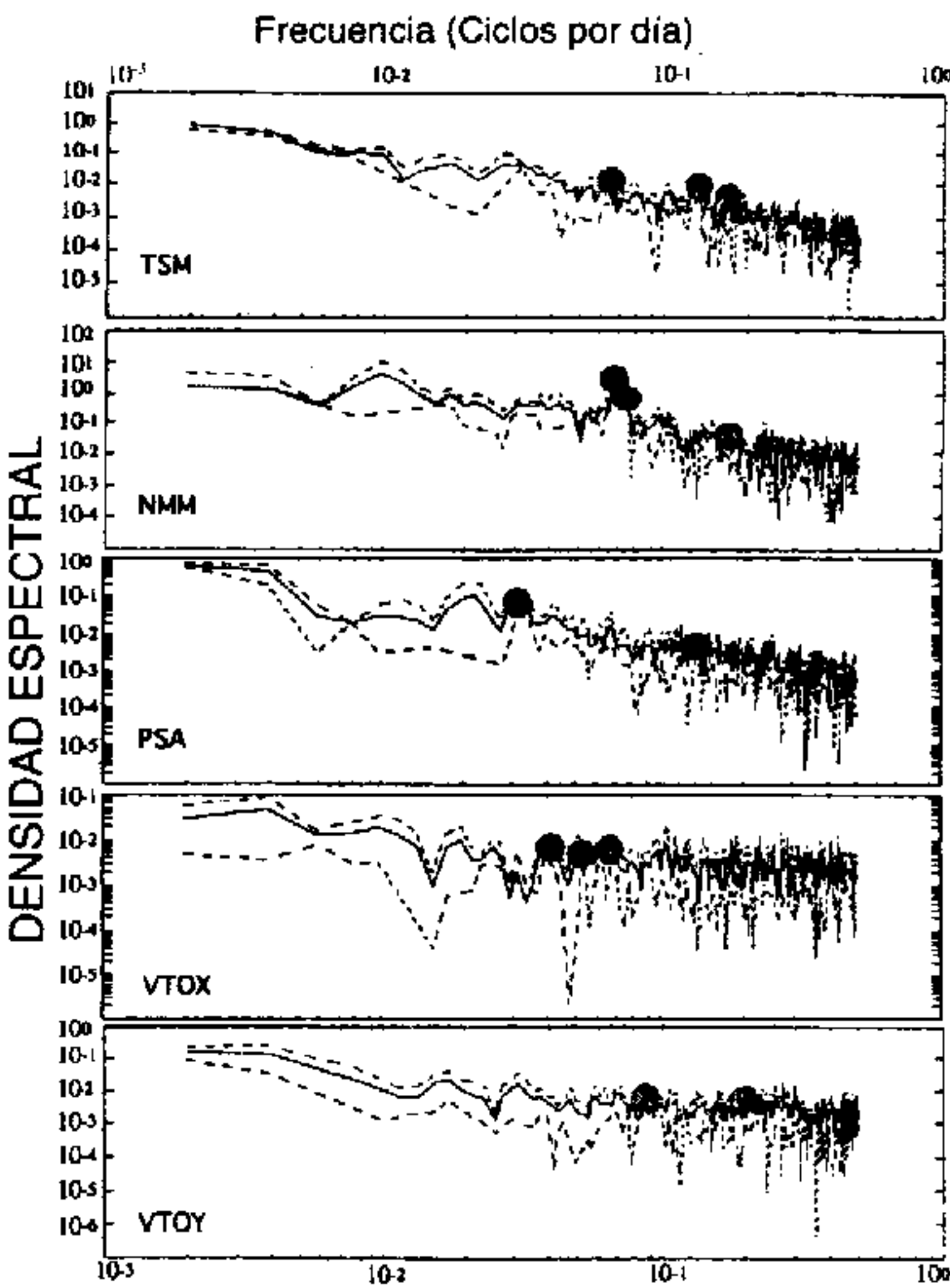


Figura 4. Densidad espectral de los promedios diarios en SAL. Las unidades de densidad espectral son: (°C)²/cpd para TSM, cm²/cpd para NMM, mb²/cpd para PSA, (ms⁻¹)²/cpd para VTOX y VTOY.

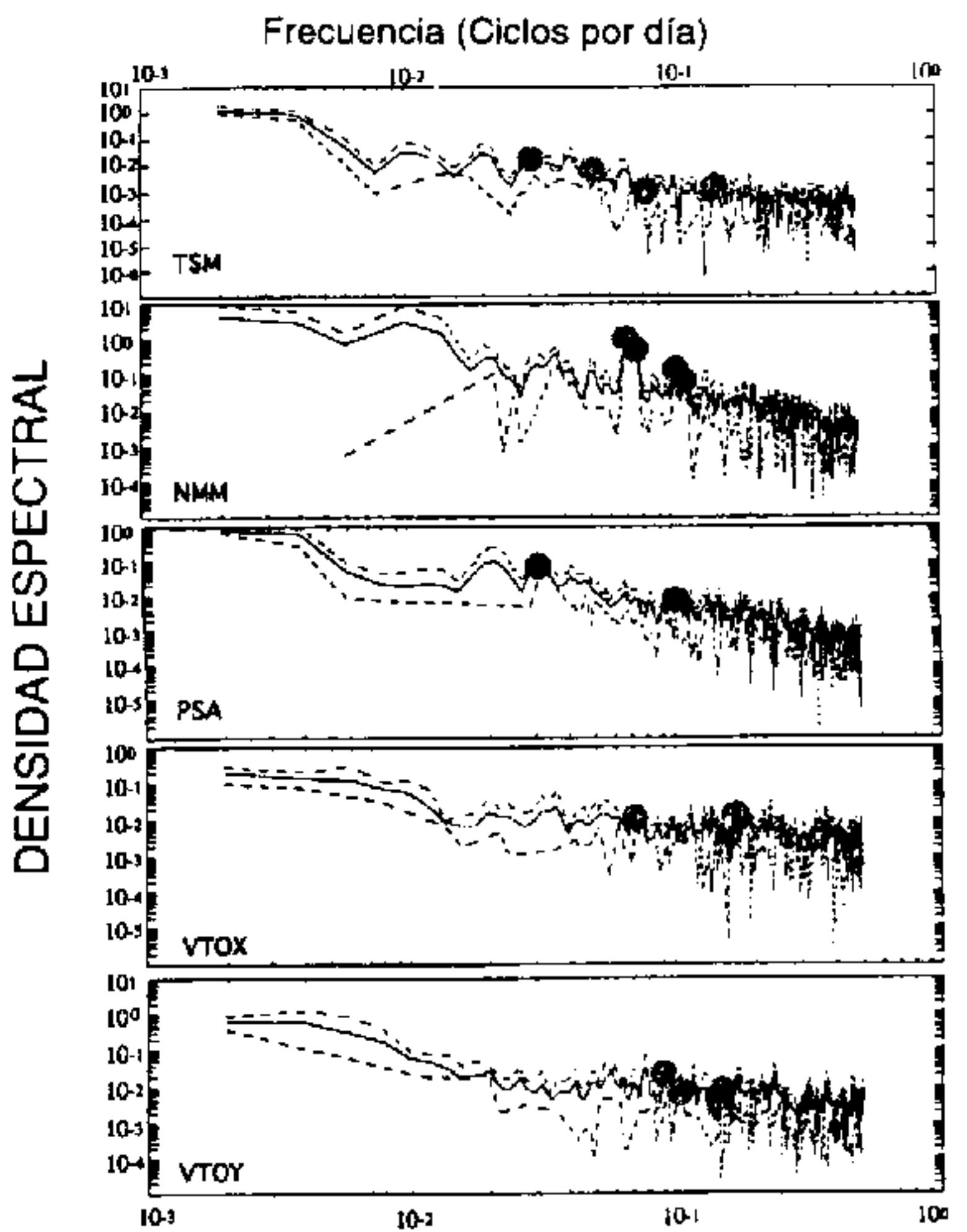


Figura 5. Densidad espectral de los promedios diarios en GAL. Las unidades de densidad espectral son: (°C)²/cpd para TSM, cm²/cpd para NMM, mb²/cpd para PSA, (ms⁻¹)²/cpd para VTOX y VTOY.

El espectro de VTOX de GAL presentó dos picos situados en 28 y 23 días enmascarados en bandas no muy definidas.

El espectro de VTOY de SAL, parece contener un poco de energía en la banda centrada en 55 días y en aquella localizada entre 31 a 25 días. En GAL se presentó una banda no muy definida y localizada entre 22 a 16 días.

RESULTADOS DE LAS FUNCIONES EMPIRICAS ORTOGONALES

La Tabla IV muestra un resumen de las FEO aplicadas para cada arreglo, donde se observa que los modos 1 y 2 (Figura 6) suman la mayor cantidad de varianza de cada arreglo, por tanto explican la mayor variabilidad común, descartando del análisis los modos restantes. Tales modos significativos totalizan en SAL el 63.03% y en GAL el 77.05%. De los dos modos, el 1 es el que explica la mayor varianza, en SAL responde por el 39.69% y en GAL por el 56.58% de la varianza total de cada arreglo.

En SAL, los modos 3, 4 y 5, en menores cantidades que los modos 1 y 2, contribuyen en porcentajes similares a la varianza total de este arreglo (15.22, 11.57 y 10.18% respectivamente). Las ponderancias del modo 1 están relacionadas principalmente a las series que mostraron un ciclo anual definido: PSA (57.85%) y TSM (56.34%) y en menor medida a VTOY (37.16%), NMM (23.76%) y VTOX (23.34%). El segundo modo está relacionado con las series que no presentaron un ciclo anual claro, principalmente NMM (44.37%), VOTX (34.43%) y en menor medida con el VTOY (29.16%).

El comportamiento de las ponderancias en GAL es similar al presentado en SAL. Las mayores ponderancias del modo 1 están principalmente repartidas en las series que mostraron claramente el ciclo anual: TSM (78.66%) y PSA (70.54) y en menor grado: NMM (58.70%), VTOY (48.78%) y VTOX (26.22%). El modo 2 está relacionado principalmente con el VTOX (54.53%) y en menor medida con el NMM (21.48%) y el VTOY (19.08%), siendo poco importantes la TSM y la PSA, a diferencia del modo 1 donde estas dos variables presentan las mayores ponderancias.

Tabla IV. Resumen de las Funciones Empíricas Ortogonales. Resultados por arreglo.

ARREGLO	MODO	EIGEN VECTOR	VARIANZA %	SUMATORIA VARIANZA	PONDERANCIAS				
					TSM	NMM	PSA	VTOX	VTOY
SAL	1	1.98	39.69	39.69	56.34	23.76	57.85	23.34	37.16
	2	1.17	23.34	63.03	1.04	44.37	7.73	34.43	29.16
	3	0.76	15.22	78.25	18.96	12.81	0.15	36.49	7.68
	4	0.58	11.57	89.82	2.98	18.06	14.07	2.06	20.67
	5	0.51	10.18	100.00	20.68	0.99	20.20	3.67	5.33
GAL	1	2.83	56.58	56.58	78.66	58.70	70.54	26.22	48.78
	2	1.02	20.47	77.05	4.54	21.48	2.75	54.53	19.08
	3	0.52	10.36	87.41	0.22	2.64	0.01	19.05	29.84
	4	0.38	7.69	95.10	0.25	11.45	24.71	0.1	1.96
	5	0.24	4.90	100.0	16.33	5.73	2.00	0.1	0.34

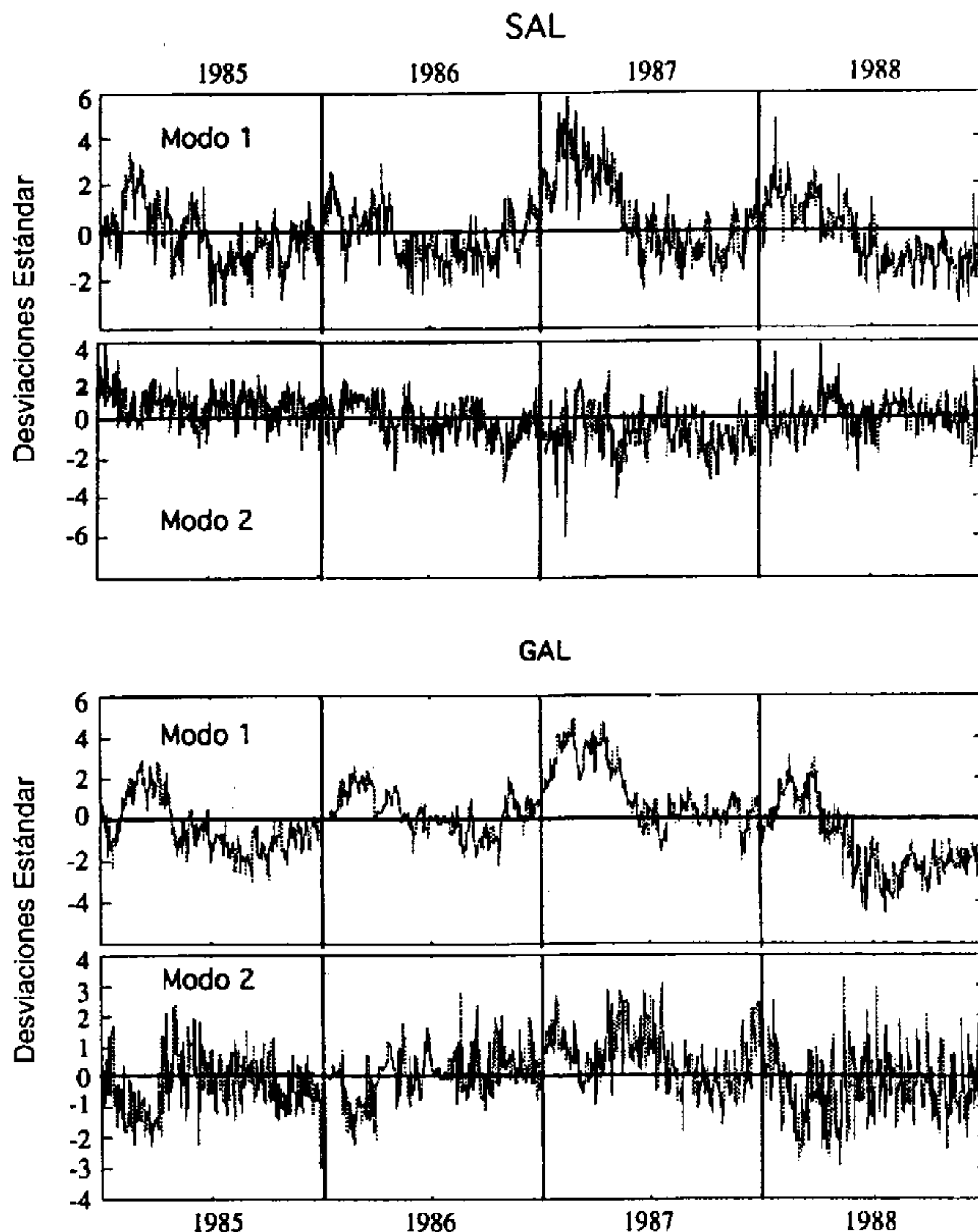


Figura 6. Series de Tiempo de los modos

ANÁLISIS ESPECTRAL DE LOS MODOS

El análisis de las FEO arrojó los modos estadísticamente más significativos y mediante el cálculo de las ponderancias se llegó a determinar las variables que están relacionadas con esos modos. Sin embargo, es necesario discriminar si los modos que, matemáticamente resultaron significativos, responden a una realidad física, ya que "significancia estadística no garantiza necesariamente significancia física" (Wallace, 1972), puesto que pueden responder a ruido presente en la serie original y no ser un fenómeno real de la naturaleza. Además, hay

que considerar que cada modo puede ser interpretado como una estructura específica de una onda, describiendo un fenómeno físico determinado.

Entonces para discriminar si la significancia de los modos es estadística o real y para determinar cuál es el fenómeno físico que representa cada modo, se calcularon los espectros de los modos significativos (Figura 7 y Tabla V). Con este análisis se determinaron los períodos espectrales energéticos y se los relacionó con los períodos de las ondas ecuatoriales.

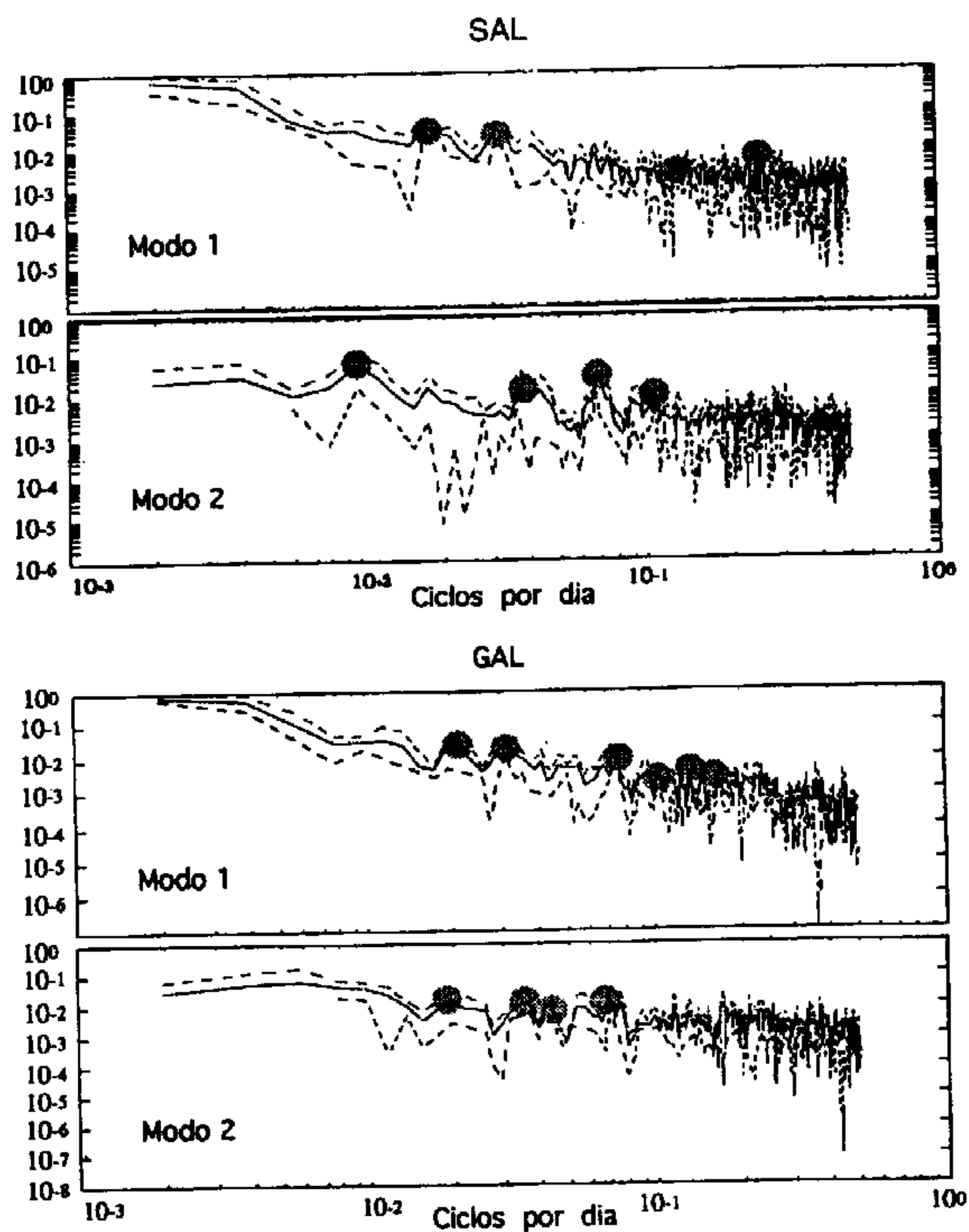


Figura 7. Densidad espectral de los modos. (La densidad espectral de los modos es adimensional.)

Tabla V. Resultado del Análisis Espectral aplicado a las series de tiempo de los modos.

ARREGLO	MODO	PERIODOS DE PICOS Y BANDAS ESPECTRALES ENERGETICOS (días)
SAL	1	55, 32, 7.5-6.8, 4.0
	2	100, 25, 14.5, 9.0
GAL	1	50, 32, 13.7, 9.5, 7.0, 5.6
	2	50, 28, 23, 14.5

AUTOESPECTROS DE LOS MODOS DE SAL

En el modo 1 se encontró una banda significativa centrada en 55 días. Esta oscilación se presentó en forma de bandas no muy definidas en casi todos los espectros de las series de SAL. Un segundo pico significativo en 32 días, fue observado con anterioridad en todos los gráficos espectrales de SAL, ya sea en forma de pico (en el espectro de PSA) o contenido en bandas no muy definidas (en los espectros de TSM, NMM y VTOY); en el espectro de VTOX, este pico no fue observado en forma muy clara. Sin embargo, ya que las FEO extraen la variabilidad común, se esperaría que una oscilación de 32 días esté presente en todas las series e inclusive en los vientos zonales. Se observó una tercera banda energética entre 7.5 a 6.8 días, en la que estaría resumida la energía que se presentó en algunos de los espectros individuales de SAL. Finalmente, resulta interesante la presencia de una cuarta oscilación en 4.0 días que no fue observada en los espectros individuales.

La oscilación de 14.5 días es la más destacable en el espectro del modo 2 de SAL. Coherente con las ponderancias de este modo, esta oscilación estaría relacionada con el NMM; alrededor de este pico bien definido se localizó una banda muy energética entre 16.7 y 14.7 días, muy similar a lo encontrado en el espectro de VTOX. Se destaca un segundo pico en 9.0 días, que de acuerdo a las ponderancias podría estar relacionado con los vientos zonales. Sin embargo, este pico no es observado en los espectros de las series originales, a pesar que se esperaría encontrarlo en el espectro de VTOX. También se encontró una banda centrada alrededor de 100 días, la misma que fue observada aunque no muy definida, principalmente en los espectros de TSM, NMM y VTOX. Por último, fue observada una banda centrada en 25 días, esta señal también se encontró contenida en el espectro de VTOX.

AUTOESPECTROS DE LOS MODOS DE GAL

En el modo 1 se encontró una banda ancha centrada en 50 días. Coherente con el valor de las ponderancias, este pico fue más evidente en los espectros de TSM, PSA y NMM y no se observó en los espectros de VTOY y VTOX. Un segundo pico significativo en 32 días, de tanta energía como el anterior, se destacó previamente en los espectros de PSA y TSM (especialmente en el primero) y se observó en forma de banda no definida en el espectro

de NMM, aunque no se destacó en los espectros de VTOX y VTOY. Un tercer pico significativo se localizó en la frecuencia correspondiente a 13.7 días, el mismo que se observó como pico muy significativo en el espectro de NMM y como banda en el correspondiente a VTOX. Un cuarto pico energético en 9.5 días es similar al encontrado con anterioridad en los espectros de NMM, PSA y VTOY. También se destacaron dos picos en 7.0 y 5.6 días.

En el modo 2, la oscilación de 50 días es común en forma de banda no definida a los espectros de TSM, NMM y PSA, pero no se encontró en los espectros de VTOX y VTOY. La onda de 28 días es común en los espectros de: TSM (en forma de banda), NMM y VTOX (en ambos se observa un pico dentro de una banda energética no muy definida), pero no se presentó ni en el espectro de VTOY ni en el de PSA. La oscilación de 23 días se encontró en los espectros de VTOX y NMM en forma de pico dentro de bandas no muy definidas. La oscilación de 14.5 días es coherente con los espectros de NMM y VTOX.

ESPECTROS CRUZADOS

El espectro cruzado de TSM mostró poca coherencia, no así el de NMM que presentó alta coherencia especialmente en las frecuencias más bajas (Figura 8). El espectro cruzado de PSA (no presentado) también exhibió altas coherencias, especialmente en las frecuencias menores a 0.25 cpd (períodos mayores a 4.0 días), los 0° de fase entre las dos estaciones demostraron que las oscilaciones que están afectando a la presión son regionales. También se calcularon espectros cruzados entre variables; el realizado entre VTOY y NMM de SAL (Figura 8), reveló que las oscilaciones con períodos de 50 y 32 días (observados en el modo 1 de SAL y GAL y en el modo 2 de GAL) presentaban coherencias significativas sugiriendo un forzamiento atmosférico local. No se encontraron coherencias entre el NMM y vientos en las oscilaciones de 100 y 25 días (presentes en el modo 2 de SAL), por lo que no parecen estar forzadas atmosféricamente. A pesar que la oscilación de 28 días del modo 2 de GAL coincide con el período de la Componente Media Mensual de las Mareas (Mm), los espectros cruzados de NMM no presentaron coherencias significativas en este período. Sin embargo, sí se encuentra coherencia en el espectro cruzado de PSA, indicando que esta oscilación está influenciada atmosféricamente.

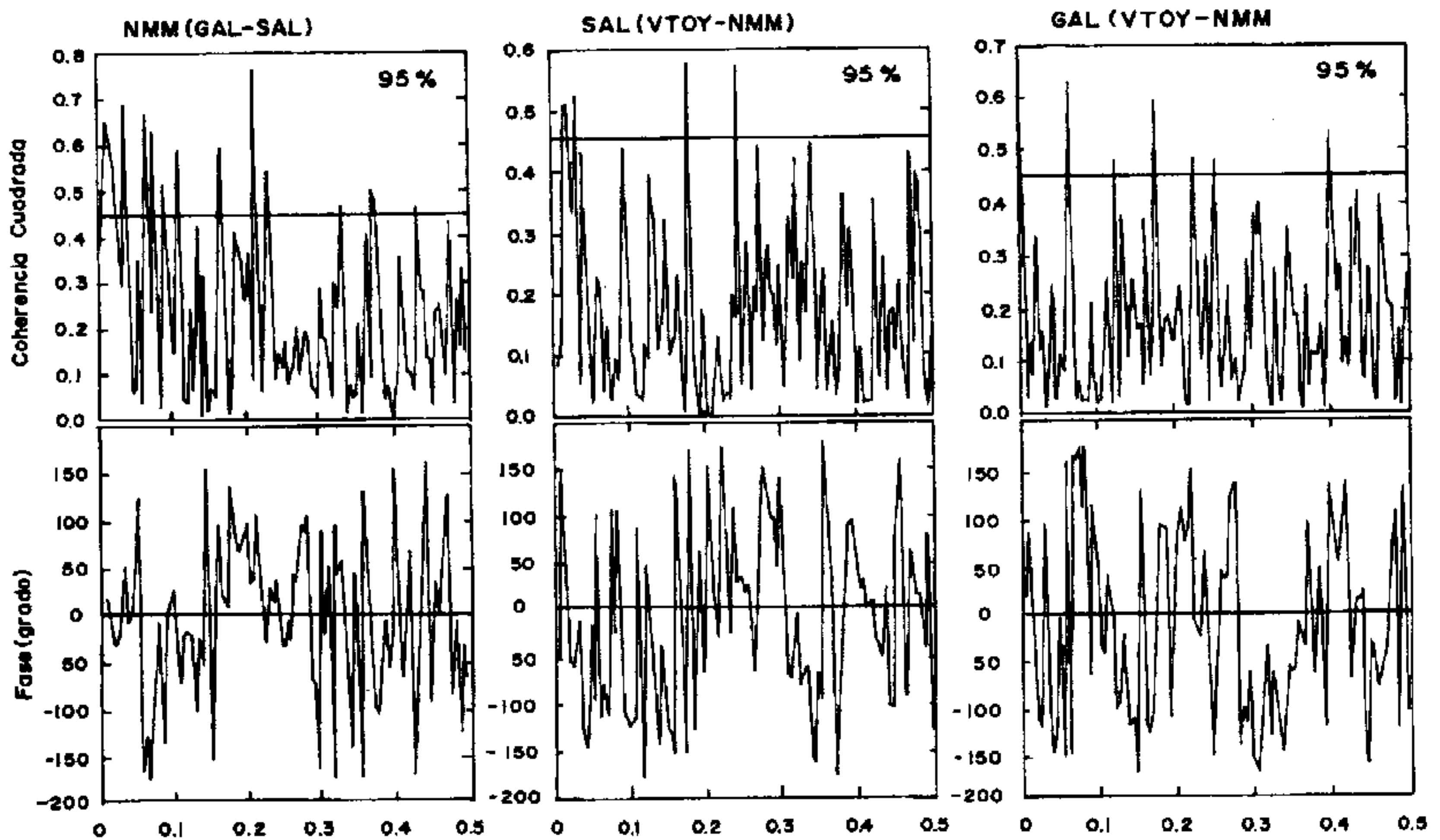


Figura 8. Espectros cruzados

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

1. El espectro más destacable en las series de tiempo del modo 1 de SAL y GAL es la presencia de un ciclo anual. Puesto que el modo 1 representa la variabilidad común, se deduce que el ciclo anual es el primer aspecto en común en las series de SAL y GAL, aunque no sea evidente visualmente o no esté bien definido en algunas series, puesto que en ellas parecen estar presentes oscilaciones interanuales que no se pueden detectar con el período de este análisis. Las ponderancias

son coherentes con este aspecto, e indican que este modo está mas relacionado con las variables cuyo ciclo anual es más evidente: TSM y PSA:

En tales modos se destaca el evento ENOS de 1987 y sólo en GAL, un período frío que es coherente con el evento Anti-El Niño, que se presentó en la región del Pacífico Tropical desde 1988 hasta mediados de 1989. Lo anterior sugiere que GAL es mejor indicador de lo que sucede en términos generales en el

- Pacífico.
2. El hecho que las ponderancias de los vientos, tanto zonales como meridionales, así como la del NMM, sean las más importantes en el modo 2 de SAL y GAL, significa que algunas oscilaciones oceánicas están siendo forzadas aunoféricamente por algún proceso de viento local o remoto.
 3. En los modos 1 y 2 de SAL y GAL se observan oscilaciones de períodos menores al anual, que luego de realizado el análisis coinciden con los períodos de las ondas ecuatoriales.
 4. Las oscilaciones de 55 y 50 días presentes en los modos 1 de SAL y GAL y en el modo 2 de GAL, se enmarcan dentro del período de las ondas Kelvin intraestacionales de 30-60 días encontradas entre otros, por Spillane et al. (1987) y Enfield (1987). Esta oscilación fue observada en el espectro cruzado entre VTOY y NMM de SAL sugiriendo un forzamiento atmosférico local.
 5. La oscilación de 32 días detectada en el modo 1 de SAL y GAL se ajusta al rango de períodos de una onda Kelvin o de una onda Rossby-gravedad. Sin embargo, el hecho que en el espectro cruzado de NMM (entre GAL y SAL) se presente en fase (0°), indica no sólo que está ocurriendo al mismo tiempo en las dos estaciones, sino que su velocidad de fase es infinita (no así la propagación de energía) sugiriendo una onda Rossby-gravedad (Cornejo, 1987). Esta oscilación parece estar forzada atmosféricamente ya que también se observa coherente en los espectros cruzados de VTOX (entre GAL y SAL) y PSA (entre GAL y SAL). También se observa coherencia significativa en el espectro cruzado entre VTOY y NMM de SAL, de esto se deduce que en esta frecuencia, el océano está atmosféricamente forzado por los vientos meridionales. Tal circunstancia podría estar relacionada a cambios de vientos alisios del Pacífico asociados a eventos ENOS.
 6. En el modo 2 de SAL, la oscilación de 100 días, coherente en el espectro cruzado de NMM (entre GAL y SAL) y la de 25 días, coherente en los espectros cruzados de NMM (entre GAL y SAL) y PSA (entre GAL y SAL), ambas en fase, sugieren la presencia de ondas Kelvin (en la región del Pacífico Suroriental la onda Kelvin tiene predominancia en los períodos mayores a 2 semanas. Enfield, 1987). No se encontró evidencia de esta oscilación en ningún espectro cruzado de vientos, por lo que no parecen estar forzadas localmente por la atmósfera. Los espectros cruzados que presentaron coherencia significativa en estas frecuencias, señalan que SAL y GAL están en fase, sugiriendo que este proceso oceánico local o remoto está ocurriendo a la vez en GAL y en SAL.
 7. La oscilación de 28 días (modo 2 en GAL) sólo presenta coherencia significativa en el espectro cruzado de PSA (entre GAL y SAL) presentándose en fase (0°). Esta oscilación parece estar influenciada atmosféricamente.
 8. La oscilación de 23 días presente en el modo 2 de GAL sólo se presenta coherente en el espectro cruzado de NMM, la fase de 0° indicaría que se trata de una onda Rossby-gravedad.
 9. Una de las oscilaciones más energéticas del modo 2 de SAL y GAL, es la que tiene un período de 14.5 días y corresponde a la Componente Lunisolar Quincenal de las Mareas (Msf). Este modo está reflejando la gran energía de esta componente en el NMM. La oscilación de 13.7 días presente en el modo 1 de GAL corresponde a la Componente Lunar Quincenal de las Mareas (Mf).
 10. La presencia en el modo 2 de SAL de energía en los 9.0 días, puede representar la onda Rossby-gravedad de 7 a 9 días o una onda Kelvin de 8-10 días. Sin embargo, la ausencia de ella en los autoespectros de vientos o NMM, así como la presencia en el espectro cruzado de NMM, sugieren que es una onda Rossby-gravedad sin forzamiento atmosférico local (Luther, 1973), además en períodos de 1 a 2 semanas las ondas Rossby-gravedad dominan sobre las ondas Kelvin (Enfield, 1987).
 11. Las oscilaciones de 5.6 a 7.5 días parecen estar relacionadas a las ondas Rossby-

gravedad, ya que investigaciones anteriores sugieren que las ondas con períodos cercanos a 7 días que se presentan en el área tropical, responden a oscilaciones atmosféricas Rossby-gravedad (Luther, 1973).

12. Las oscilación de 4.0 días, observada en el espectro del modo 1 de SAL, puede responder a la presencia de las oscilaciones atmosféricas

globales con período medio de cinco días, ya establecidas por Madden y Julian (1972) y encontradas en todas las longitudes y en todas las latitudes, desde por lo menos 60°S hasta 60°N.

BIBLIOGRAFIA

- Bayot, B., 1993.** Variabilidad de Baja Frecuencia de Parámetros Oceano-Atmosféricos en Salinas y Galápagos durante el período 1985-1988. Tesis de Grado, ESPOL.
- Cornejo-Rodríguez M. P., 1984.** Estudio Estadístico de un Registro Analógico de Olas, Tesis de Grado, ESPOL.
- Cornejo-Rodríguez M. P., 1987.** Propagation and Forcing of High Frequency Sea Level Variability in the Eastern Equatorial Pacific. Tesis de Masterado, Oregon State University.
- Cornejo-Rodríguez M. P., 1991.** El Papel de las Ondas Internas en el Océano Pacífico Ecuatorial, sin publicar. II Curso Latinoamericano sobre Variabilidad Climática y su Impacto Ambiental y III Curso Latinoamericano sobre Aspectos Meteorológicos y Oceanográficos del Fenómeno El Niño/Oscilación del Sur, Santiago de Chile.
- Enfield, D. B., M. P. Cornejo-Rodríguez, R. L. Smith y P. A. Newberger, 1987.** The Equatorial Source of Propagating Variability along the Peru Coast during the 1982-1983 "El Niño", *J. of Geophys. Res.*, 92 (C13), 14335-14346.
- Enfield, D. B., 1987.** The Intraseasonal Oscillation in the Eastern Pacific Sea Levels: How is it forced?, *J. Phys. Ocean.*, 17, 1860-1876.
- Gill, A. E., 1982.** Atmosphere-Ocean Dynamic, International Geophysics Series, Vol. 30, Academic Press Inc., New York, 429-449.
- Luther, D. S., 1980.** Observations of Long Period Waves in the Tropical Oceans and Atmosphere, Tesis de Doctorado, Massachusetts Institute of Technology y Woods Hole Oceanographic Institution.
- Madden, R. A. y P. R. Julian, 1972.** Further Evidence of Global-Scale, 5-day pressure waves, *J. Atm. Sc.*, 29, 1464-1469.
- Philander, S. G., 1981.** The Response of Equatorial Oceans to a Relaxation of the Trades Winds, *J. Phys. Ocean.*, 11, 176-189.
- Philander, S. G., 1990.** El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation, International Geophysics Series, Vol. 46, Academic Press Inc. San Diego, 103-131.
- Ripa P. y S. P. Hayes, 1981.** Evidence for Equatorial Trapped Waves at the Galápagos Islands, *J. of Geophys. Res.*, Vol. 86, 6509-6516.
- Silva G., 1992.** Análisis de la Variabilidad Climática de la Zona Costera Ecuatoriana utilizando Componentes Principales, Tesis de Grado. ESPOL.
- Spillane M. C., D. B. Enfield y J. S. Allen, 1987.** Intraseasonal Oscillations in Sea Level along the West Coast of the Americas, *J. of Phys. Ocean.* Vol. 17(3), 313-325.
- Wallace J. M., 1972.** Empirical Orthogonal Representation of Time Series in the Frequency Domain. Part I: Theoretical Considerations, *J. Appl. Meteor.*, Vol. 11 (6), 887-892.
- Wunsch C. y A. E. Gill, 1976.** Observations of Equatorially Trapped Waves in the Pacific Sea Level Variations, *Deep-Sea Res.*, Vol. 23, 371-390.

CAMPOS DE PRESION DEL PACIFICO TROPICAL SURORIENTAL EN RELACION A LA OSCILACION DEL SUR: LOS INDICES SAN CRISTOBAL/GUAYAQUIL - DARWIN*

Por: JOHNNY CHAVARRÍA ⁽¹⁾
BONNY BAYOT ⁽²⁾

RESUMEN

La escasa variabilidad observada en el campo de presiones en San Cristóbal y Guayaquil merced a su posición ecuatorial, en contraparte a la gran variabilidad relacionada a perturbaciones extratropicales (Bjerknes, 1969) presentada en Pascua y Juan Fernández, sugirió la posibilidad de utilizar las dos estaciones locales, en lugar de aquellas ubicadas en el corazón del Centro de Alta Presión del Pacífico Suroriental, para la elaboración de índices que respondan efectivamente y con menor ruido a la circulación atmosférica zonal. San Cristóbal y Guayaquil, considerados en este trabajo como pertenecientes al límite oriental de la rama descendente de la Circulación Walker del Pacífico, presentaron una excelente correlación con las distintas fases de la Oscilación del Sur, ello condujo a pensar que los Índices San Cristóbal-Darwin y Guayaquil-Darwin, podrían ser una herramienta adecuada para la interpretación de la Circulación Walker/Oscilación del Sur.

ABSTRACT

The low variability observed in the pressure field in San Cristóbal (00° 54' S-89° 36' W) and Guayaquil (02° 09' S-79° 54' W), due to their equatorial position, in contrast to the great variability related to extratropical disturbances (Bjerknes, 1969), found in Pascua (27° 51' S-109° 32' W) and Juan Fernández (33° 37' S- 78° 50' W), suggested the possibility of using the two local stations, instead of those located in the High Pressure Center Core of the Southeastern Pacific, for the elaboration of indices that respond efficiently and with less noise to the zonal atmospheric circulation. San Cristóbal and Guayaquil, considered in this paper to belong to the eastern limit of the descending branch of the Pacific Walker Circulation, present an excellent correlation with the different phases of the Southern Oscillation. This suggests that San Cristóbal-Darwin and Guayaquil-Darwin indices could be a proper tool for the interpretation of the Walker Circulation/Southern Oscillation.

INTRODUCCION

Los intensos gradientes térmicos producidos por el calentamiento diferencial que se presenta entre el ecuador y los polos origina una respuesta, tanto atmosférica como oceánica, tendiente a reducirlos. Una solución meridional, a nivel de la atmósfera inferior (tropósfera), fue inicialmente descrita por Halley (1686) y mejorada por Hadley (1735), quien dio una explicación mucho más cercana a la realidad, por lo que lleva su nombre. Posteriormente Bjerknes (1969) desarrolló el esquema de una circulación zonal para el Pacífico-Indico, a la que nombró Circulación Walker en honor a Sir Gilbert Walker quien describiera la Oscilación del Sur (OS) en 1923. Kraus (1972) llamó Walker-Bjerknes a esta circulación.

La Circulación Hadley, que actúa principalmente en la banda tropical, se origina cuando aire transportado por los Alisios del Sureste y Noreste converge cerca del ecuador, donde las aguas son más cálidas, formando la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que se caracteriza por una intensa actividad convectiva y que se localiza usualmente entre 5° a 10° N. En esta zona el aire es húmedo y menos pesado y por lo tanto asciende. Luego, a nivel de la tropopausa, éste diverge en dirección hacia los polos enfriándose y volviéndose más pesado, para descender en los límites de las regiones tropicales como un aire seco y frío, donde la temperatura es más baja y la presión atmosférica es más alta. Entonces, este aire fluye superficialmente en dirección hacia el ecuador completando la

⁽¹⁾ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL.- P.O. Box 5863. Guayaquil-Ecuador

⁽²⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. P.O. Box 5940. Guayaquil-Ecuador

* Trabajo presentado en la Reunión TOGA 95, Melbourne, Australia

celda meridional. En realidad las celdas no se cierran completamente y las líneas de flujo describen espirales en dirección este-oeste. Una segunda y tercera celda se presentan en latitudes medias y altas; pero, debido a la rotación del planeta, el movimiento producido por los gradientes de densidad horizontales es principalmente este-oeste, provocando que la circulación meridional sea pequeña. En estas latitudes se desarrollan grandes perturbaciones que se manifiestan como ciclones y anticiclones, los cuales transportan energía hacia los polos (Gill, 1982).

En los meses en que los afloramientos ecuatoriales están desarrollados, el aire sobre el ecuador es demasiado frío y pesado para unirse al movimiento ascendente de las Circulaciones Hadley. En su lugar, el aire ecuatorial fluye hacia el oeste (Pacífico Occidental) donde la temperatura superficial es más cálida, entre la Circulación Hadley de los dos hemisferios. Luego, después de haber sido calentado y suplido de humedad, éste toma parte de un ascenso húmedo-adiabático de larga escala (Bjerknes, 1969). Desde un punto de vista zonal, el aire diverge en la tropósfera superior y una de sus ramas circula ecuatorialmente hasta descender sobre el frío Pacífico Oriental, cerrando la celda de Circulación Walker. Existen además otras celdas Walker, cuyos centros convectivos se encuentran localizados sobre África ecuatorial y Centro/Suramérica (Philander, 1990).

Desde una óptica menos simplista, la intensa actividad convectiva que se desarrolla sobre el continente marítimo, genera a la altura de la tropopausa un intercambio de momento angular absoluto con zonas adyacentes al norte y sur, y como el cinturón ecuatorial de la atmósfera está dotado de un mayor momento angular absoluto que los cinturones zonales adyacentes, una divergencia de momento angular absoluto debe resultar en el ecuador. La respuesta será un campo de vientos con dirección hacia el este, cuyo fortalecimiento dependerá de la intensidad de la divergencia.

La Circulación Walker, como fue descrita anteriormente, debe ser considerada como parte del mecanismo de la OS que comprende el concepto más amplio de un intercambio de masa de escala planetaria a nivel de las latitudes tropicales.

La OS, considerada como la señal más acusada de la variabilidad climática interanual

(Rasmusson, 1986), es una fluctuación de presión coherente, fuera de fase e irregular en tiempo, de dos centros de acción separados algunos miles de kilómetros de distancia sobre el Hemisferio Sur (HS): el uno localizado sobre el Centro de Alta Presión del Océano Pacífico Suroriental (CAPS), con posición promedio en $30^{\circ}\text{S}-90^{\circ}\text{W}$, y el otro sobre el Centro de Baja Presión en la región Indonésica-Australiana (Philander, 1990).

Las variaciones interanuales de la OS afectan la intensidad y posición de la Circulación Walker y Hadley. Así, durante la fase negativa de la OS (El Niño), la zona convectiva del Pacífico Occidental (región Indonésica-Australiana) junto con la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (ZCPS), ésta última área de gran actividad convectiva, cuya intensidad varía estacionalmente a lo largo de una trayectoria promedio con dirección sureste desde Torres Strait/Australia ($11^{\circ}\text{S}-142^{\circ}\text{E}$) hasta $30^{\circ}\text{S}-135^{\circ}\text{W}$ (H. Van Loon, 1987), se mueven zonalmente hacia el este, la ZCIT se traslada más al sur de lo normal y en general la Circulación Walker/Hadley se debilita/fortalece. Durante la fase positiva (Anti-El Niño), la ZCIT se mueve más hacia el norte de lo normal y la zona convectiva del Pacífico Occidental se mueve hacia el oeste, debilitándose/fortaleciéndose la Circulación Hadley/Walker.

En este trabajo se realiza primeramente, un análisis detallado de la variabilidad estacional de los campos de presión en el Pacífico Tropical, como un indicativo de las "condiciones de normalidad". Se hace esta acotación puesto que, las componentes estacionales dependen básicamente de la radiación diferencial que recibe el planeta en sus Hemisferios Norte y Sur (al realizar la rotación anual), lo que exige una respuesta tanto en la atmósfera como en el océano, no forzosamente en la misma escala de tiempo. Al respecto, Philander (1990) expresó que el ciclo estacional no puede ser considerado como un agente pasivo, porque éste es la resultante de un acoplamiento oceano-atmósfera forzado por radiación solar entrante, y que las respuestas a este tipo de forzamiento tienen mucho en común con aquellas que determinan los modos interanuales e incluyen interacciones oceano-atmósfera inestables, es decir que están sometidas a procesos de retroalimentación.

Posteriormente, se hace un análisis de las variaciones extra-estacionales, mediante el uso de los Índices de OS (IOS). Tales índices son una

cuantificación de la magnitud de la anomalía del gradiente de presión existente en un momento dado entre dos estaciones. Para cumplir con el objetivo propuesto se utilizan estaciones lo más cercanas posible a los centros de presión que gobiernan la OS. En la práctica, los IOS dan una idea del intercambio de masa existente entre tales centros, y de las reversiones posibles en la dirección de dicho intercambio.

Berlage en 1957, presentó la OS (Fig. 1) como la distribución de las correlaciones de las anomalías anuales de presión alrededor del mundo con sus similares de Djakarta (6°S-107°E), encontrando una correlación máxima (-0.8) con aquellas de Isla de Pascua (28°S-109°W). Sin embargo, Bjerknes (1969) sugirió que "la correlación negativa aproximadamente a la misma longitud de Isla de Pascua pero cerca al ecuador, y por tanto fuera del alcance de las perturbaciones extra-tropicales, podría mostrar mejores correlaciones negativas", lo cual no fue posible demostrar debido a la falta de

información. Para finalizar, tomando en consideración lo expresado por Bjerknes, y pese a no estar ubicados exactamente en la longitud de Isla de Pascua, se calcularon los IOS en base a información de presión local, los que fueron contrastados con un índice de TSM de la costa oeste de Sudamérica.

DESCRIPCION DE LOS DATOS Y METODOS

La información utilizada consiste en series de tiempo de promedios mensuales de Presión Atmosférica Superficial, desde 1962 en Darwin/Australia (DAR), Tahiti/Islands Sociedad (TAH), Juan Fernández/Chile (JF), Pascua/Chile (PAS), Guayaquil/Ecuador (GYE); desde 1968 en San Cristóbal/Ecuador (SCR); y desde 1975 en Salinas/Ecuador (SAL). La localización geográfica de las estaciones (Fig. 1) y la fuente de la información pueden ser observados en la Tabla I. Adicionalmente, se utilizó la serie de Ship Track 1 (Rasmusson y Carpenter, 1980; Fig. 1) de TSM.

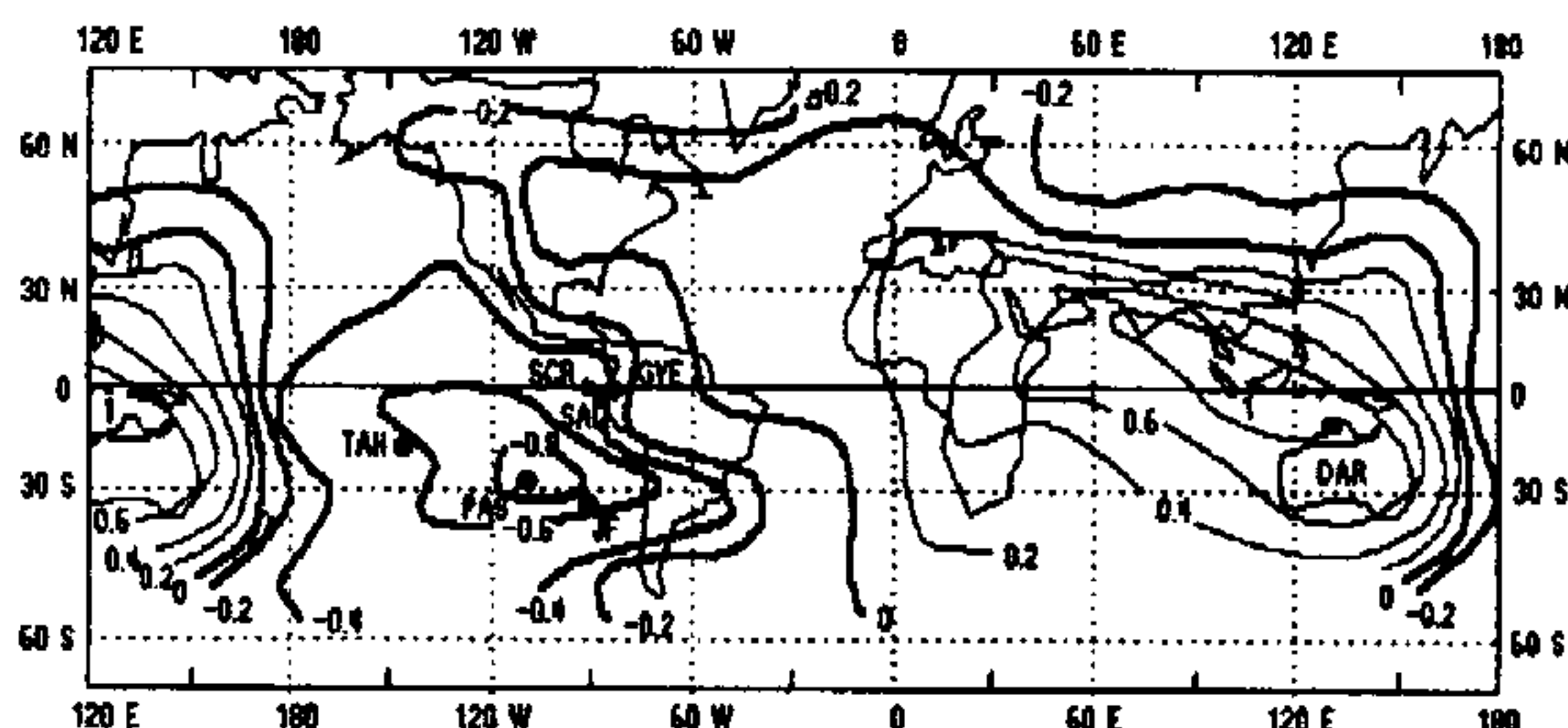


Figura 1. Distribución de los coeficientes de correlación entre Djakarta (Indonesia) y diversas localidades alrededor del mundo (Berlage, 1957). Las zonas de mayor correlación positiva y negativa indican los centros de baja y alta presión que gobiernan la Oscilación del Sur.

Tabla I. Localización geográfica de las estaciones.

Estación	Latitud	Longitud	Fuente
Darwin	12° 26'S	130° 52'E	Bureau of Met.
Tahiti	17° 33'S	149° 20'W	Bureau of Met.
Pascua	27° 51'S	109° 32'W	Dir. Met. Chile
Juan Fernández	33° 37'S	78° 50'W	Dir. Met. Chile
San Cristóbal	00° 54'S	89° 36'W	INOCAR
Salinas	02° 12'S	80° 59'W	INOCAR
Guayaquil	02° 10'S	79° 50'W	SUBDAC

Bureau of Met.: Bureau of Meteorology (Australia)

Dir. Met. Chile: Dirección Meteorológica de Chile

INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada (Ecuador)

SUBDAC: Subdirección de Aviación Civil, Guayaquil (Ecuador)

Vacíos en la serie de SCR durante los doce meses de 1971, desde julio de 1989 hasta junio de 1990 y desde julio hasta diciembre de 1991 y en GYE durante los doce meses de 1969, fueron rellenados en base a una regresión lineal entre las dos estaciones, el mismo que arrojó un coeficiente de correlación r^2 igual a 0.68. Posteriormente, mediante pruebas de hipótesis nula se comprobó que las varianzas de las series rellenadas no se alteraron estadísticamente.

La climatología de las series se obtuvo calculando los promedios mensuales de largo período utilizando el intervalo 1968-1988, que en adelante será considerado período base por ser común a todas las series. Excepción a lo anterior es la serie SAL, cuya longitud abarca los años 1975-1988, por lo que únicamente será utilizada en este análisis. En ninguno de los casos se empleó información de 1983, por el evento El Niño extraordinario ocurrido en ese año.

La normalización de las series, incluyendo la de Ship Track 1, y el cálculo de los IOS fueron realizados siguiendo el método descrito por el Climate Analysis Center (1989), utilizando el período base descrito anteriormente. Los datos rellenados de presión en SCR y GYE sólo afectan a sus respectivos valores de IOS, por lo tanto valores anteriores y posteriores al dato de IOS, no serán de ninguna manera influenciados. En total se calcularon cinco IOS: TAH-DAR, PAS-DAR, JF-DAR, SCR-DAR y GYE-DAR. Para suavizar las anomalías normalizadas y los IOS, se realizaron triples medias móviles de tres meses, de manera similar a lo realizado por Quinn (1976) para un intervalo de seis meses, pero con una menor pérdida de información.

CLIMATOLOGIA

El análisis de la OS, a través de la interpretación de los IOS es una herramienta útil para realizar algunas proyecciones que permitan prever con cierta confiabilidad la variabilidad climática de los meses subsiguientes. Sin embargo, un análisis de este tipo lejos de ser algo sencillo, implica el entendimiento de lo que debe ser un comportamiento «normal», sobre todo si se conoce que el cálculo común de los IOS es preparado con el objeto de observar la variabilidad extra-estacional, donde se trabaja exclusivamente a nivel de las anomalías mensuales normalizadas contra la desviación estándar promedio anual, lo que en algunos casos amplifica las anomalías. Por lo tanto, un pulso alarmante en los

IOS, puede responder a un adelanto o a un retraso de las condiciones respecto de lo climatológico en uno de los centros de presión, en lugar de a un evento de mayor magnitud.

En la figura 2 se presenta la variación mensual de la presión, en un año normal, para las siete estaciones. Previo al análisis climatológico de las mismas, es necesario conocer el comportamiento espacio-temporal de las zonas de baja presión del Pacífico Tropical Sur. Durante el invierno del HS, la ZCPS permanece pobremente desarrollada, mientras que la ZCIT se encuentra fortalecida a lo largo de todo el Pacífico. Lo opuesto sucede en el verano cuando la ZCPS alcanza su desarrollo máximo y la ZCIT se debilita sobre el Pacífico Occidental. Se conoce por Lau y Chan (1983) que cuando la actividad convectiva es fuerte en la ZCPS, ésta se debilita sobre la región Indonésica-Australiana.

En condiciones extremadamente cálidas (El Niño), la ZCPS se traslada hacia el noreste, consolidándose con la ZCIT que ocupa su posición más meridional y con la zona de convección del Pacífico Occidental, que a la vez se mueve zonalmente hacia el este. En condiciones frías (Anti-El Niño), estas tres zonas se alejan, de tal manera que: la ZCIT se mueve hacia el norte, la zona de convección del Pacífico Occidental se dirige hacia el oeste y la ZCPS evidencia su posición más suroeste.

En otro extremo del Pacífico, el aspecto atmosférico más relevante lo constituye la presencia del CAPS, que presenta desplazamientos estacionales que cubren un área entre 25° a 30° S y 90° a 140° W (Enfield, 1981). Este centro describe un movimiento elíptico a lo largo del año, estando más hacia el norte en julio, más cercano al continente en septiembre y más hacia el suroeste en febrero-marzo (Moreano, 1983).

Analizando Darwin (Fig. 2a), se observa que exhibe la mayor variación anual (aproximadamente 7 hectopascales), encontrándose en fase con la estacionalidad del HS. Entre diciembre y febrero, coincidiendo con el verano, la actividad convectiva está más desarrollada en la región y por tanto la presión cae. En estos meses, la variabilidad extra-estacional es mayor, presumiblemente asociada con la intensificación de la Circulación Hadley que actuaría en concordancia con un debilitado centro

de alta presión ubicado al sureste de Australia y límite sur del Indico (CAAI, en este trabajo). En la contraparte estacional (junio-agosto), las presiones exhiben los valores máximos en respuesta a la posición más al norte del CAAI.

En la figura 2b se presenta la climatología de Tahití, con una variación anual menor (aproximadamente 3.5 hertopascales) a la observada en Darwin. En el verano, al estar el CAPS en su posición más hacia el sur y la ZCPS intensificada, ejercen una menor y mayor influencia respectivamente sobre Tahití, suscitando los valores más bajos del año. Durante el invierno las presiones se encuentran en franco aumento, y no es sino hasta agosto-septiembre que éstas alcanzan su valor más alto, coincidiendo con el momento en que: el CAPS ha logrado su máximo desarrollo estacional, el CAAI alcanza su mayor influencia hacia el este, y la ZCPS está más debilitada.

En Pascua (Fig. 2c) las presiones alcanzan un pequeño mínimo en diciembre-enero, coincidiendo con la posición más al sur del CAPS. Sin embargo, en abril-mayo se produce una abrupta caída, significativamente recurrente, y con probable relación al descenso de las presiones de marzo a junio observado por Van Loon (1984, Fig. 1) en medianas latitudes y alcanzando la posición de Pascua. A partir de junio las presiones comienzan a ascender llegando a los valores máximos recién en septiembre-octubre. Respecto al comportamiento de esta estación, Enfield (1981) expresó que podría ser un buen índice del fortalecimiento de la circulación extra-estacional del Pacífico Suroriental.

Juan Fernández (Fig. 2d), en forma similar a la estación anterior, presenta un comportamiento particular. En el verano las presiones descienden hasta alcanzar un mínimo en febrero cuando el CAPS se encuentra en su posición más suroeste. A partir de marzo, conforme el CAPS comienza su traslado hacia el norte, se produce un ligero ascenso estacional en las presiones, para luego caer de mayo a julio cuando el CAPS se encuentra en su posición más alejada al norte, lo que guarda también relación con un debilitamiento local de los procesos de afloramiento (Bernal en Oldepesca/Sela, 1986). En agosto las presiones ascienden hasta alcanzar valores máximos en septiembre-octubre, en asociación a la gran cercanía del CAPS al continente.

El aspecto más importante en las climatologías de las estaciones locales (Figs. 2e, 2f

y 2g) es su escasa variabilidad estacional y sus relativas bajas magnitudes. Durante el verano del HS, cuando el CAPS se encuentra en su posición más meridional, se presenta un ligero descenso de las presiones culminando en febrero-abril, merced a la influencia de la ZCIT que se encuentra en su posición mas austral (aproximadamente 2°N). Encontrándose que, en las tres localidades, los

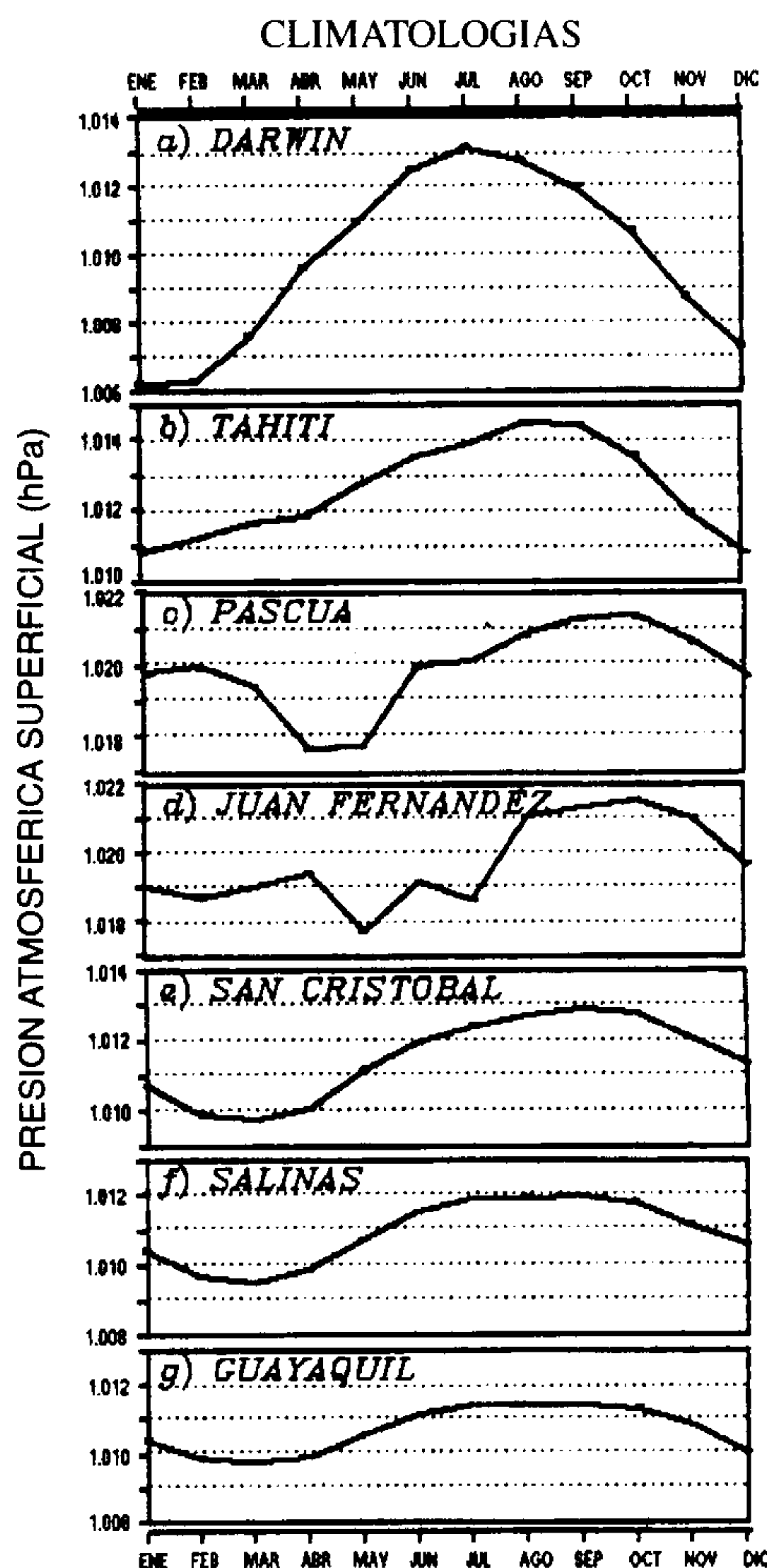


Figura 2. Variación de los promedios de presión de largo período (1968-88), excepto Salinas (1975-88)

mínimos estacionales son prácticamente los mismos. Por otro lado, los máximos valores se presentan alrededor de agosto-septiembre, en respuesta a la extrema posición norte de la ZCIT y a la cercanía al continente del CAPS. Es válido destacar que, en este caso, las presiones ya no son las mismas en las tres estaciones, sino que aumentan conforme son más oceánicas, lo que demuestra una influencia marítima.

Lo anteriormente expuesto es de singular importancia, puesto que permite concluir que esta

región (en especial San Cristóbal) se encuentra bajo el régimen de presiones del Pacífico Tropical Suroriental, y que por tanto debe responder a su variabilidad.

GRADIENTES CLIMATOLOGICOS

Los gradientes de presión han sido utilizados por algunos autores (Miller y Laurs, 1975; Van Loon y Shea, 1984; Enfield, 1981; Alcocer y Kelly, 1987; y otros) como indicadores de la intensidad de la circulación atmosférica superficial (vientos) entre dos localidades.

En una escala mayor, los gradientes de presión entre la región del CAPS y la Baja Indonésica-Australiana, son generalmente utilizados para inferir la variabilidad del intercambio de masas de aire entre los Hemisferios Oriental y Occidental (Troup, 1965), a través de los Vientos Alisios. Estacionalmente, tales gradientes deberían estar en capacidad de mostrar el intercambio climatológico este-oeste. Sin embargo, en la figura 3, que muestra la diferencia climatológica de presiones entre las estaciones asociadas al CAPS y Darwin, se observa que en el período de diciembre a febrero, coincidiendo con el verano del sur, se presentan los máximos gradientes de presión anuales, insinuando un mayor intercambio de masa; la situación opuesta ocurre durante el invierno, lo que no concuerda con lo observado en la realidad.

Esto reafirma la importancia de la componente Walker en la OS, puesto que al ser una circulación térmicamente inducida, dependiente del gradiente térmico zonal del océano, que se incrementa al intensificarse los afloramientos ecuatoriales durante el invierno, produce un aumento en el intercambio superficial de aire este-oeste a nivel ecuatorial, lo que realmente propicia la estacionalidad del flujo.

En conclusión, la interpretación de la circulación asociada a la OS, no debe ser analizada en la escala estacional como dependiente exclusivamente del gradiente de presión, sino también relacionada al gradiente de temperatura ecuatorial de la superficie del mar, en concordancia con lo expresado por Troup (1965).

Regresando a la figura 3, el intenso gradiente de fines y principios de año, está asociado a la abrupta caída de los valores de presión observados en Darwin

(ver Fig. 2a) en respuesta a la intensificación de las actividades convectivas del área. El exceso de energía al no poder ser transferido zonalmente, por el debilitamiento de la Circulación Walker, lo hace meridionalmente como Circulación Hadley, principalmente hacia el hemisferio de invierno, al estar dotado de mayor baroclinicidad.

Por último, la presencia de valores negativos observados en los gradientes de las estaciones locales contra Darwin, están relacionados a los relativamente bajos valores de presión propios de las regiones ecuatoriales debido a la influencia de la ZCIT. Esto, no obstante, no implica un transporte de masa oeste-este de gran escala, como se podría pensar a priori. Es importante mencionar que Enfield (1981) encontró que las estaciones del Pacífico Suroriental al norte de 15° S, presentan patrones de circulación atmosférica de bajo nivel prominentemente en fase con el desarrollo estacional de los Vientos Alisios.

GRADIENTES CLIMATOLOGICOS

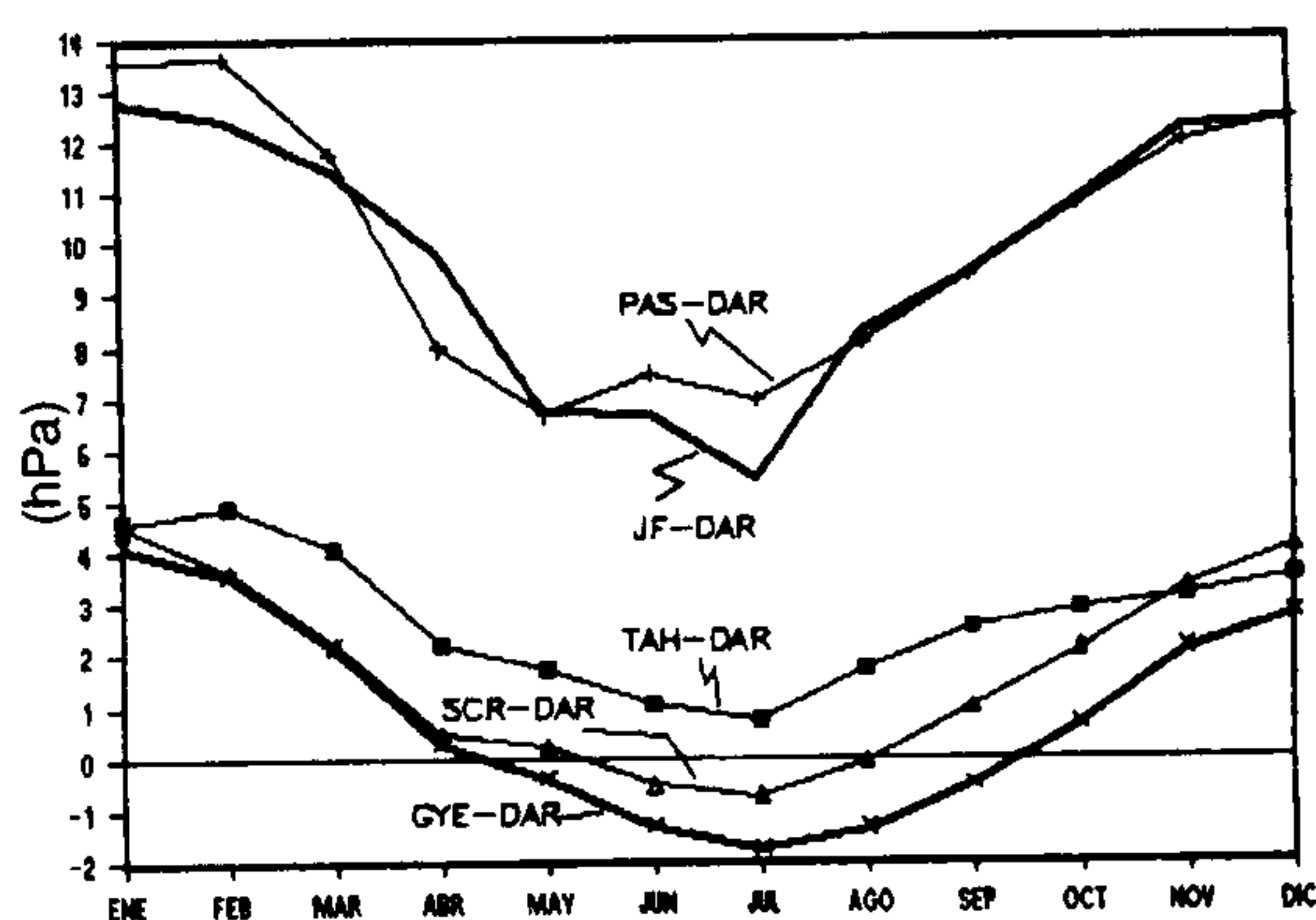


Figura 3. Gradientes de presión este-oeste en condiciones normales. Período utilizado: 1968-88

ANOMALIAS

Las figuras 4 y 5 presentan las anomalías de presión normalizadas de las estaciones. Darwin (Fig. 4a) refleja de manera efectiva la ocurrencia, magnitud y duración de los fenómenos cálidos y fríos que se han presentado en el Pacífico Tropical desde 1962 hasta 1993. Sin embargo, anomalías ligeramente superiores a una desviación estándar positiva se presentaron en 1963-64, 1977-78 y 1989-90, de las cuales la primera y la tercera estuvieron asociadas a una fase negativa temporal de la OS que no alcanzó un completo desarrollo, mientras que la segunda parece haber sido un fenómeno restringido

a la estación. En el caso de las anomalías negativas, éstas reflejan todos los períodos considerados como fríos; excepto a finales de 1978 cuando, a pesar de haber alcanzado una desviación estandar negativa, no fué considerado como año frío, por lo que estaría respondiendo más bien a una caída de la presión observada a lo largo del Pacífico.

Tahití (Fig. 4b) presenta alta coherencia con la ocurrencia de los El Niño y Anti-El Niño, siendo por lo tanto, un índice eficiente de la variabilidad extra-estacional. Actualmente Tahití es más utilizada para la interpretación de la OS que otras estaciones (ej. Pascua), debido a que presenta un comportamiento más contemporáneo con Darwin (Enfield, 1989). Al respecto, Trenberth (1983) encontró que cambios en el Pacífico Sur en Pascua y Rapa (28° S-

144° W) tienden a adelantarse por algunos meses a cambios en Tahití y a cambios opuestos en Darwin.

Pascua (Fig. 4c) y Juan Fernández (Fig. 4d) no reflejan fielmente la intensidad de los fenómenos cálidos. Durante estos períodos, las anomalías negativas suelen ser de magnitud moderada. Por otro lado, Pascua comparada con Juan Fernández, resulta ser un mejor índice de condiciones frías.

Es destacable que, en las cuatro estaciones previamente analizadas, se presenta un lapso consistentemente largo, desde 1977 hasta 1981, considerado en la literatura como normal (Rivera, 1987). Coincidentemente este período precedió a El Niño extraordinario de 1982-83

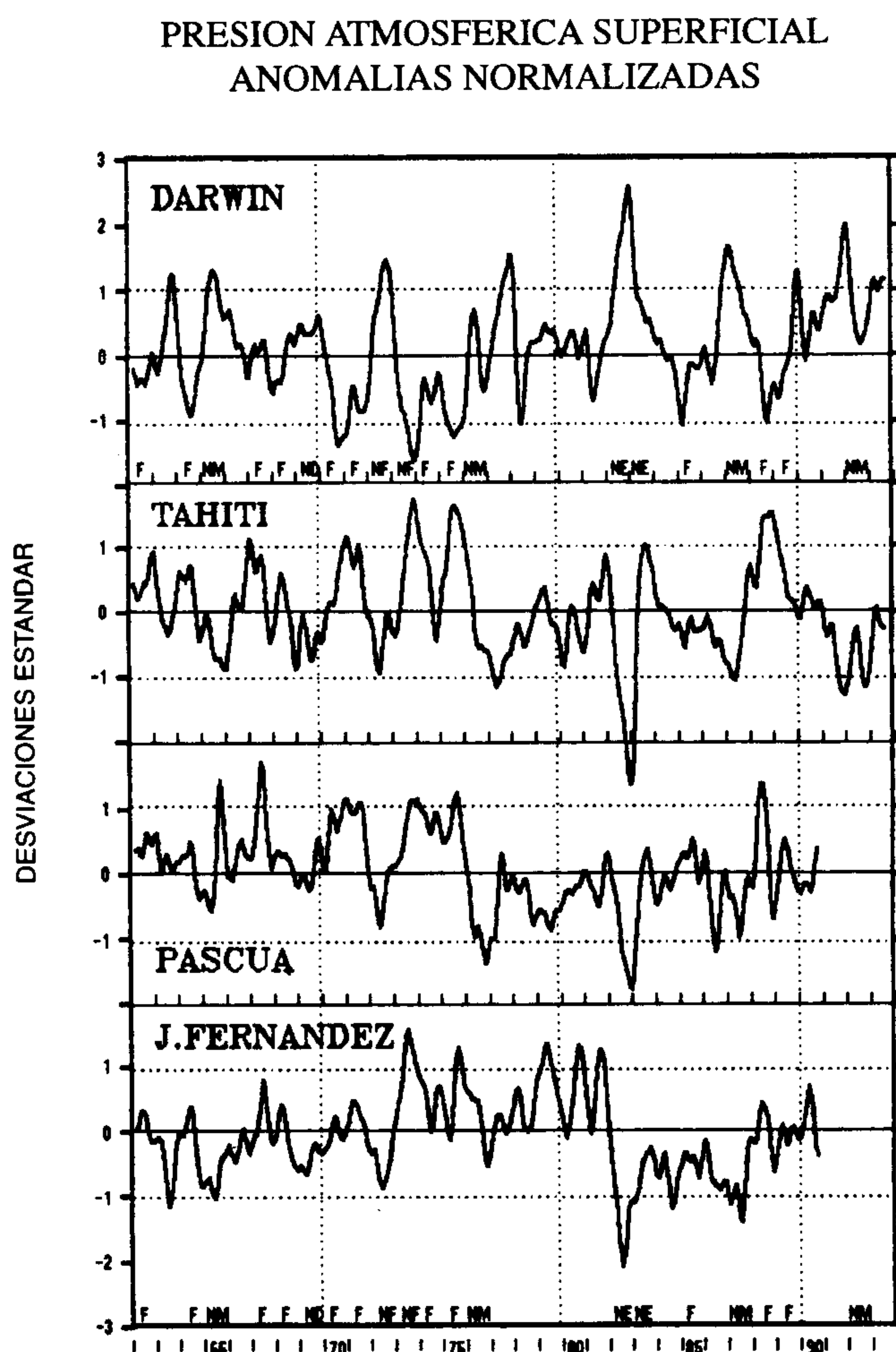


Figura 4. Anomalías de presión normalizadas de las distintas estaciones analizadas. Las letras sobre los años indican los distintos eventos, tanto cálidos como fríos, presentados en el Pacífico Tropical durante el período de estudio. Donde F= año frío, ND, NM, NF, NE= El Niño débil, moderado, fuerte y extraordinario respectivamente. Los años no indicados son considerados normales.

Por otro lado, las estaciones locales, al encontrarse ubicadas aproximadamente sobre el ecuador, deben representar un índice significativo del área de subsidencia de la Circulación Walker. Durante los eventos cálidos, el efecto de la cercanía o la presencia física de la ZCIT, debería amplificar las señales en tales períodos, lo que puede ser comprobado al observar las figuras 5a (San Cristóbal) y 5b (Guayaquil), que muestran además menor variabilidad respecto a lo observado en las anteriores estaciones. Un análisis visual permite destacar que, Guayaquil parece mostrar una mejor señal para indicar la presencia de un evento cálido, puesto que un descenso abrupto que sobrepasa una desviación estandar, está ciertamente asociado a un evento El Niño, mostrando además, concordancia con la escala de Rivera.

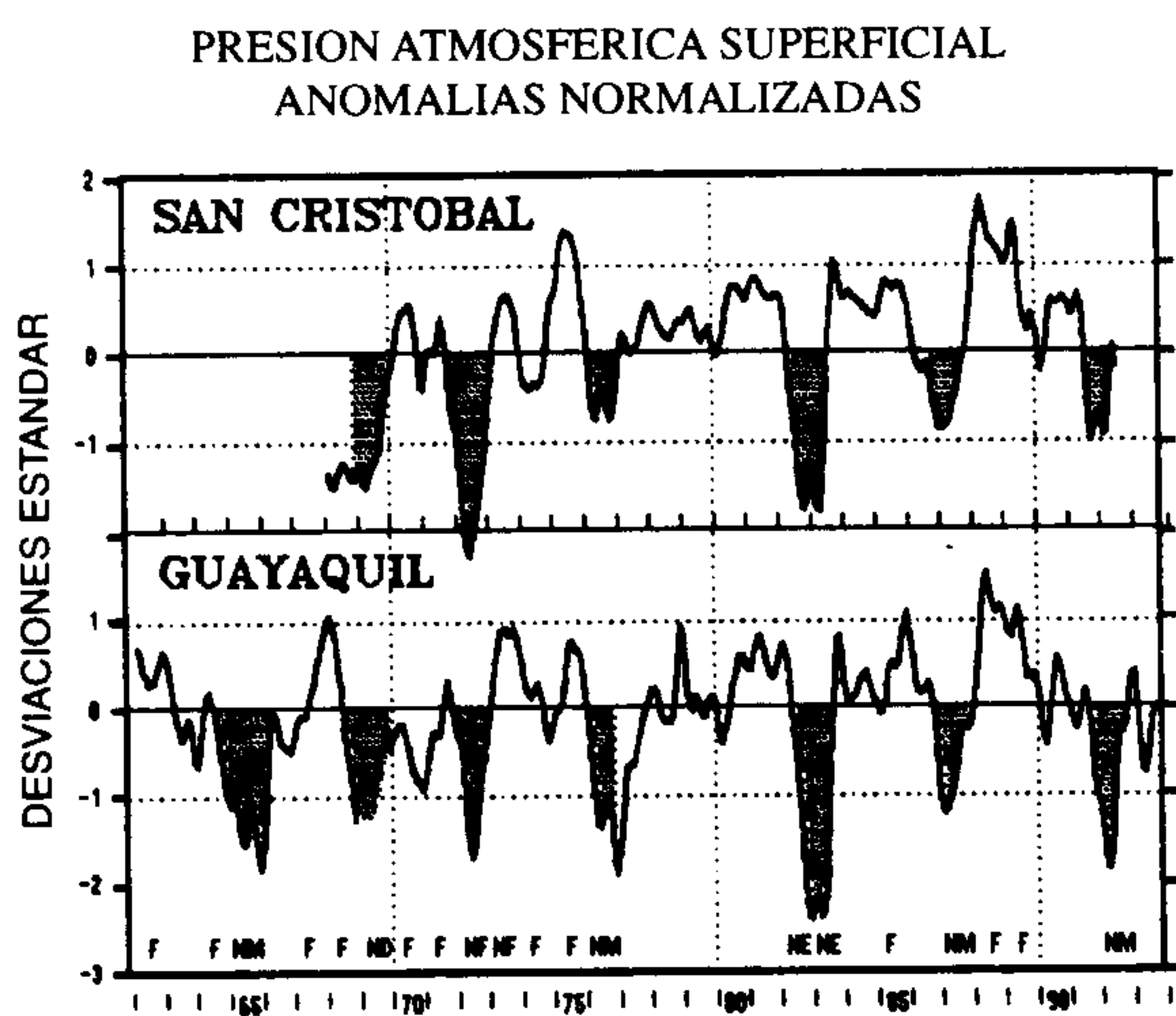


Figura 5. Anomalías de presión normalizadas de las estaciones locales. Las áreas sombreadas indican caídas de presión que estuvieron asociadas a la ocurrencia de eventos El Niño.

En los eventos fríos la respuesta se presenta también bastante clara, y quizás sea San Cristóbal la que presenta una mejor señal. Al respecto, Bayot (1993) mediante análisis de EOF, encontró que Galápagos es un indicador más eficiente que Salinas de los eventos fríos en el Pacífico Tropical.

Es importante mencionar que, la serie de tiempo de anomalías de San Cristóbal debe ser manejada con cierta precaución en el período 1966-72, debido a que muestra anomalías negativas consistentes con los eventos ocurridos, pero no con sus magnitudes. Un análisis gráfico de los datos sin procesar no mostró una tendencia definida.

IOS

En las figuras 6 y 7 se presentan los IOS calculados. Los índices tradicionales TAH-DAR (Fig. 6a), PAS-DAR (Fig. 6b) y JF-DAR (Fig. 6c) muestran la variabilidad interanual de la OS con bastante similitud y están de acuerdo con la secuencia de eventos anómalos reportados. Una de las principales características observadas es que, en la etapa precedente a los eventos El Niño, se presenta un descenso sostenido de los IOS con varios meses de anticipación. Y en algunos casos (ej. 1976), el desarrollo ulterior del evento y su intensidad, no dependerá necesariamente de la magnitud de la fase negativa del IOS, sino de lo abrupto del descenso.

Los IOS presentan además algunas diferencias entre sí. Por lo tanto, un análisis conjunto es aconsejable cuando se trabaja en tiempo real y se necesita hacer una proyección. Para ilustrar lo anterior, se puede observar que PAS-DAR en 1976 (el Niño moderado) alcanzó una anomalía negativa de hasta una desviación estandar, mientras que los otros índices estuvieron muy cerca de lo normal. En 1985 (Anti-El Niño) PAS-DAR presentó valores bastante consistentes con la activación de un evento frío, mientras que TAH-DAR y JF-DAR apenas si ofrecieron una señal. En 1988-89 TAH-DAR fue el que respondió más eficientemente al Anti-El Niño, probablemente debido a la ubicación más cercana de Tahití a la zona de intenso desarrollo de los afloramientos ecuatoriales. Otro caso puede ser la precedencia de algunos IOS con respecto a otros, por ejemplo, JF-DAR antecede a los demás en El Niño extraordinario de 1982-83.

Lo anterior indica que estos IOS presentan realmente respuestas distintas a un mismo evento de la OS, debido a las grandes perturbaciones que sufren las estaciones escogidas como representantes del CAPS. Perturbaciones que son ciertamente más intensas en aquellas estaciones más alejadas del ecuador. Esto se debe a que, el Pacífico Suroriental responde bastante bien a la Circulación Hadley, especialmente durante el verano, lo que incrementa la variabilidad del área (Tabla II).

Por otro lado, la región Indonésica-Australiana responde mejor a la circulación zonal, en consecuencia Darwin presenta una menor variabilidad sobrepuesta a su amplia oscilación estacional. En contraparte, las estaciones ubicadas en el extremo oriental y formando parte marginal de

INDICES DE OSCILACION DEL SUR

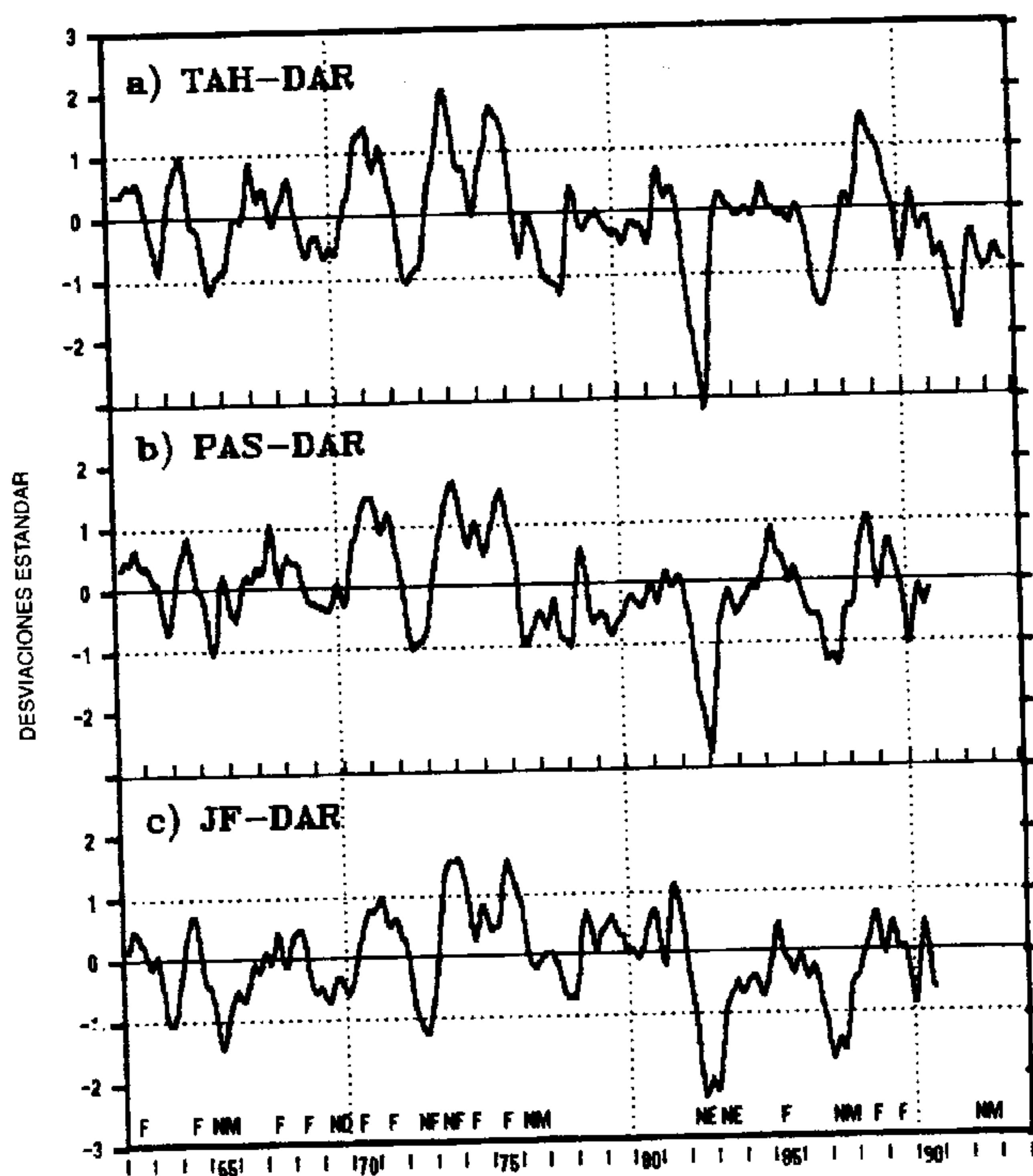


Figura 6. IOS tradicionalmente utilizados en el estudio y seguimiento de la OS y El Niño.

Tabla II. Principales propiedades estadísticas de las series de presión (en hectopascales)

Estación	Período*	Máximo	Mínimo	Promedio	D.E.
Darwin	1962-93	1015.4	1004.0	1010.0	2.62
Tahiti	1962-93	1016.6	1007.5	1012.6	1.67
Pascua	1962-91	1028.4	1013.4	1020.1	2.64
Juan Fernández	1962-91	1026.3	1011.0	1019.7	2.24
San Cristóbal	1968-92	1014.9	1008.2	1011.5	1.53
Salinas	1975-92	1013.0	1007.9	1011.0	1.11
Guayaquil	1962-93	1012.8	1008.1	1010.6	0.94

*excepto 1983 por la ocurrencia de El Niño Extraordinario

la extensa (ocupando aproximadamente 120° de longitud) y a la vez estrecha (restringida al área de los afloramientos ecuatoriales) rama descendente de la celda de Walker, como pueden ser San Cristóbal y Guayaquil, cuyos campos de presión poseen influencia marítima, presentan también muy poca variabilidad debido a su cercanía al ecuador (Tabla II).

De lo anterior se espera que, los IOS obtenidos entre esas dos áreas presenten una señal más limpia y a la vez representativa de la Circulación Walker. En tal sentido, en la figura 7 se presentan los IOS SCR-DAR (Fig.7a) y GYE-DAR (Fig. 7b), los mismos que concuerdan plenamente con lo esperado.

SCR-DAR responde muy bien a los índices históricos de Rivera (1987) tanto en los períodos fríos como en los de normalidad, ofreciendo una mejor respuesta a la fase positiva de la OS. Sin embargo, GYE-DAR es el IOS que más coherencia muestra con los eventos históricos, siendo particularmente efectivo en las fases negativas de la OS.

Comparando los IOS SCR/GYE-DAR contra el índice de TSM Ship Track 1 (Fig. 7c) se observa una efectiva coherencia entre los dos parámetros en ambas fases de la OS, siendo al parecer mayor a aquella que se pudiera encontrar contra los IOS tradicionales, tomando en consideración que Ship Track 1 representa la TSM de aguas costeras ecuatorianas/peruanas, y por tanto representativo de un régimen oceánico más local.

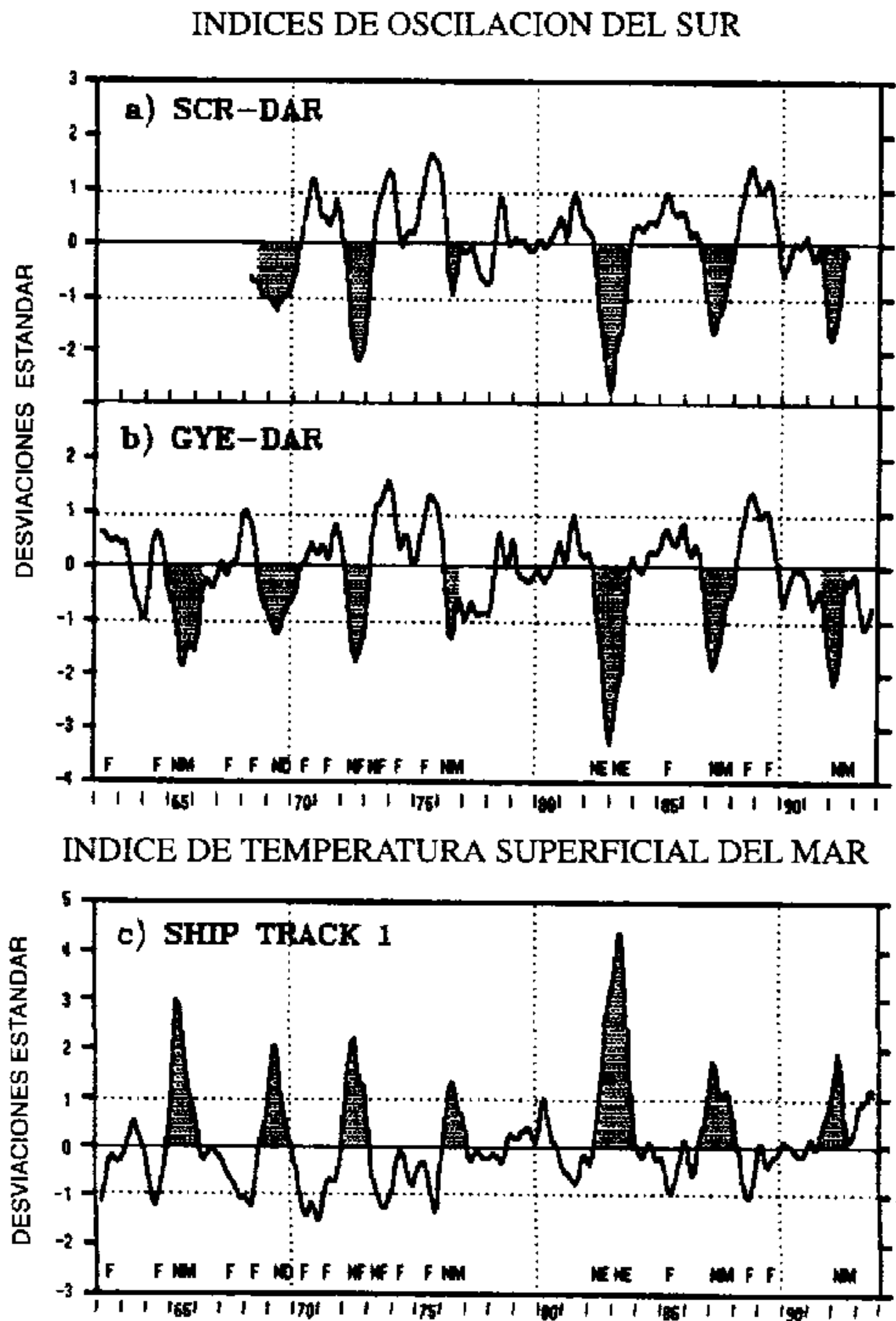


Figura 7. Variabilidad de los IOS generados con información local, comparada con el índice de TSM Ship Track 1. Las áreas sombreadas indican: las fases negativas de la OS que desarrollaron eventos El Niño, y las anomalías positivas de TSM asociadas a la presencia de tales eventos en el Pacífico Oriental.

DISCUSION

Algunas tendencias interesantes han sido observadas tanto en los IOS como en la TSM. Sin embargo, está fuera de la intención de este trabajo realizar un análisis al respecto. No obstante, algunos objetivos de investigación pueden ser planteados.

La advección recurrente de flujo proveniente de la Bahía de Panamá en períodos en los cuales no se espera su presencia, como por ejemplo en el verano de 1989 -en pleno desarrollo de un Anti-El Niño cuando se esperaba una sequía- una delgada capa de agua cálida del norte alcanzó las costas ecuatorianas, e intensas precipitaciones se produjeron. Al ser este flujo dependiente de la variabilidad norte-sur del patrón de circulación atmosférica de bajo nivel que gobierna el gradiente de presión hidrostático actuante en el Frente Ecuatorial, un análisis en una escala de tiempo sinóptica y/o cuasi-sinóptica de los IOS SCR/GYE-DAR en conjunto con índices de presión norte-sur que permitan inferir Circulación Hadley, podrían ayudar en el pronóstico de tales advecciones. Esto podría ser igualmente válido para el estudio de advecciones procedentes del sur (Corriente de Humboldt).

Otra posibilidad se presenta en el pronóstico de descargas de ríos. Al respecto Molion y Moraes (1986) hallaron coherencia entre IOS y descargas anómalas de ríos en Brasil. Chavarría (1987) encontró que el IOS Juan Fernández-Darwin correlacionaba significativamente con índices de descargas de los ríos Daule y Guayas. Esto sugiere que correlaciones entre descargas de ríos locales con los índices SCR/GYE-DAR podrían ser más ajustadas.

CONCLUSIONES

1. Las estaciones locales (SCR, SAL, GYE) responden al régimen de presiones del Pacífico Tropical Suroriental, y por lo tanto a su variabilidad.
2. El gradiente climatológico de presión entre el Pacífico Suroriental y Occidental, no está en fase con el desarrollo estacional de los Vientos Alisios, y éstos responden más bien, al desarrollo invernal de la Circulación Walker.

3. Las anomalías de presión normalizadas en cada una de las estaciones, demostraron ser buenos índices de la variabilidad de la OS, mostrando además variabilidades regionales.
4. Los IOS locales (SCR-DAR y GYE-DAR) presentan una señal más limpia, aguda y en general representativa de la Circulación Walker/Oscilación del Sur.
5. SCR-DAR responde bien a los períodos fríos y normales, ofreciendo una mejor respuesta a la fase positiva de la OS.
6. GYE-DAR es el IOS que más coherencia muestra con los eventos históricos, siendo particularmente efectivo en las fases negativas de la OS.
7. Se observó una efectiva coherencia entre los IOS SCR/GYE-DAR y el índice de TSM Ship Track 1 en ambas fases de la OS, siendo al parecer mayor a aquella que se pudiera encontrar contra los IOS tradicionales.
8. La interpretación de la OS debe hacerse en base a un análisis conjunto de los IOS y de las anomalías de presión, sobre todo si se trabaja en tiempo real y se realizan proyecciones. El empleo de otras variables de apoyo (por ejemplo: TSM, NMM y Vientos) no debe ser descartado.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los directivos del INOCAR por su predisposición para la publicación de este trabajo, así como a la Subdirección de Aviación Civil por facilitar la información de presión en Guayaquil. De igual manera desean expresar su agradecimiento a los oceanógrafos Eduardo Zambrano y María del Pilar Cornejo, así como al ingeniero Jorge Espinoza, por la revisión del manuscrito y sus acertadas sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Alcocer, C. y Kelly, R., 1987.** Variabilidad Ambiental y su Incidencia en Aspectos Fisiológicos de Sardina (*Sardinops Sagax*). Stock Norte de Chile, Invest. Pesq. (Chile), 34, 57-63.
- Bayot, B., 1993.** Variabilidad de Baja Frecuencia de Parámetros Oceano-Atmosféricos en Salinas y Galápagos durante el Período 1985-1988, Tesis de Grado, ESPOL.
- Berlage, H. P., 1957.** Fluctuations of the General Atmospheric Circulation of More than One Year, their Nature and Prognostic, K. Ned. Meteorol. Inst. Meded. Verh., 69, 152.
- Bjerknes, J., 1969.** Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific, Montly Weather Review, 97 (3), 163-172.
- Chavarría, J., 1987.** Efecto de la Circulación Atmosférica del Pacífico Sur en la Descarga y Niveles de Marea de un Estuario Tropical, Memorias de la Conferencia Técnica de la OMM sobre Aspectos Operacionales de Energía-Meteorología, Quito.
- Climate Analysis Center, 1989.** Climate Diagnostics Bulletin, 89 (8), 90 (1-12).
- Enfield, D. B., 1981.** Annual and Nonseasonal Variability of Monthly Low-Level Wind Fields over the Southern Tropical Pacific, Monthly Weather Review, 109 (10), 2177-2190.
- Enfield, D. B., 1989.** El Niño, Past and Present, Reviews of Geophysics, 27 (1), 159-187.
- Gill, A. E., 1982.** Atmosphere-Ocean Dynamics, International Geophysics Series, Vol. 30, Academic Press Inc., New York, Cap. 1 y 13.
- Hadley, G., 1735.** (Original no consultado); citado en Gill, A. E., 1982. Concerning the Cause of the General Trade-Winds, Philos. Trans. R. Soc. London, 39, 58-62.
- Halley, E. 1686.** (Original no consultado); citado en Gill, A. E., 1982. An Historical Account of the Trade Winds, and Monsoons, observable in the Seas between and near the Tropicks, with an attempt to assign the Physical Cause of the Said Winds, Philops. Trans. R. Soc. London, 16, 153-168.
- Kraus, E. B., 1972.** Atmosphere-Ocean Interaction, Oxford University Press, Ely House, London W. I., 249-252.
- Lau, K.M. y P. H., Chan 1983.** Short- Term Climate Variability and Atmospheric Teleconnections from Satellite observed Outgoing Longwave Radiation, Journal of the Atmospheric Sciences, 40, 2735-2750.
- Miller, F. R. y R. M. Laurs, 1975.** The El Niño of 1972-73 in the Eastern Tropical Pacific Ocean, Int. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 16, 403-448.
- Molion, L. C. B. y J. C. de Moraes, 1986.** Oscilacao Sul e Descarga de Rios na America do sul Tropical. Trabajo presentado en las Conferencias Chapman «El Niño», Guayaquil-Ecuador.
- Moreano, H. R. 1983.** Interacción Oceano-Atmósfera sobre la Zona Costera del Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 2 (1), 1-5.
- Oldepesca/Sela (Bernal, P.), 1986.** Bases Biológicas y Marco Conceptual para el Manejo de los Recursos Pelágicos en el Pacífico Suroriental, Publicación sobre los Resultados del Proyecto Regional de Evaluación de los Recursos Sardina, Jurel y Caballa en el Pacífico Suroriental, ejecutado por Ecuador, Perú y Chile, con apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo BID. Edición coordinada por O. A Mathisen e I. Tsukayama. Oldepesca. Documento de Pesca 17-29.
- Philander, S. G., 1990.** El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation, International Geophysics Series, Vol. 46, Academic Press, Inc., San Diego, 12-33.
- Quinn, W. H., 1976.** Use of Southern Oscillation Indices to Asses the Physical Environment of Certain Tropical Pacific Fisheries, In Proceedings of the NMFS/EDS Workshop on

- Climate and Fisheries, Columbia, Abril 26-29, 50-70.
- Rasmusson, E. M. y T H. Carpenter, 1980.** SST Lag Relationships in the Eastern Pacific, Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, 4, 1 y 4.
- Rasmusson, E. M., 1986.** Aspectos Meteorológicos de El Niño/Oscilación del Hemisferio Sur de 1982-83, CPPS, Boletín ERFEN, 16, 3-48.
- Rivera T., 1987.** Nomenclatura de El Niño según el Número Índice de Cinco Estaciones Costeras, Boletín ERFEN, CPPS, 21, 17.
- Trenberth, K. E., 1983.** Signal Versus in the Southern Oscillation, Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, 20, 1-3.
- Troup, A. J., 1965.** The Southern Oscillation, Q. J. Roy. Met. Soc. 91, 490-506.
- Van Loon, H., 1984.** The Origin of a Warm Event in the Southern Oscillation, Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, 27, 1-2.
- Van Loon, H y J. Shea, 1987.** Tomado de textos del II Curso Latinoamericano sobre Variabilidad Climática y su Impacto Ambiental y III Curso Latinoamericano sobre Aspectos Meteorológicos y Oceanográficos del Fenómeno El Niño/Oscilación del Sur, Santiago de Chile, 1991.

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS MASAS DE AGUA COSTERAS ECUATORIANAS EN ESTACIONES FIJAS: PENINSULA DE SANTA ELENA Y PUERTO DE MANTA-ECUADOR. 1990-1995

Por: MANUEL VALENCIA⁽¹⁾
ANA R. DE MORÁN ⁽¹⁾

RESUMEN

Se presenta un estudio cualitativo de las diferentes masas de agua determinadas en las zonas mediante el análisis de las variables de estado, temperatura y salinidad, durante el lapso entre 1990 y 1995, sus características químicas y las variaciones que en las mismas se han suscitado durante la ocurrencia de "EL NIÑO" 1991-1992. Se establece que durante el año 1990, considerado como normal, no se detecta presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS), sino que se observó predominancia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Costeras Peruanas (ACP); en 1991, año Pre-Niño, se apreció cierta incidencia de ATS en la capa superficial durante los meses de invierno, hecho que se intensificó durante 1992, año EL NIÑO, persistiendo el suceso, en Manta, hasta 1993, considerado como Post El Niño.

En 1994, tal como sucedió en 1990, hubo predominio de AES y ACP durante todo el año, pudiendo considerarse por tanto como un año de características normales. En 1995 en el lapso de Enero a Octubre mes límite para el presente trabajo, en las dos zonas de estudio las masas de agua de mayor predominancia fueron las AES y ACP.

En el aspecto químico se observa que la concentración de oxígeno es mayor en las ATS que en las AES y ACP en ese orden, mientras que los micronutrientes inorgánicos aumentan en tal sentido.

ABSTRACT

A qualitative study of the different water masses determined on the research zones by using the analysis of the status variables, such as salinity and temperature during 1990-1993, as well as their chemical characteristics and their variations in relation with "EL NIÑO" phenomena, is presented.

It's established that on 1990, which is considered as a normal year, presence of Surface Tropical Waters (ATS), is not detected, but predominance of Surface Equatorial Waters (AES) and Peruvian Coastal Waters (ACP) is observed. In 1991, before "EL NIÑO" year, there was an incidence of ATS on surface layer during winter season which intensified during 1992 and continues until 1993. Similar conditions as in 1990, were observed in 1994. For this reason this year is considered as a normal year.

In 1995, from January to October, predominance of AES and ACP were also observed.

About chemical aspects, higher concentrations of dissolved oxygen on ATS than on AES and ACP is observed, while inorganic nutrients increase in that sense.

INTRODUCCION

Como parte del Estudio Integral del Evento "El NIÑO" en aguas costeras ecuatorianas, el Departamento de Ciencias del Mar del INOCAR instaló dos Estaciones Fijas de Investigación

Oceanográfica, localizadas, la primera, a 10 millas costa afuera de la Península de Santa Elena; y la segunda a 8 millas costa afuera del puerto de Manta, con el objeto de obtener información mensual de

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. P.O. Box 5940. Guayaquil-Ecuador

las características Físico-Químico-Biológicas de la columna de agua y establecer las condiciones oceanográficas de la zona durante los años en que no se presenta el evento y, en base de éstas, detectar los cambios o variaciones que se producen cuando aparece un proceso de esta naturaleza, a fin de, eventualmente, coadyuvar a la realización de predicciones, a corto o mediano plazo de la aparición de "EL NIÑO"

AREA DE ESTUDIO

Se encuentra ubicada en dos zonas diferenciadas, una de ellas localizada a diez millas náuticas costa afuera de la Península de Santa Elena, donde la profundidad rebasa los 100 metros, a los $02^{\circ}06'00''$ de latitud Sur y $81^{\circ}03'43''$ de longitud Oeste y; otra, a 8 millas del Puerto de Manta, con similares profundidades, a los $02^{\circ}11'45''$ Sur y $81^{\circ}12'52''$ Oeste Fig. 1.

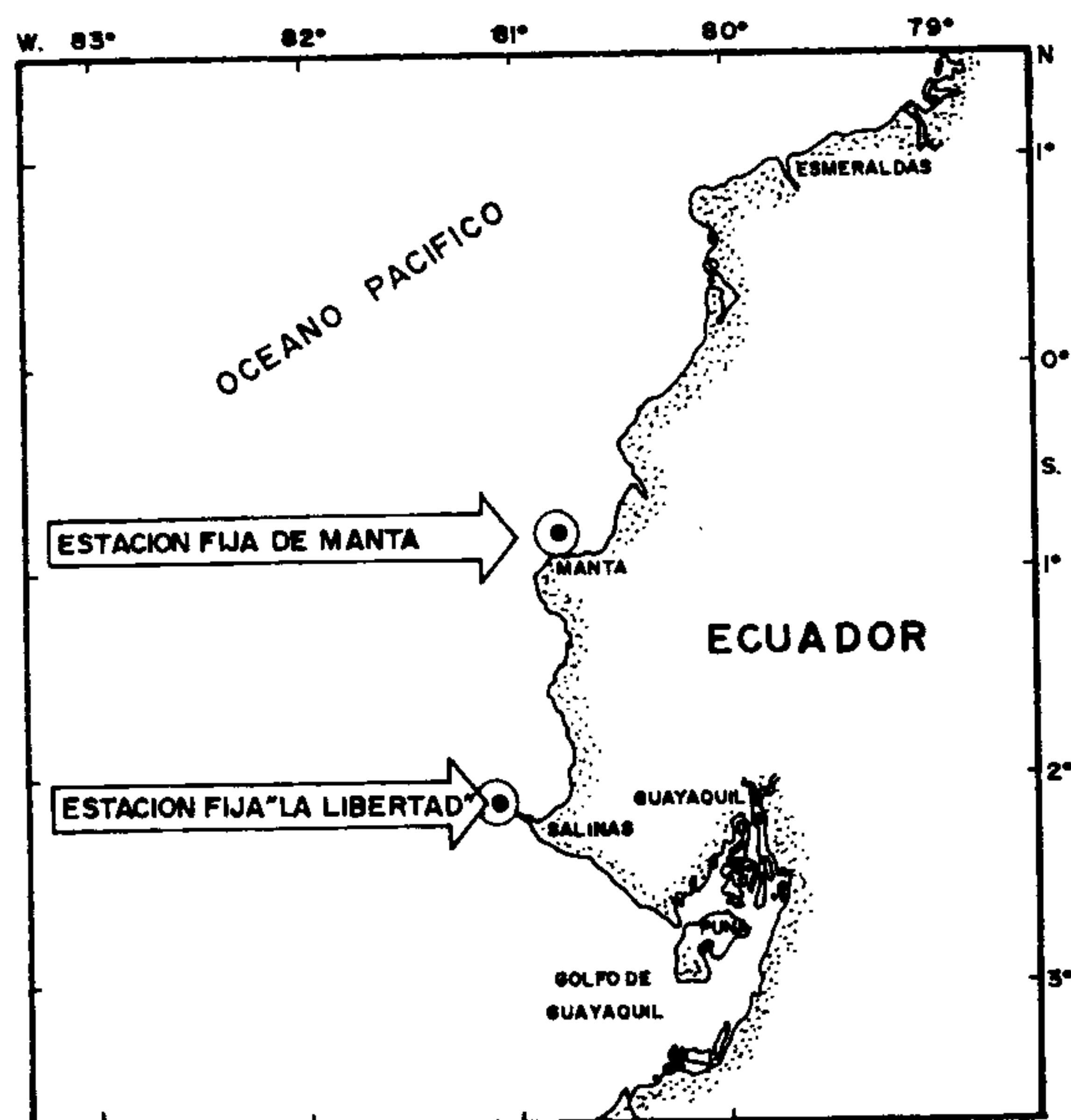


Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio

FUENTE DE DATOS Y METODOS APLICADOS

Las muestras para análisis se obtuvieron en forma quincenal en la estación de la Península de Santa Elena y mensualmente en la del Puerto de Manta, utilizando para ello embarcaciones apropiadas, dotadas generalmente de ecosondas para determinar la profundidad, la misma que tuvo un

máximo de 100 metros, habiéndose obtenido muestras a niveles escalonados de 10 metros durante los 50 primeros y de 25 metros hasta llegar a los 100. Se utilizó botellas VAN-DORN para la obtención de agua de mar, mientras que los datos físicos se obtuvieron mediante la utilización de un CTD autocontenido SEA BIRD.

Se analizó parámetros tales como: Temperatura, salinidad, Oxígeno disuelto, micronutrientes inorgánicos (Nitrito, nitrato, fosfato y silicato), aplicándose diferentes métodos: Winkler para oxígeno disuelto, así como la información proporcionada por un oxigenómetro adosado al CTD; Salinidad y temperatura mediante el CTD, mientras que para los micronutrientes se aplicó la metodología espectrofotométrica enunciada por Strickland y Parsons.

DISCUSION DE RESULTADOS

Mediante el análisis de las variables de estado, temperatura y salinidad, tomando en consideración la descripción de las masas de agua en el Pacífico Oriental por Wyrski (1967, Zuta y Guillén (1970) y Enfield (1976) se ha determinado cualitativamente las masas de agua presentes en la zona de estudio, durante el lapso enunciado, basándose en las siguientes características de ellas: (Okuda et-al, 1983).

1. Aguas Tropicales Superficiales (ATS): Temperaturas superiores a 25°C y salinidades inferiores a 33.8 o/oo.
2. Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES): Temperaturas de 21 a 19°C y salinidades de 33.8 a 35.1 o/oo.
3. Aguas Costeras Peruanas (ACP): Temperaturas de 19 a 15°C y salinidades de 35.1 a 34.8 o/oo.
4. Aguas Ecuatoriales subsuperficiales (AESS): Temperaturas de 15 a 13°C y salinidades de 35.1 a 34.9 o/oo.

AREA: ESTACION FIJA A 10 MILLAS DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA:

(Tomado en consideración máximos y mínimos de promedios mensuales)

AÑO 1990

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGOS: Temperatura: 20.78 -24.24° C
Salinidad: 33.75 -35.00 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	3.56 - 5.46	ml/l
Nitrito:	0.06 - 0.81	ug-at/l
Nitrato:	1.40-13.79	ug-at/l
Fosfato:	0.24- 1.68	ug-at/l
Silicato:	2.88-32.84	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas

RANGOS: Temperatura: 15.95-18.06 °C
Salinidad: 34.66-35.11 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	1.98 - 3.09	ml/l
Nitrito:	0.06 - 0.77	ug-at/l
Nitrato:	13.36-16.92	ug-at/l
Fosfato:	0.71 - 2.05	ug-at/l
Silicato:	5.14-24.34	ug-at/l

AÑO 1991

MASA DE AGUA: Aguas Tropicales Superficiales

RANGOS: Temperatura: 25.80-26.70° C
Salinidad: 32.60-33.50 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	4.74-5.33	ml/l
Nitrito:	0.02-0.37	ug-at/l
Nitrato:	0.00-0.38	ug-at/l
Fosfato:	0.32-0.84	ug-at/l
Silicato:	0.28-2.71	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGOS: Temperatura: 21.43-23.28 °C
Salinidad: 33.8 -34.94 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	3.47- 4.69	ml/l
Nitrito:	0.00- 0.82	ug-at/l
Nitrato:	0.09- 8.50	ug-at/l
Fosfato:	0.45- 1.19	ug-at/l
Silicato:	0.61-14.28	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas

RANGOS: Temperatura: 15.78-18.68 °C
Salinidad: 34.85-35.35 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	1.66-3.02	ml/l
Nitrito:	0.03-0.62	ug-at/l

Nitrato:	3.19-36.11	ug-at/l
Fosfato:	0.99- 2.16	ug-at/l
Silicato:	1.31-26.66	ug-at/l

AÑO 1992

MASA DE AGUA: Aguas Tropicales Superficiales

RANGOS: Temperatura: 25.78-28.12° C
Salinidad: 33.93-34.70 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	4.31 - 5.68	ml/l
Nitrito:	0.00 - 0.22	ug-at/l
Nitrato:	0.015-3.38	ug-at/l
Fosfato:	0.00 - 0.97	ug-at/l
Silicato:	0.49 - 9.20	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGOS: Temperatura: 120.96-24.51 °C
Salinidad: 33.84-34.98 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	2.95 - 5.27	ml/l
Nitrito:	0.00 - 0.83	ug-at/l
Nitrato:	0.20-12.34	ug-at/l
Fosfato:	0.00 - 1.62	ug-at/l
Silicato:	1.74- 25.40	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas

RANGOS: Temperatura: 15.00-18.24 °C
Salinidad: 34.86-35.12 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	1.53 - 2.77	ml/l
Nitrito:	0.04 - 0.70	ug-at/l
Nitrato:	1.44-29.77	ug-at/l
Fosfato:	0.56 - 2.06	ug-at/l
Silicato:	2.40-32.29	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales

RANGOS: Temperatura: 14.16-14.25 °C
Salinidad: 34.04-35.12 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	1.40 - 1.54	ml/l
Nitrito:	0.27 - 0.36	ug-at/l
Nitrato:	1.54 - 4.67	ug-at/l
Fosfato:	0.91 - 1.14	ug-at/l
Silicato:	9.80-29.25	ug-at/l

AÑO 1993

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGOS: Temperatura: 20.49-24.87° C
Salinidad: 33.92-35.09 ‰

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	3.31 - 5.42	ml/l
Nitrito:	0.00 - 0.84	ug-at/l
Nitrato:	0.66-13.89	ug-at/l
Fosfato:	0.00 - 0.48	ug-at/l
Silicato:	0.02-38.02	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas
RANGOS: Temperatura: 15.50-18.70°C
Salinidad: 34.43-35.13 o/oo

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	1.02 - 3.31	ml/l
Nitrito:	0.07 - 1.20	ug-at/l
Nitrato:	5.43-24.28	ug-at/l
Fosfato:	0.19 - 1.25	ug-at/l
Silicato:	1.94-66.43	ug-at/l

AÑO 1994
MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales
RANGOS: Temperatura: 20.72-24.37° C
Salinidad: 33.86-34.53 o/oo

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	3.54-4.79	ml/l
Nitrito:	0.24-0.82	ug-at/l
Nitrato:	0.67-7.11	ug-at/l
Fosfato:	0.24-0.82	ug-at/l
Silicato:	3.46-7.17	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas
RANGOS: Temperatura: 15.79-18.43 °C
Salinidad: 34.81-35.04 o/oo

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	2.28 - 3.82	ml/l
Nitrito:	0.34 - 0.76	ug-at/l
Nitrato:	10.23-17.45	ug-at/l
Fosfato:	0.96 - 1.73	ug-at/l
Silicato:	9.63-17.70	ug-at/l

AÑO 1995
MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales
RANGOS: Temperatura: 20.38 -24.53° C
Salinidad: o/oo

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	3.04-4.38	ml/l
Nitrito:	0.16-0.35	ug-at/l
Nitrato:	0.71-4.52	ug-at/l
Fosfato:	0.21-0.81	ug-at/l
Silicato:	3.09-9.52	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas
RANGOS: Temperatura: 15.53-17.80 °C
Salinidad: o/oo

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	1.89 - 2.45	ml/l
Nitrito:	0.19 - 0.53	ug-at/l
Nitrato:	11.99-19.68	ug-at/l
Fosfato:	1.10 - 1.82	ug-at/l
Silicato:	12.87-18.70	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales
RANGOS: Temperatura: 14.21-14.92 °C
Salinidad: o/oo

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto:	1.11 - 1.30	ml/l
Nitrito:	0.05 - 0.20	ug-at/l
Nitrato:	22.80-25.44	ug-at/l
Fosfato:	1.57 - 1.75	ug-at/l
Silicato:	17.72-21.83	ug-at/l

Durante los años de estudio, en la zona de la Península de Santa Elena se detectó las siguientes masas de agua:

AÑO 1990: Aguas Ecuatoriales Superficiales-Aguas Costeras Peruanas

AÑO 1991: Aguas Tropicales Superficiales-Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1992: Aguas Tropicales Superficiales-Aguas Ecuatoriales Superficiales-Aguas Costeras Peruanas y Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales.

AÑO 1993: Aguas Ecuatoriales Superficiales-Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1994: Aguas Ecuatoriales Superficiales-Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1995: Aguas Ecuatoriales Superficiales-Aguas Costeras Peruanas-Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales.

En lo que se refiere a la distribución estacional de tales masas de agua en la misma zona, puede observarse que:

En 1990, las Aguas Ecuatoriales Superficiales dominan la capa superficial durante todo el año, pero denotando predominancia durante la época lluviosa, mientras que las Aguas Costeras Peruanas presentan tendencia a aflorar durante los meses de estío; lo que concuerda con la aseveración de que en tal año no hubo la ocurrencia de un EL NIÑO.

En 1991, año considerado como Pre-Niño, durante los meses de febrero a mayo, en la capa superficial, puede observarse la presencia de aguas con características de ATS, con la presencia de AES y ACP guardando un esquema similar al año anterior.

En 1992, año de ocurrencia del Evento, se observa mayor grado de incidencia de las ATS, notándose su presencia desde febrero a mayo, asimismo las AES se profundizan en la Estación lluviosa, aflorando un tanto durante el resto del año, ocurriendo fenómeno similar con las ACP.

En 1993, Año post “EL NIÑO”, se presenta aguas con características de ATS durante los meses invernales notándose un repunte de las ACP en esos meses, para luego perder predominancia, ganando intensidad las AES.

En 1994, las AES aparecen durante todos los meses del año, en forma bastante superficial de enero a junio para luego profundizarse a partir de septiembre, mientras que las ACP, desde inicios del año presentan cierta tendencia a aflorar, condición que se agudiza en agosto, para luego, paulatinamente ubicarse a mayor profundidad.

En 1995, pudo observarse la presencia muy superficial de ATS durante los tres primeros meses del año. A partir de abril y hasta octubre, se superficializan las AES; por debajo de éstas y con tendencia a aflorar en los meses de febrero y abril, se presentan las ACP, las cuales se profundizan durante el resto del período de estudio; pudiendo además apreciarse cualitativamente la presencia de AESS, a partir de los 50 metros de profundidad en el mes de octubre, siendo este último mes la fecha límite del presente estudio. Fig. 2.

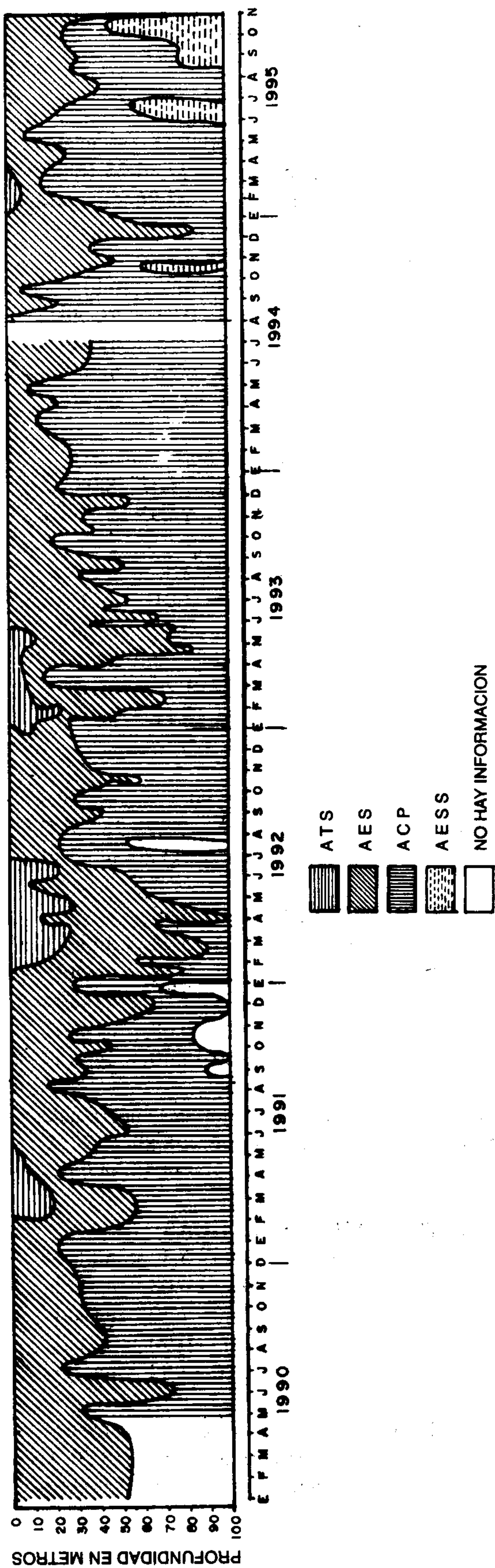


Figura 2. Distribución de las diferentes masas de agua, 10 millas Península de Santa Elena

**AREA: ESTACION FIJA A 8 MILLAS DEL
PUERTO DE MANTA**

AÑO 1991 (Julio)

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGO: Temperatura: 22.86-25.16° C
Salinidad: 33.96-34.14 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	2.48 - 4.96	ml/l
Nitrito:	0.14 - 0.71	ug-at/l
Nitrato:	1.07-11.55	ug-at/l
Fosfato:	0.15 - 0.56	ug-at/l
Silicato:	0.68-20.30	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas

RANGO: Temperatura: 21.38-18.08 °C
Salinidad: 34.93-35.11 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	1.65 - 3.01	ml/l
Nitrito:	0.16 - 0.51	ug-at/l
Nitrato:	3.50-32.06	ug-at/l
Fosfato:	0.5 - 1.29	ug-at/l
Silicato:	1.74-29.17	ug-at/l

AÑO 1992

MASA DE AGUA: Aguas Tropicales Superficiales

RANGO: Temperatura: 25.23-28.18° C
Salinidad: 33.80-34.30 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	4.24 - 5.24	ml/l
Nitrito:	0.00 - 0.38	ug-at/l
Nitrato:	0.02 - 5.80	ug-at/l
Fosfato:	0.00 - 0.68	ug-at/l
Silicato:	0.60-13.40	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGO: Temperatura: 28.89-24.70° C
Salinidad: 34.38-34.95 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	3.05 - 5.3	ml/l
Nitrito:	0.02 - 0.08	ug-at/l
Nitrato:	0.40 - 7.50	ug-at/l
Fosfato:	0.00 - 0.90	ug-at/l
Silicato:	1.20-12.80	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas

RANGO: Temperatura: 15.23-18.20 °C
Salinidad: 34.95-35.09 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	1.50 - 2.80	ml/l
Nitrito:	0.10 - 1.91	ug-at/l
Nitrato:	2.30-18.30	ug-at/l
Fosfato:	0.17 - 1.50	ug-at/l
Silicato:	1.20-31.09	ug-at/l

AÑO 1993

MASA DE AGUA: Aguas Tropicales Superficiales

RANGO: Temperatura: 25.80-27.70 °C
Salinidad: 32.60-33.80 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	3.50-5.40	ml/l
Nitrito:	0.00-0.10	ug-at/l
Nitrato:	0.00-3.90	ug-at/l
Fosfato:	0.00-0.40	ug-at/l
Silicato:	0.30-7.07	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales

RANGO: Temperatura: 20.06-24.80°C
Salinidad: 33.83-34.95 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	2.90 - 5.02	ml/l
Nitrito:	0.00 - 0.40	ug-at/l
Nitrato:	0.00 - 7.70	ug-at/l
Fosfato:	0.20 - 0.90	ug-at/l
Silicato:	0.50-14.15	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas

RANGO: Temperatura: 15.75-18.04 °C
Salinidad: 34.89-35.06 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	2.10 - 3.70	ml/l
Nitrito:	0.10 - 0.86	ug-at/l
Nitrato:	7.30-22.69	ug-at/l
Fosfato:	0.10 - 1.20	ug-at/l
Silicato:	7.10-27.40	ug-at/l

AÑO 1994

MASA DE AGUA: Aguas Tropicales Superficiales

RANGO: Temperatura: 21.25-26.69 °C
Salinidad: 32.84-33.46 ‰**CARACTERISTICAS QUIMICAS:**

Oxígeno disuelto:	2.70 - 4.81	ml/l
Nitrito:	0.02 - 0.10	ug-at/l
Nitrato:	0.06 - 3.07	ug-at/l
Fosfato:	0.27 - 0.75	ug-at/l
Silicato:	2.88-17.10	ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales
RANGO: Temperatura: 20.59-25.54 °C
 Salinidad: 34.06-34.44 ‰

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto: 3.63 - 5.00 ml/l
 Nitrito: 0.05 - 0.19 ug-at/l
 Nitrato: 1.11 - 8.88 ug-at/l
 Fosfato: 0.29 - 1.07 ug-at/l
 Silicato: 4.12-10.42 ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas
RANGO: Temperatura: 15.59-17.19 °C
 Salinidad: 34.92-35.05 ‰

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto: 2.08 - 3.00 ml/l
 Nitrito: 0.28 - 0.69 ug-at/l
 Nitrato: 14.01-20.48 ug-at/l
 Fosfato: 1.38 - 1.76 ug-at/l
 Silicato: 21.55-29.04 ug-at/l

AÑO 1995

MASA DE AGUA: Aguas Tropicales Superficiales
RANGO: Temperatura: 26.00-26.37 °C
 Salinidad: 33.89-33.99 ‰

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto: 4.80-4.89 ml/l
 Nitrito: 0.09-0.13 ug-at/l
 Nitrato: 0.04-0.59 ug-at/l
 Fosfato: 0.03-0.16 ug-at/l
 Silicato: 1.97-2.99 ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Ecuatoriales Superficiales
RANGO: Temperatura: 21.69-23.66 °C
 Salinidad: 34.57-34.78 ‰

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto: 3.36-3.98 ml/l
 Nitrito: 0.14-0.41 ug-at/l
 Nitrato: 1.76-5.44 ug-at/l
 Fosfato: 0.37-0.68 ug-at/l
 Silicato: 3.60-7.70 ug-at/l

MASA DE AGUA: Aguas Costeras Peruanas
RANGO: Temperatura: 15.32-16.79 °C
 Salinidad: 34.87-35.14 ‰

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Oxígeno disuelto: 1.83 - 2.46 ml/l
 Nitrito: 0.26 - 0.51 ug-at/l
 Nitrato: 9.48-21.06 ug-at/l

Fosfato: 1.13 - 1.85 ug-at/l
 Silicato: 12.69-20.58 ug-at/l

En el área de Manta fueron detectadas las siguientes masas de agua:

AÑO 1991: (A partir de Julio, fecha de inicio de la investigación de esta zona): Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1992: Aguas Tropicales Superficiales, Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1993: Aguas Tropicales Superficiales, Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1994: Aguas Tropicales Superficiales, Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Costeras Peruanas.

AÑO 1995: Aguas Tropicales Superficiales, Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Costeras Peruanas.

La distribución estacional en Manta de las diversas masas de agua, en 1991, indica que, en forma similar a la zona de Santa Elena, las AES se presentan en la capa superficial y las ACP en la capa más profunda, pero, a finales de año, reemplazando las AES, en la capa superficial se evidencia la presencia de ATS, como preámbulo a la aparición de "EL NIÑO" 1992.

En la época lluviosa de 1992 se presentaron condiciones representativas de "EL NIÑO" con la presencia de ATS en la capa superficial predominando ésta hasta el mes de septiembre, manifestándose cierta tendencia de afloramiento de las ACP a fines de tal periodo, y manteniéndose las AES subsuperficialmente de enero a agosto del año en cuestión.

La influencia del evento se deja sentir aún en 1993 ya que la presencia superficial de ATS se prolonga con mayor o menor intensidad hasta julio de este año, luego de lo cual aflora las AES, manteniéndose subsuperficialmente las ACP.

En 1994, año que consideramos como normal, se observa presencia de ATS durante los meses de

enero y febrero de la época lluviosa, para luego dominar la presencia de AES, en la capa superficial durante el resto del año, ubicándose las ACP por debajo de las anteriores.

En 1995, en esta zona, se encontró similar comportamiento de las aguas con respecto a las de la Península de Santa Elena, apreciándose durante todos los meses, en la capa superficial, AES, a partir de las cuales se ubican las ACP, con tendencia similar de afloramiento durante los meses de febrero y marzo. (Fig. 3).

El ión Nitrato presenta similar comportamiento, con valores de 1.88 en las ATS, 10.03 en las AES y 24.04 en las ACP.

Tal aseveración se mantiene con lo que acontece con el ión Fosfato, el cual en las ATS presenta concentraciones de 0.91; con 1.10 en las AES y aumentando de 1.88 en las ACP.

El Silicato también aumenta gradualmente, con 5.96 en las ATS, a 21.21 en las AES y 31.04 en las ACP. (Fig. 4).

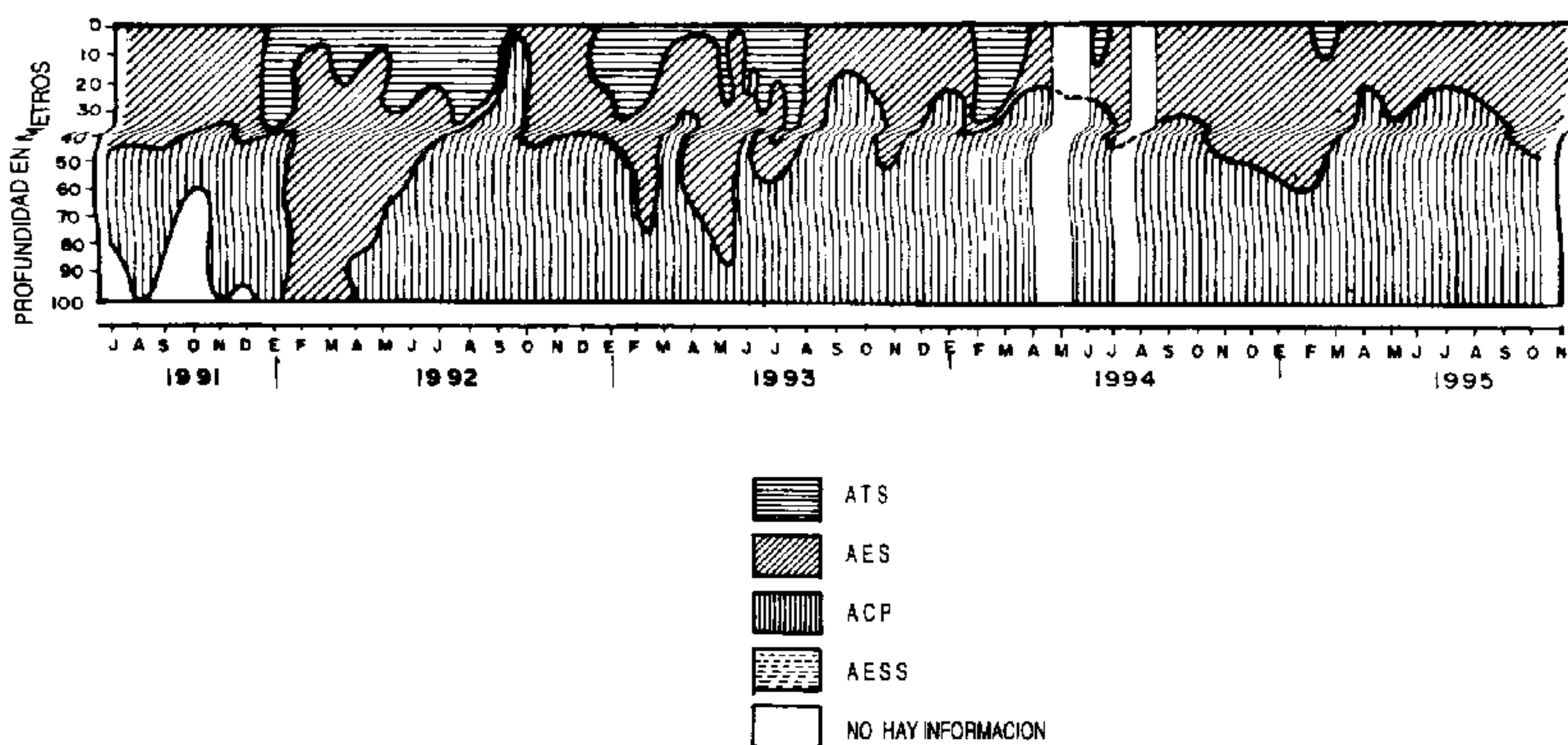


Figura 3. Distribución de las diferentes masas de agua, 8 millas del Puerto de Manta

En lo que se refiere a las características químicas de las diferentes masas de agua detectadas en las áreas de estudio y durante el lapso del mismo, estas se presentan muy bien diferenciadas, de acuerdo a su localización estratigráfica en la columna de agua; así vemos que, la mayor concentración promedial de oxígeno disuelto se observa en las ATS, disminuyendo paulatinamente en las AES y ACP.

En lo concerniente a los micronutrientes inorgánicos también se observa una caracterización bien definida en las diferentes masas de agua; así, analizando la concentración promedial de máximos vemos que, lógicamente, inversamente a oxígeno disuelto, estos parámetros aumentan conforme se trata de masas de agua de mayor profundidad; así, el ión nitrato en las ATS se presentan con valores promediales máximos de 0.29 $\mu\text{g-at/l}$; siendo estos valores de 0.75 en las AES y 0.77 en las ACP, lo que corrobora lo indicado anteriormente.

Las características químicas de las diferentes masas de agua en la Estación Fija de Manta presentan similar comportamiento a las de la Estación Fija de Santa Elena. Analizando la concentración de máximos promediales se observa que, inversamente al comportamiento de oxígeno disuelto, el ión nitrato se incrementa, gradualmente, de 0.18 en las ATS, a 0.36 en las AES y con los mayores valores 0.90 en las ACP.

El nitrato en las ATS presenta valores inferiores a 3.0, 8.22 en las AES y 22.92 en las ACP.

En cuanto al ión fosfato, las ATS presentan concentraciones de 0.50, 0.76 en las AES y 1.52 en las ACP.

El silicato presenta concentraciones de 10.14 en las ATS, 13.08 en las AES y 27.46 en las ACP. (Fig. 5)

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS MASAS DE AGUA
EN LA ESTACION FIJA 10 MILLAS DE LA P. DE STA. ELENA

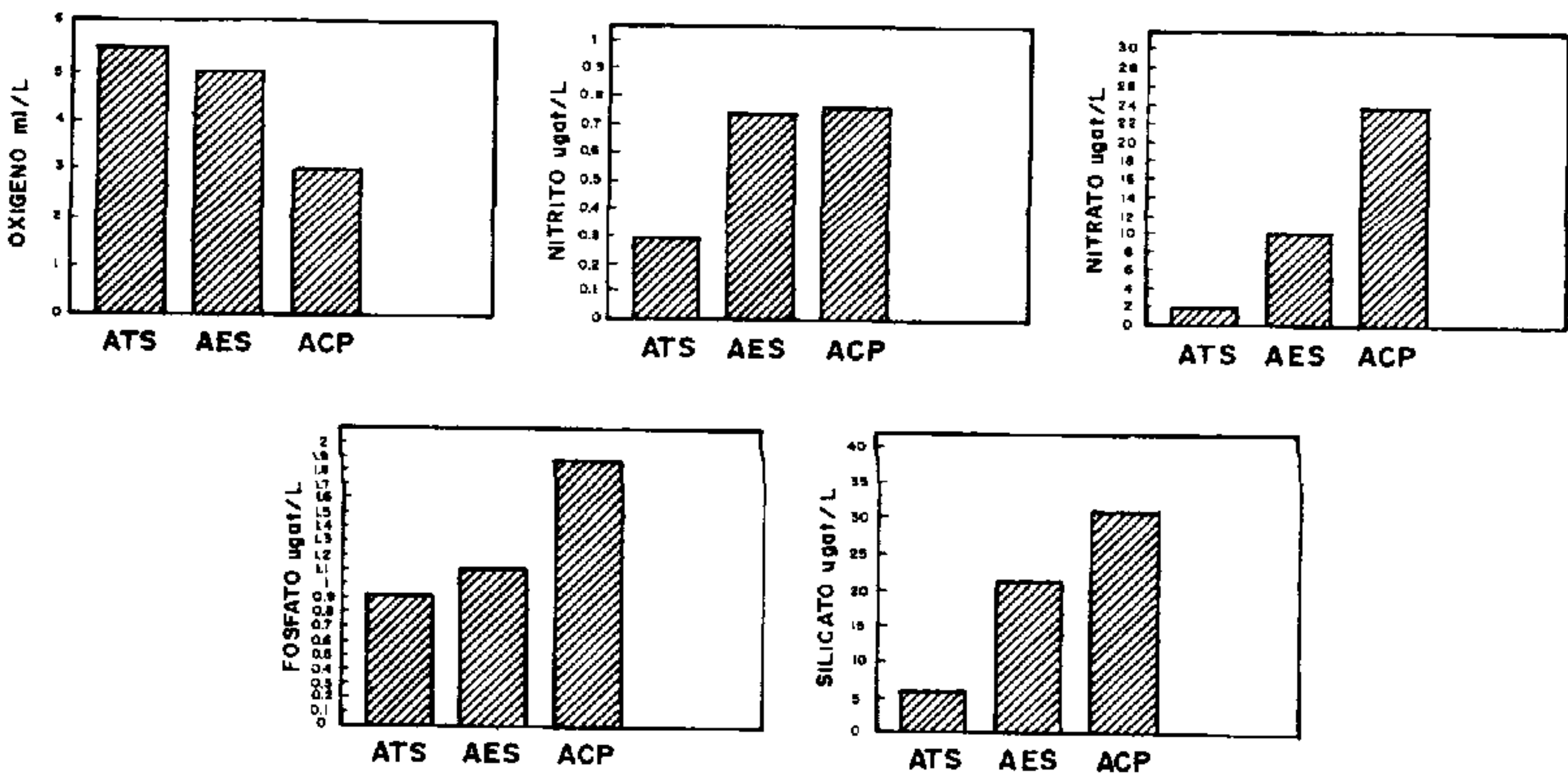


Figura 4. Promedio de máximos mensuales 1990-1995

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS MASAS DE AGUA
EN LA ESTACION FIJA 8 MILLAS DEL PUERTO DE MANTA

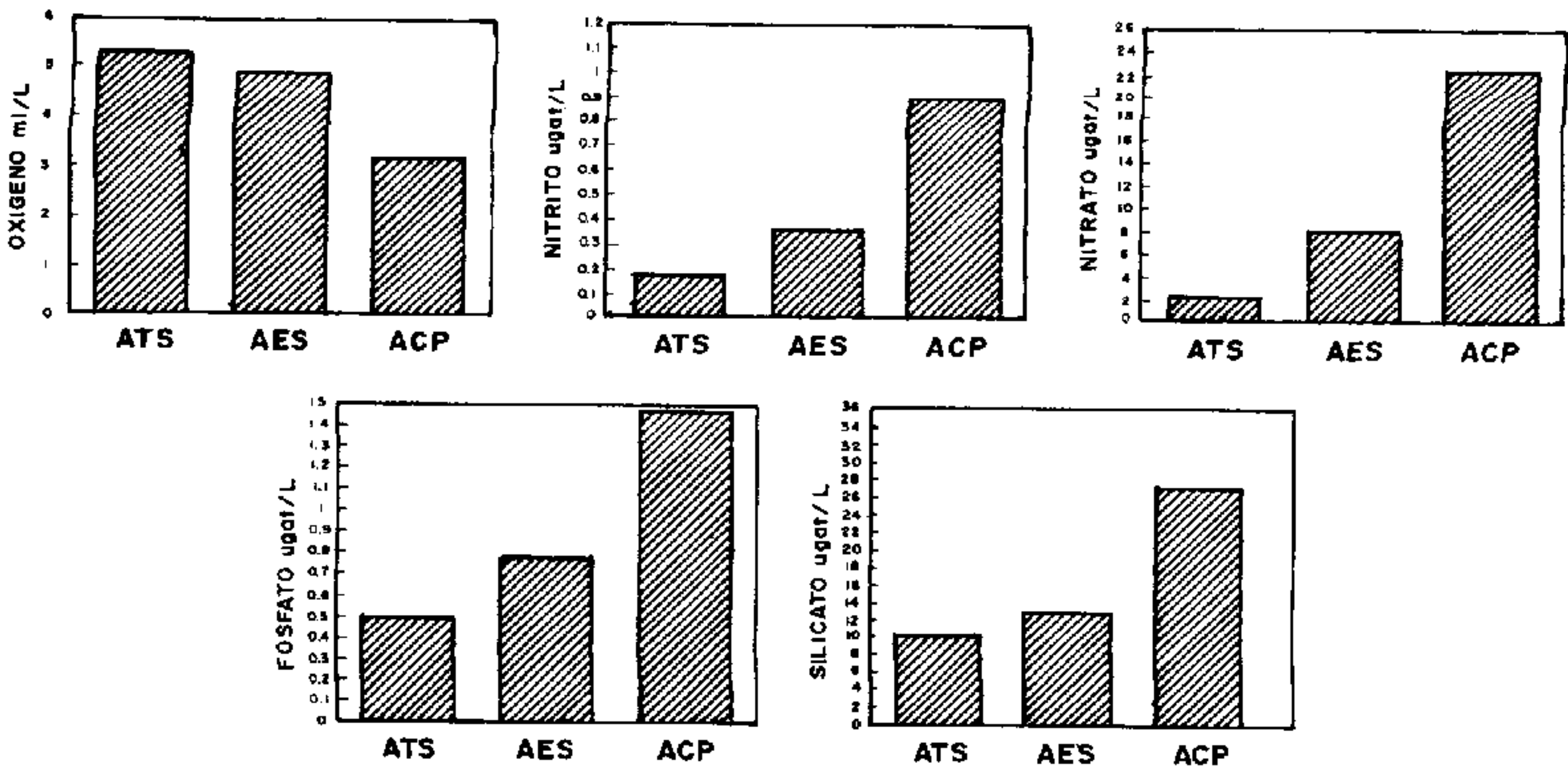


Figura 5. Promedio de máximos mensuales 1991-1995

CONCLUSIONES

En forma general se puede apreciar que durante los años de estudio las masas de agua de mayor predominancia en las dos estaciones fueron las AES seguidas de las ACP, excepto en el año 1992, *año EL NIÑO cuando aparecieron las ATS persistiendo las mismas hasta Julio de 1993 en el Puerto de Manta.*

En 1990 considerado como año normal no aparecieron las ATS en la Península de Santa Elena sin embargo, en 1991 año Pre Niño en el mismo lugar se presentaron en la época lluviosa. En 1992 año El Niño, tanto en la Península de Santa Elena como en el Puerto de Manta, se observó su mayor incidencia en la época lluviosa, persistiendo su presencia hasta septiembre en este último lugar, manteniendo su intensidad en 1993 año Post Niño y apareciendo solamente en la estación de Manta en los dos

primeros meses del año en 1994. En 1995 en la Península de Santa Elena se aprecian en una forma muy superficial en los tres primeros meses del año.

De acuerdo a la ubicación estratigráfica, el espesor de cada masa de agua varía de acuerdo a su *naturaleza, a la estación del año y a la presencia o no del Evento El Niño.*

En cuanto a la concentración de micronutrientes inorgánicos en las masas de agua, en las Estaciones de la Península de Santa Elena y el Puerto de Manta, las ATS presentan las más bajas concentraciones de (Fosfato, nitrito y silicato) y casi agotamiento del ión nitrato, mientras que el oxígeno presenta el fenómeno inverso. En las AES se incrementa levemente el contenido de micronutrientes y decrece el contenido de oxígeno, presentando las ACP elevado contenido de micronutrientes y baja concentración de oxígeno.

BIBLIOGRAFIA

Enfield, 1976. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador, en Okuda, 1983. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 2, No. 1, p: 31-51.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fisheries Res. Board Can., p: 49-80.

Wyrli, 1967. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador, en Okuda, 1983. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol.2, No. 1, p: 31-51.

Zuta, S. y O. Guillén. 1970. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador, en Okuda, 1983. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 2, No. 1, p: 31-51.

DISTRIBUCION DE LA DENSIDAD FITOPLANCTONICA EN UNA ESTACION FIJA COSTERA, LA LIBERTAD (ECUADOR), DURANTE 1989-1993

Por: GLADYS TORRES CH.⁽¹⁾

RESUMEN

La presente información se enmarca dentro del Proyecto regional "El Niño" (ERFEN), sobre la densidad poblacional y distribución espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica (Diatomeas y Dinoflagelados) expresada en recuentos celulares (cel/l.), en una estación fija La Libertad (10 millas costa afuera) localizada entre 2°S y 81°01'43 W del Pacífico ecuatoriano, durante los años 1989, 1990, 1991, 1992 y 1993, en una columna vertical hasta los 75 metros de profundidad. En este período de estudio se evidenció un evento anómalo de "El Niño".

En el ciclo anual (1989-1990-1992-1993) se presentaron dos máximos de recuentos celulares, uno de corta duración (noviembre-diciembre-enero) y otro máximo más abundante y prolongado (abril-mayo-junio-julio-agosto) para verano. Para el año 1991, se presentó un evento "El Niño" con un solo máximo para abril 1991. La composición del fitoplancton en su mayor parte fue dominante por las diatomeas durante este estudio, con los géneros: *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Hemiaulax* y *Chaetoceros*. Los dinoflagelados no fueron dominantes en muestras de agua, pero si eran muy abundantes en muestras de red 50 micras, datos que no son incluidos en este trabajo; en 1991 y 1993 fueron frecuentes con el género *Oxytoxum* sp.

ABSTRACT

The present paper is related to "El Niño" Regional Study (ERFEN), about Diatoms and Dinoflagellates density and distribution estimated in cellular counts (cel/l.), in La Libertad (2°S and 81°01'43W milles offshore), during 1989, 1990, 1991, 1992 and 1993, along a water column from the surface to 75 m. depth. During this time "El Niño" 1991-1992 was present.

In the annual cycle 1989, 1990, 1992 and 1993 two maxime of celular count were present: one short one (november-december-january) and an other long one (april-may-jun-july-agoust) during summer time. The Diatoms were more abundant in the phytoplankton. The genera more dominant were Nitzschia, Rhizosolenia, Leptocylindrus, Hemialux and Chaetoceros. Dinoflagellates were not dominant in the water sample.

INTRODUCCION

Las regiones ecuatoriales, especialmente el Pacífico ecuatorial han recibido considerable atención, principalmente como un resultado de una gran variación frente a un evento como "El Niño". Avaria y Muñoz (1982, 1985, 1987), Guillén (1986), Guillén et.al. (1989), Jiménez (1984), Pesantes (1984), han documentado la reducción de la profundidad de la productividad y de los niveles de fitoplancton asociadas con aguas de El Niño para Chile, Perú y Ecuador respectivamente.

En diciembre de 1988 se iniciaron con el Programa ERFEN-ECUADOR una serie de investigaciones planctónicas en la estación fija La Libertad situada a 10 millas costa afuera, con el

objeto de conocer su composición y biomasa en relación a condiciones oceanográficas consideradas normales y anormales como resultados de "El Niño" que pudieran presentarse.

Wyrski (1967) describe la circulación de masas de agua para Ecuador. Moreano (1983), detalla la situación interacción Océano-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Zambrano (in press), detalla con detenimiento los procesos físicos de "El Niño" en todo el mar ecuatoriano. Zambrano y Bayot (in press), describen la estructura térmica y el nivel medio del mar. Las características químicas de masas de agua para La Libertad son dadas en Valencia y Rodríguez (in press). Los tres últimos autores detallan los procesos físicos y químicos durante la misma época de éste trabajo.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. P. O. Box 5940. Guayaquil-Ecuador

El área de estudio está directamente relacionada con importantes aspectos hidrográficos como el Frente Ecuatorial (1°N - 3°S), que indica el encuentro de aguas frías ricas en nutrientes y mayor densidad planctónica provenientes del Perú, con las aguas cálidas del norte poco nutritivas y menor densidad planctónica (Hobson et. al, 1973). En condiciones normales el Frente Ecuatorial presenta una marcada variación estacional, desplazándose hacia el norte en época seca (mayo-noviembre) y hacia el sur en época lluviosa (diciembre-abril).

Cuando se presenta el evento El Niño, el Frente Ecuatorial se desplaza hacia el sur frente al Perú (Wooster 1969; Bjerknes 1961; Thomas, 1977; Jiménez, 1976; Jiménez y Pesantes 1978; Enfield 1974). Estos estudios son complicados por la presencia de divergencias y convergencias cerca del Ecuador (Bogorov, 1967). Además, los procesos de mezclas son rápidos, la línea costera y la topografía introducen muchas irregularidades en los movimientos de agua, y esto permite cambios rápidos en las poblaciones planctónicas y una considerable heterogeneidad local (Margalef, 1978), estando de acuerdo con la irregularidad encontrada en las poblaciones fitoplanctónicas en La Libertad (Fig. 3)

diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y cocolitofóridos, en diferentes épocas desde 1972 hasta 1983.

En la actualidad, el presente trabajo pretende dar a conocer los resultados de la distribución estacional cuantitativa del fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados), y su relación con masas de agua, dadas por temperatura y salinidad, desde 1989 hasta 1993 en una estación fija costera La Libertad, período en el cual se presentó un evento "El Niño" 1991-1992.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras fueron colectadas a 10 millas de la costa de La Libertad (Salinas), localizada a $02^{\circ}06'00$ latitud sur y $81^{\circ}03'43$ de longitud oeste (Fig. 1), situada al norte del Golfo de Guayaquil, con una profundidad aproximada de 100 metros. Al inicio del Proyecto ERFEN, se realizaron muestreos mensuales desde 1989-1990, y desde Mayo 1991 se obtuvieron muestreros quincenales hasta 1993, solo en abril y mayo de 1993 se desarrollaron semanalmente.

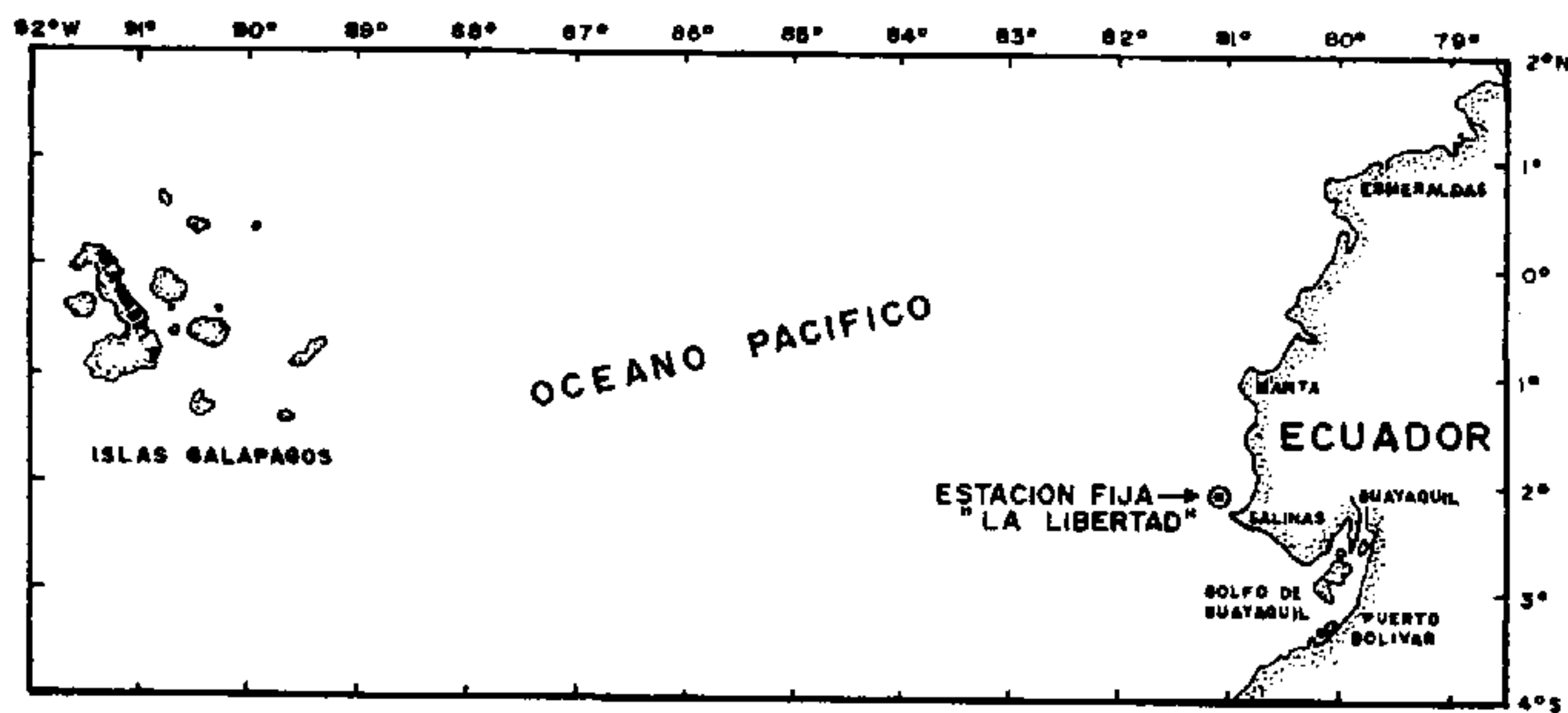


Figura 1. Ubicación del área de estudio "La Libertad"

Jiménez (1975-1976), Jiménez y Pesantes (1978), Jiménez y Bonilla (1980) contribuyen con análisis de producción de fitoplancton para toda la zona eufótica de las aguas costeras del Ecuador.

En relación a la sistemática del fitoplancton las principales contribuciones para áreas costeras, especialmente para el Golfo de Guayaquil son los trabajos de Jiménez (1975, 1983) y Pesantes (1983), quienes iniciaron un inventario de las especies del fitoplancton marino tropical para los grupos de

Se tomaron muestras de agua con botella Van Dorn (de 5 litros de capacidad) colectadas aproximadamente entre las 11:00 y 14:00. Submuestras de 200 cc. de 7 niveles de profundidad fueron fijadas (solución yodo en yoduro potásico) según el método de Uthermohl, para el análisis se utilizó un microscopio invertido ZEISS, con cubetas de 25cc., para sedimentación de las muestras durante un tiempo no menor a 24 horas. El recuento se efectuó recorriendo 1cm^2 de la superficie de la cámara basal con 40x de aumento, posteriormente se hicieron los cálculos para obtener resultados en células/litro.

El fitoplancton de La Libertad, se identificó a nivel de género, siempre que fue posible se identificaron a nivel de especies el grupo de diatomeas y dinoflagelados. Pequeños organismos flagelados no se identificaron y fueron designados como microflagelados (posiblemente podrían ser formas vegetativas o quistes de algún espécimen); algunas Cianofitas parecidas a *Oscillatoria* se las ha denominado como algas filamentosas. En algunas muestras, las partículas de detritus superaban ampliamente a las de fitoplancton.

DISTRIBUCION CUANTITATIVA DEL FITOPLANCTON

Durante 1989, desde abril a agosto se registra un máximo celular entre 200.000 a 660.000 cel/l. desde la superficie hasta los 30m. de profundidad, predominando *Coscinodiscus*, algas filamentosas, *Cocconeis*, *Thalassiosira*, *Thalassiotrix*, *Rhizosolenia*, *Nitzschia*, *Thalassionema*; mientras que los meses restantes presentan una disminución en su concentración (Fig. 2a). Desde julio a agosto se presenta la mayor diversidad (Fig. 3).

En 1990 (Fig. 2b) desde enero (20 m) y febrero (19m) se detecta un primer máximo celular (718.000 cel/l.), con *Rhizosolenia*, *Nitzschia*, *Thalassiotrix*, *Chaetoceros*, *Fragilaria*, *Pleurosigma*; un segundo máximo en abril (910.000 cel/l.) en superficie, con predominancia de *Nitzschia* y en agosto otro máximo (480.000 cel/l.) con dominancia de *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Coscinodiscus*, *Thalassiosira* y *Chaetoceros*. La mayor diversidad de especies se registran a mediados de marzo y se incrementa a finales de septiembre.

Durante todo el año 1991, se reducen las concentraciones celulares registrándose un ligero incremento en abril (270.000 cel/l.) entre 0 y 10 m. (Fig. 2c) con los géneros de *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Nitzschia* y *Oxytoxum*; mientras que su mayor diversidad se registra a mediados de junio y agosto.

Para 1992, se presenta una recuperación en las concentraciones celulares a finales de abril (1074.000 cel/l.) a 10 m. de profundidad (*Chaetoceros*, *Hemialux*, *Rhizosolenia*) y otro con dominancia

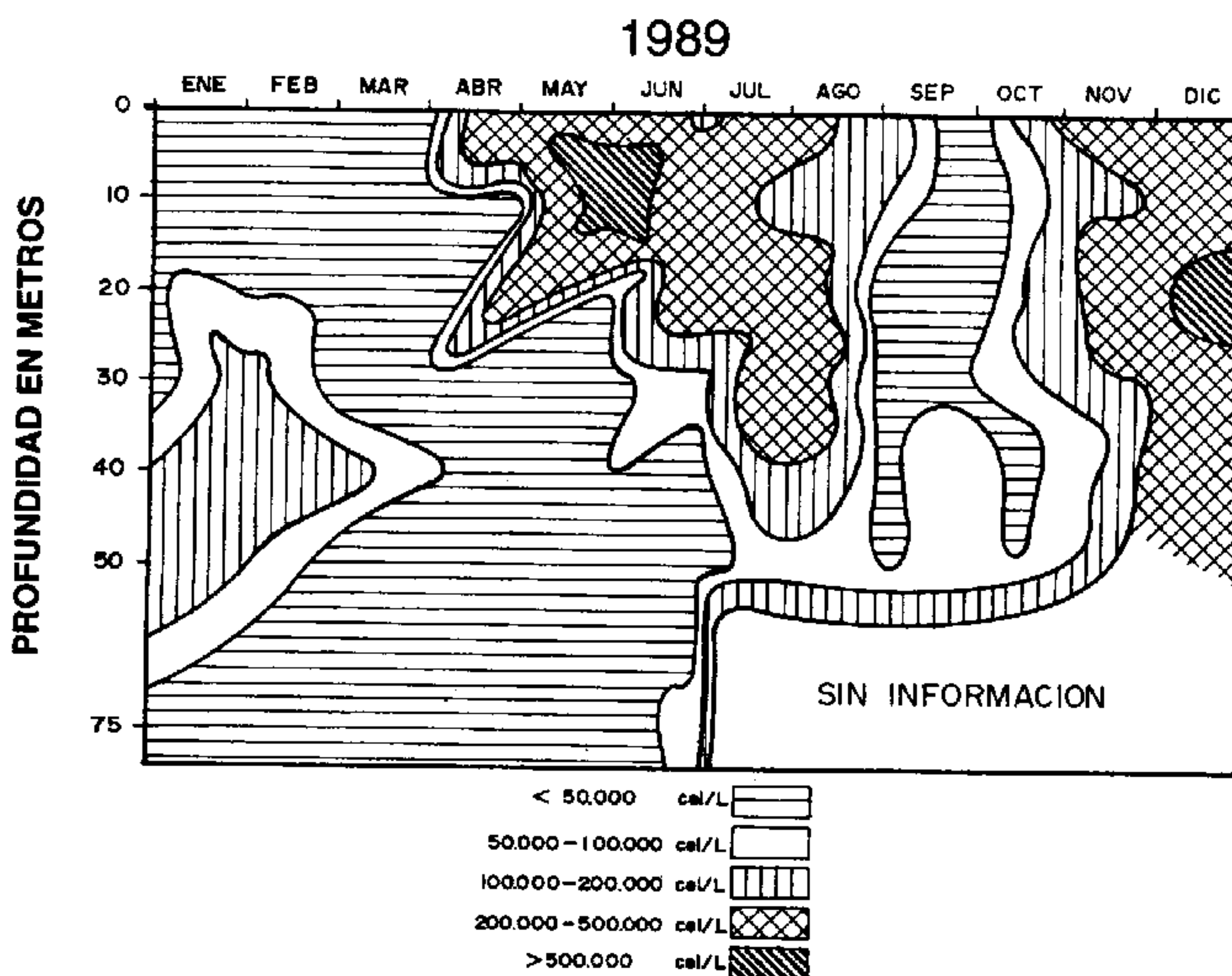


Figura 2a. Distribución vertical y variaciones mensuales del fitoplancton cuantitativo expresado en contajes celulares de "La Libertad"

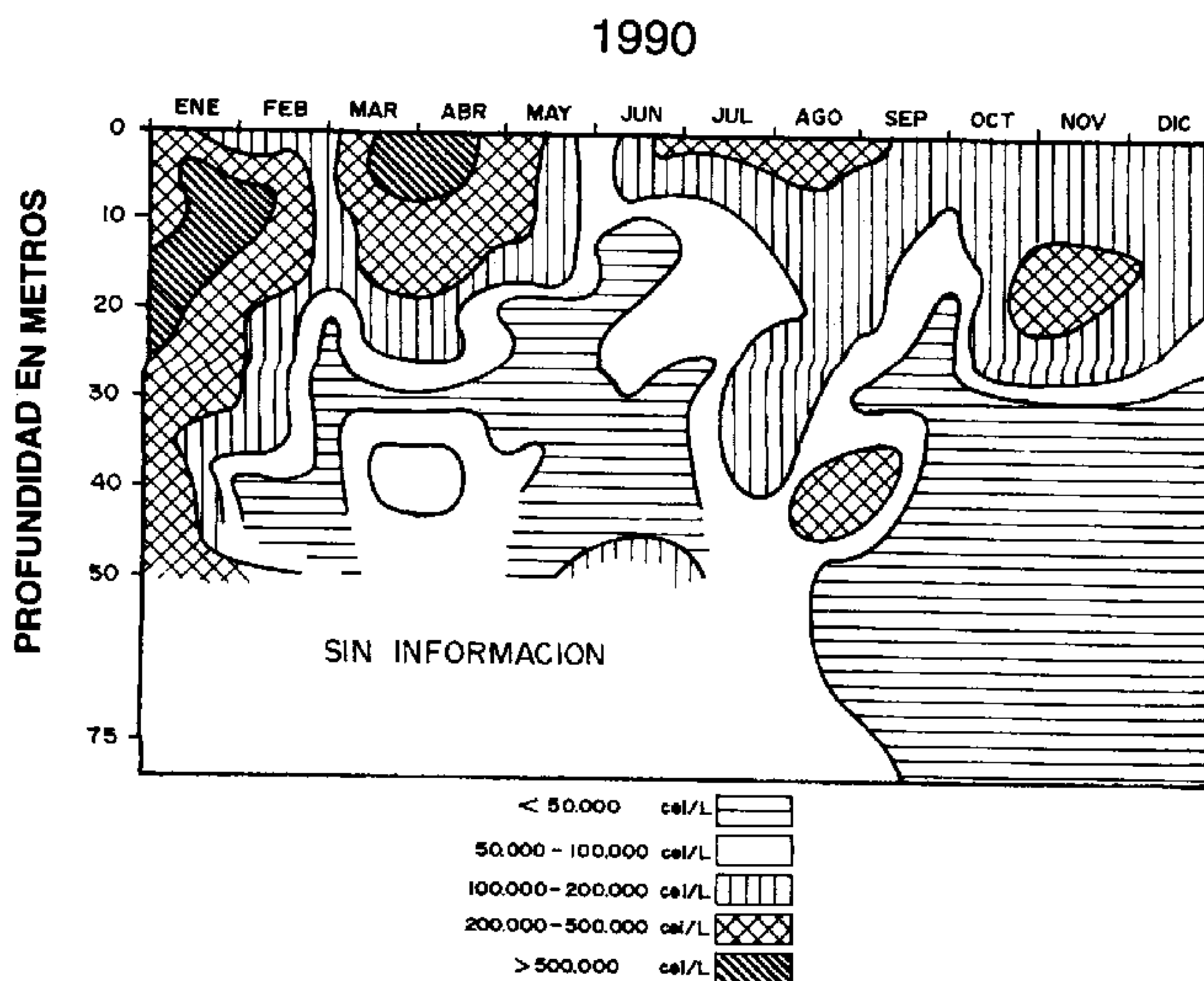


Figura 2b. Distribución vertical y variaciones mensuales del fitoplancton cuantitativo expresado en contajes celulares de "La Libertad"

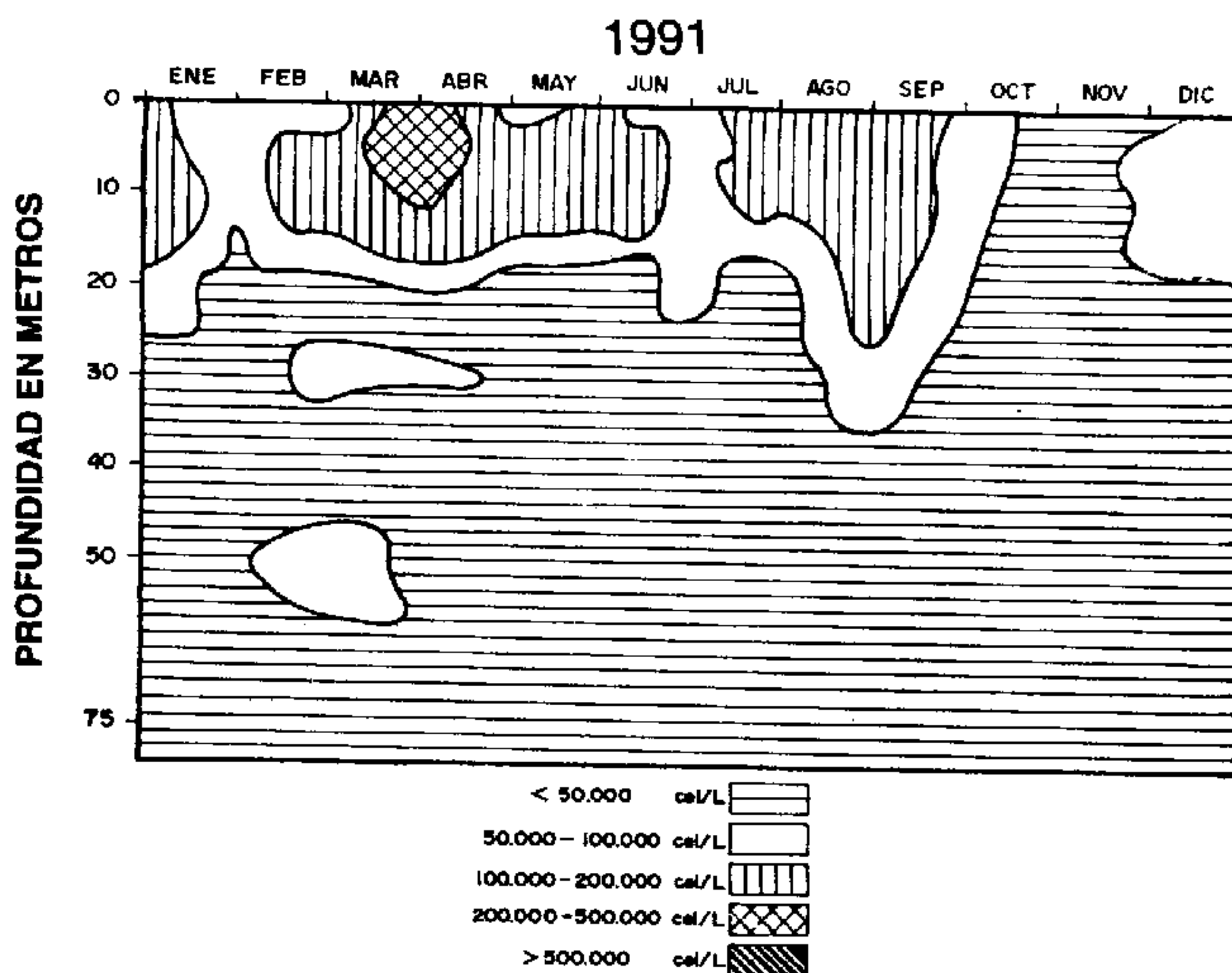


Figura 2c. Distribución vertical y variaciones mensuales del fitoplancton cuantitativo expresado en contajes celulares de "La Libertad"

de *Nodularia* sp. a fines de junio (680.000 cel/l.) a 20 m. de profundidad, luego hay una ligera reducción para fines de octubre (290.000 cel/l.) en superficie (Fig. 2d) con la presencia de *Rhizosolenia*, *Amphidinium*, *Nitzschia*, *Peridinium*, la diversidad de especies presentan un patrón algo similar al año 1991, con una mayor diversidad para noviembre.

En 1993, desde febrero se registra un ligero incremento en su concentración celular (244.000 cel/l.) a 20 m., con *Microflagelados*, *Nitzschia*, *Rhizosolenia stolterfothii*; en marzo se incrementa (696.00 cel/l.) en superficie, continuando los *Microflagelados*, *Nitzschia longissima*, *Gymnodinium*, *Prorocentrum*; en abril sigue incre-

mentándose superficialmente (710.000 cel/l.), con *Leptocylindrus*, *Chaetoceros*, *Hemiaulax*, *Nitzschia longissima*, *Rhizosolenia stolterfothii* y *Oxytoxum*; este incremento sigue ascendiendo en superficie hasta noviembre (Fig. 2e), con *Nitzschia longissima*, *N. pungens*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Leptocylindrus*, *Chaetoceros*; en diciembre se profundiza a 40 metros, su máxima concentración (1.057.000 cel/l.) con los grupos de *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Nitzschia delicatissima*, *Mesodinium* y *Prorocentrum*. La diversidad específica (Fig. 3) es incrementada en marzo, mayo, julio, septiembre, octubre y diciembre. Esta diversidad se registra más elevada que en 1989, 1990, 1991 y 1992.

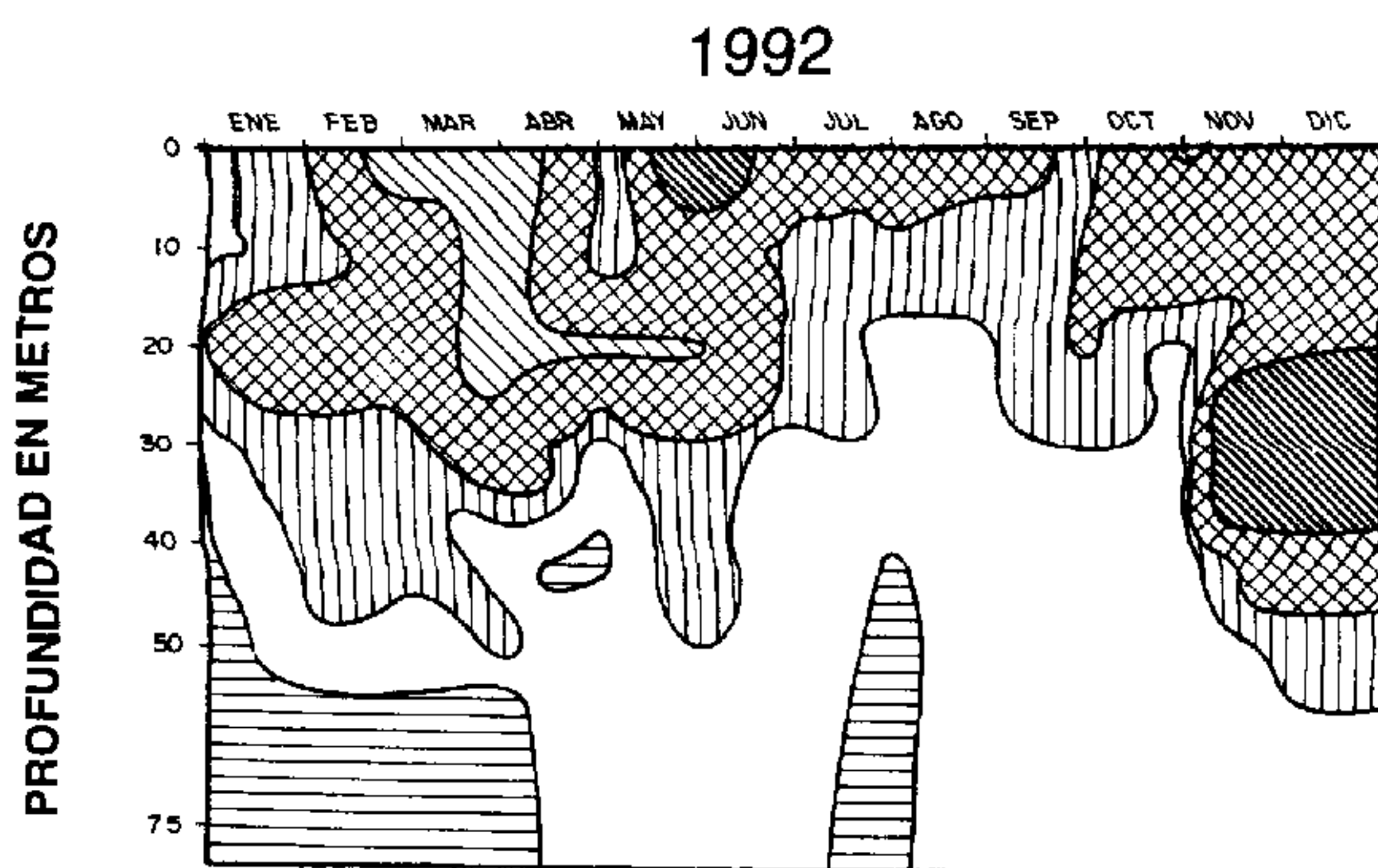


Figura 2d. Distribución vertical y variaciones mensuales del fitoplancton cuantitativo expresado en contajes celulares de "La Libertad"

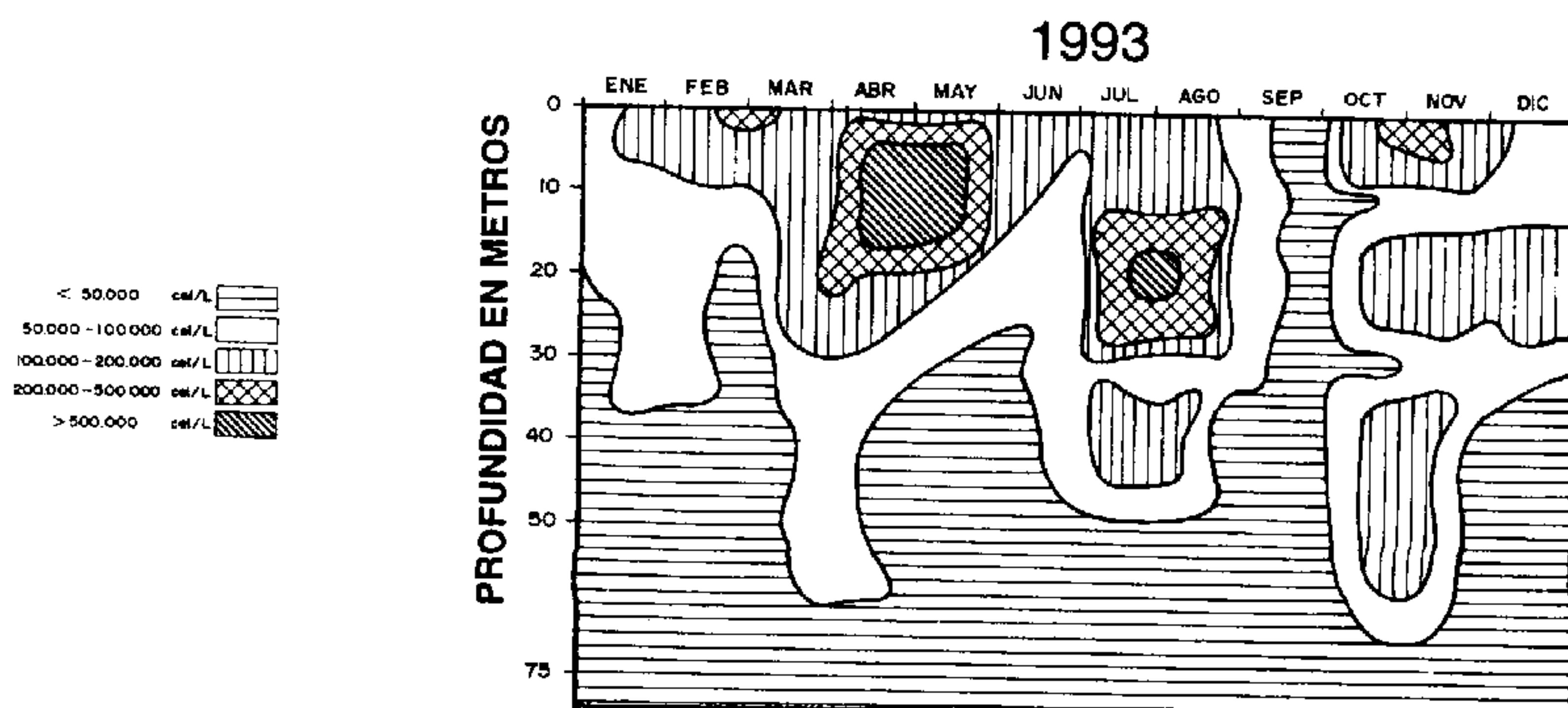


Figura 2e. Distribución vertical y variaciones mensuales del fitoplancton cuantitativo expresado en contajes celulares de "La Libertad"

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La evolución de las características océano-atmosféricas durante 1990, han evidenciado un débil episodio que ha venido desarrollándose en el Pacífico Central. Desde los primeros meses de 1991, en la región del Pacífico ecuatorial central se registraron una serie de anomalías océano-atmosféricas que alertaron a la comunidad científica sobre la probable ocurrencia de un evento "El Niño".

Algunos estudios, como Guillén et.al. (1989), manifiestan que en Perú 1987 se presentan bajas concentraciones de nutrientes y clorofila, debido a un evento débil El Niño. Posteriormente Chávez et. al., (1990), para el Pacífico ecuatorial también registran condiciones anómalas en 1988-1989. En Ecuador, desde 1987 se detectó un evento El Niño débil moderado con disminución en las pesquerías (ERFEN 1992), las cuales se han venido continuando hasta 1991 (Arriaga et al 1992), en que se presentó un evento considerado como fuerte (Reunión de Taller Oceanográfico ERFEN-INOCAR-ECUADOR-1993). Posiblemente lo antes mencionado sean las causas que durante 1989 y 1990 se presentaran biomasa fitoplanctónicas (recuentos celulares) menores que en 1992 y 1993.

El ciclo anual del fitoplancton en muestras de agua durante este período resultó diferente en cada año (Fig. 2), se registraron 2 picos de máximo volumen celular, el primer máximo de menor intensidad es coincidente con la llegada de la época invernal (lluvias) con la frecuencia de *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Hemiaulax*, *Skeletonema*, *Oxytoxum* y Microflagelados; el otro máximo de mayor intensidad y más prolongado en la época de verano coincidentes con el aporte de aguas frías peruanas, se presentan los géneros *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Thalassiosira*, Microflagelados, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, *Thalassiotrix*, *Skeletonema*, *Nodularia*, *Oxytoxum*, *Messodinium* y algas filamentosas. Para 1991, año en que El Niño se intensificó se registró un sólo máximo en abril con *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Nitzschia* y *Oxytoxum*.

El primer máximo celular, podría estar influenciado por cambios estacionales de verano a invierno. Jiménez y Herdenson (1984), manifiestan que han encontrado parches de máximos celulares cerca de La Libertad para enero 1983. La ausencia de este primer máximo para finales de 1990 e inicios

de 1991, está indicando que estamos en un evento El Niño, y que el segundo máximo esté siendo alimentado por parches encerrados cerca a la costa o por procesos de afloramientos cercanos a la Isla de La Plata; Villamar y Ortega (1991), mencionan que para noviembre y diciembre 1990 también fue menor la abundancia total de larvas de peces, en áreas cerca de La Libertad.

Posiblemente el segundo máximo de células coincide con el cambio estacional de invierno a verano y cuando el Frente Ecuatorial es más intenso entre mayo y noviembre (Cucalón, 1987; Sonnenholzner 1991). En septiembre y octubre de 1990, se observaron aguas peruanas poco nutritivas, pudiendo haber determinado con anterioridad un máximo de biomasa fitoplanctónica (Solórzano, 1991). Jiménez (1983), ha señalado que en condiciones normales para aguas ecuatorianas con máximos de fitoplancton desde mayo-septiembre, con el predominio de diatomeas. Guillén et. al. (1972), presenta concentraciones celulares altas (876.000-818.000 cel/l.) para Callao y Pisco, considerados como abundantes para octubre, noviembre y diciembre. Hasle (1959), concluye que para marzo cerca del Ecuador en la región del Pacífico central tiene un "standing stock" alto.

Puede resumirse que durante este estudio, la producción cuantitativa del fitoplancton en los años 1989 y 1990 ha decrecido, hasta que en 1991 es excepcionalmente baja, y en 1992 se va recuperando la producción siendo mayor que en 1989 y 1990, y en 1993 se ha incrementado en un 100% con relación a los años anteriores de éste estudio (Tabla I). Para el Pacífico colombiano, Castillo y Osorio (1993), también mencionan que la población de fitoplancton para 1992 fue superior a la normal de 1990.

La distribución vertical (0-75m) de abundancia en densidad fitoplanctónica está dada en la Fig. 3, mostrando su distribución mensual desde 1989 a 1993. En la parte inferior de esta figura, se detalla los niveles de profundidad en que se presentan los máximos, restringidos entre los 0 y 50 metros.

En relación con la temperatura del mar superficial y biomasa superficial (Fig. 4), se registraron para 1992 temperaturas más elevadas que en 1991, pero la biomasa 1991-1992 se mantiene ligeramente similar; para 1993 se registra superficialmente una mayor variabilidad de temperatura y biomasa (más elevada que 1991,

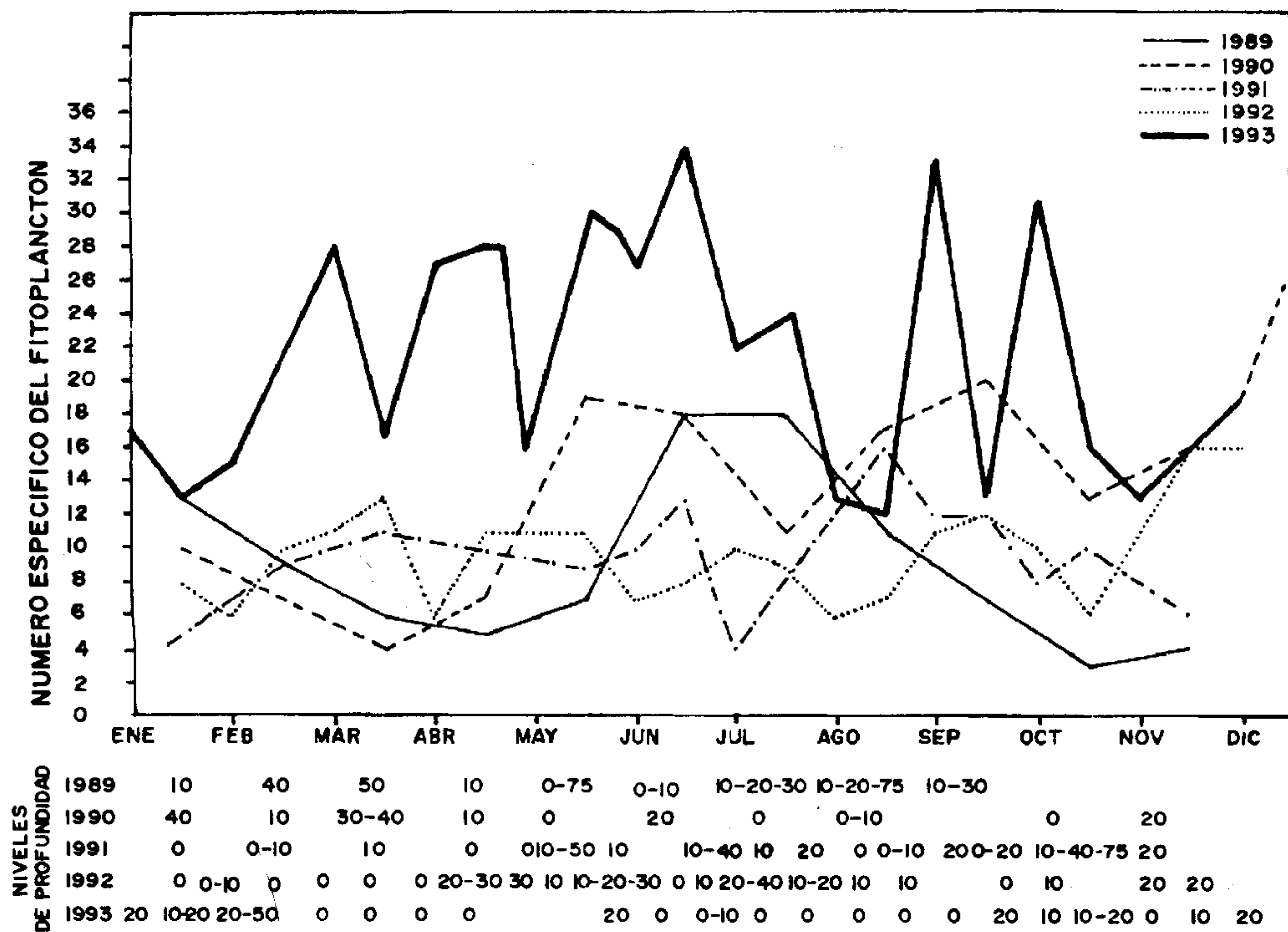


Figura 3. Número de especies durante los análisis cuantitativos del fitoplancton desde 1989 hasta 1993. La parte inferior indica la profundidad en que se presenta el mayor número de células.

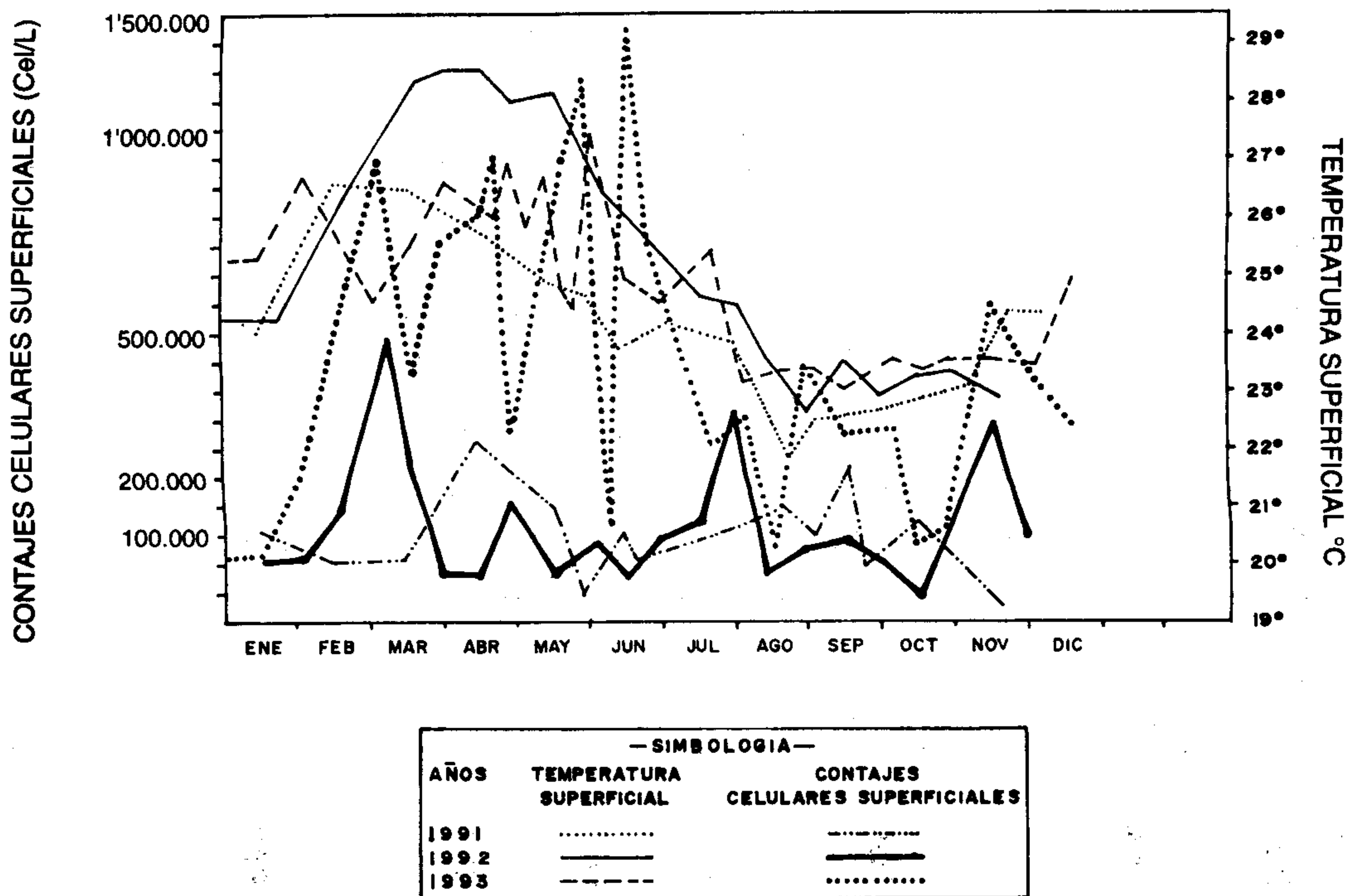


Figura 4. Contajes celulares y temperaturas superficiales durante 1991, 1992, 1993 en La Libertad.

TABLA I. Se presentan los géneros mas predominantes y su relativa producción anual desde 1989 a 1993

AÑOS	PRIMER MAXIMO CELULAR		SEGUNDO MAXIMO CELULAR		Relativa Producción de BIOMASA FITOPLANCTONICA	
	MES	GENEROS MAS ABUNDANTES	MES	GENEROS MAS ABUNDANTES		
1989	Noviembre	Nitzschia-Rhizosolenia Thalassiothrix	Mayo Junio Julio Agosto	Algas Filamentos Lauderia-Melosira-Algas Filamentosas Rhizosolenia-Tahalassiothrix -Nitzschia Microflagelados-Nitzschia	Posiblemente Normal	P R E N I Ñ O
	Enero Febrero Noviembre	Rhizosolenia-Nitzschia Rhizosolenia-Nitzschia Nitzschia-Leptocylindricus-Hemiaulax- Skeletoema	Abril Mayo Julio Agosto Septiembre	Nitzschia Rhizosolenia-Nitzschia Leptocylindricus-Rhizosolenia-Chaetoceros Chaetoceros-Nitzschia-Leptocylindricus-Thalassiosira Algas Filamentos-Nitzschia	Posiblemente Normal	
1991			Abril	Rhizosolenia-Leptocylindricus-Nitzschia Oxytoxum	Baja	N I Ñ O
1992	Noviembre	Rhizosolenia-Leptocylindricus- Chaetoceros-Nitzschia	Abril Mayo Julio Agosto	Chaetoceros-Hemiaulax-Rhizosolenia Chaetoceros-Hemiaulax-Rhizosolenia Nodularia Rhizosolenia Nitzschia	Ligeramente se incrementa	
1993	Noviembre Diciembre	Nitzschia-Leptocylindricus-Rhizosolenia Microflagelados Oxytoxum Nitzschia	Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre	Microflagelado Nitzschia Gymnodinium Chaetoceros-Nitzschia-Skeletonema-Microflagelados Leptocylindricus Nitzschia Chaetoceros Chaetoceros- Algas Filamentos- Microflagelados Thalassiosira-Nitzschia-Chaetoceros Microflagelados-Thalassiosira-Oxytosum Chaetoceros-Rhizosolenia-Microflagelados-Nitzschia Coscinodiscus Microflagelados Oxytoxum-Mesodinium	Extremadamente alta	P O S T N I Ñ O

1992), presentando un patrón parecido estos dos parámetros. Cuando se presentan las aguas tropicales superficiales (Valencia y Rodríguez, in press) son coincidentes con los máximos recuentos celulares superficiales y solo en 1993 se registraron aguas ecuatoriales subsuperficiales. Las aguas peruanas se presentan irregularmente subsuperficialmente y éstas posiblemente estén incrementando la biomasa fitoplanctónica.

Durante este estudio, el componente mayor del fitoplancton estuvo compuesto por diatomeas, siendo las siguientes especies más abundantes en diferentes épocas estacionales: *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Hemiaulux* y *Chaetoceros*. En menor número se presentaron los dinoflagelados caracterizado en su mayor parte por especies pequeñas de *Oxytoxum* y *Protoperidinium* (Tabla I).

Jiménez (1977), para septiembre 1974 también localizó la predominancia de *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Rhizosolenia* y *Nitzschia* (600 cel/ml) a la altura del Golfo de Guayaquil. Jiménez (1975), presenta valores máximos de 332.500 cel/l.; Jiménez y Pesantes (1978), dan máximos de 269.000 cel/l., para octubre 1973. Los datos de contajes celulares antes mencionados se aproximan con los valores de este trabajo para los respectivos meses (Fig. 2).

Jiménez y Herdenson (1984) dan a conocer que hay una alta productividad fitoplanctónica para 1983, después de ocurrir un evento "El Niño" y para 1993 también se registra una alta biomasa, que es confirmada con los resultados en este artículo.

CONCLUSIONES

1. Se estudia mensualmente la biomasa del fitoplancton marino (contajes celulares) en La Libertad, en un período comprendido entre 1989 a 1993), período en el cual se evidenció El Niño 1991-1992.

2. Se resume que durante 1989-1990, se presentó una reducción en la biomasa fitoplanctónica, y en 1991 se desarrolla un evento El Niño con mayor intensidad para diciembre con una disminución, recuperándose notoriamente para 1992 y 1993.

3. En general, la composición del fitoplancton (Cel/l.) durante este estudio, estuvo representada en

su mayor parte por el grupo de Diatomeas y en menor proporción por los dinoflagelados.

4. Se registraron dos máximas concentraciones celulares anuales coincidentes con los cambios estacionales de invierno a verano (noviembre-diciembre), con *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Hemiaulux*, *Skeletonema*, *Oxytoxum*, *Microflagelados*; y el otro de verano a invierno de mayor intensidad y más prolongado (abril, mayo, junio, julio y agosto) con *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Thalassiosira*, *Microflagelados*, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, *Thalassiotrix*, *Skeletonema*, *Nodularia*, *Oxytoxum*, *Messodinium* y algas filamentosas fueron los grupos más dominantes, evidenciados en 1989, 1990, 1992 y 1993. El Niño de 1991 se registró un solo máximo celular para abril *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Nitzschia* y *Oxytoxum*.

5. Esta metodología, es indicativa de que se va reduciendo con anterioridad la biomasa cuantitativa del fitoplancton antes de presentarse un evento El Niño, y puede ser de gran utilidad ecológica a futuro, debido a que este grupo del plancton comprende la mayor porción de productores primarios en el mar para todos los consumidores como lo es el zooplancton, invertebrados marinos y pesquerías.

AGRADECIMIENTO

La autora expresa su agradecimiento al señor Director y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico por el apoyo a esta investigación. Se agradece a todo el personal que colaboró en la toma de las muestras. A los estudiantes de Biología, quienes ayudaron en los contajes celulares. A la Dra. E. Gualancañay por las valiosas sugerencias y correcciones de este artículo. Al Sr. Víctor Mesías por los gráficos y diagramación.

BIBLIOGRAFIA

- Arriaga, L., S. Cuello, E. Zambrano, y F. Zurita, 1992.** Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras en Ecuador durante 1990-1991. CPPS, Boletín ERFEN 30.
- Avaria S y P. Muñoz, 1982.** Efectos del Fenómeno de "El Niño" sobre el fitoplancton marino del norte de Chile en diciembre de 1982 (Operación Oceanográfica Marchile XIV - ERFEN V). Cienc. y Tec. del mar 9: 3-30.
- Avaria S. y A. Avial, 1985.** Efectos del Fenómeno de "El Niño" sobre el Fitoplancton Marino del Norte de Chile en diciembre de 1982 (Operación Oceanográfica Marchile XIV-ERFEN V) Cienc. y Tec. del mar, CONA 9:3-30.
- Avaria S. y P. Muñoz, 1987.** Effects of the 1982-1983 El Niño on the Marine Phytoplankton off Northern Chile Journal of Geophysica Research 92 (C13): 369-382.
- Bogorov V., 1967.** The Pacific Ocean. Biology of the Pacific Ocean: parte I, Plankton. Ed. Bogorov V., 7: 1-266.
- Castillo F., y D. Osorio, 1993.** Relación climatológica de la temperatura superficial del Pacífico colombiano sobre el fitoplancton marino durante El Niño 1991-1992. Boletín Científico. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH. 14: 131-144.
- Cucalón, E., 1987.** Oceanographic Variability off Ecuador associated with an El Niño Event in 1982-1983. J. Geophys. Res. 92 (C13): 14309-14322.
- Chávez F., K. Buck y R. Barber, 1990.** Phytoplankton taxa in relation to primary production in the equatorial Pacific. Deep-Sea Research. 37(11): 1733-1752.
- Enfield D., 1974.** La región al Norte del Frente Ecuatorial. Aspectos Físicos. Reunión de trabajo del Fenómeno El Niño 4-12 Diciembre. Guayaquil, Ecuador.
- Guillén, O., B. Rojas de Mendiola and R. Izaguirre de Rondán, 1972.** Primary Productivity and Phytoplankton in the Coastal Peruvian waters, Oceanography of the South Pacific 1972 comp. R. Fraser. New Zeland National Commision for UNESCO. Wellington 1973 405-418.
- Guillén O., 1986.** Características químicas y productividad de las zonas costeras del Perú durante El Niño 1982-1983. ERFEN, Boletín N. 18:23.
- Guillén O., E. Carcamo y R. Calienes, 1989.** Oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila frente a la costa peruana durante El Niño 1987. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número especial). Memorias del Simposio Internacional de los Recursos vivos y las pesquerías en el Pacífico Sudeste, Viña del Mar, 9-13 de Mayo 1988.
- Hasle G., 1959.** A quantitative study of phytoplankton from the equatorial Pacific. Deep-Sea Research, 6:38-59.
- Hobson L., y D. Menzel y R. Barber, 1973.** Primary Productivity and Sizes of pools of organic Carbon in th mixed of the oceans. Marine Biology. 19: 298-306.
- Jiménez R., 1975.** Composición y variación del fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis doctoral, Univ. de Guayaquil, Ecuador.
- Jiménez R., 1976.** Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: aspectos Biológicos. Reunión de trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil, Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974, FAO inf. Pesca (185): 355-358
- Jiménez R. y F. Pesantes, 1978.** Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publ. Inst. Ocean. de la Armada. 2 (1): 30 pp.

- Jiménez R., y D. Bonilla, 1980.** Composición y distribución de la biomasa del Plancton en el Frente Ecuatorial. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 1(1): 19-64.
- Jiménez R., 1983.** Diatomeas y silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 2 (2): 193-281.
- Jiménez R., 1983.** Cocolitoforidos identificados en el fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 2 (2): 193-281.
- Jiménez R., y D. Henderson 1984.** Efectos de "El Niño" 1982-1983 sobre los recursos pesqueros en Ecuador. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur.* 15: 269-294.
- Margalef R. 1978.** Some samples. In *Phytoplankton Manual*. Ed. by A. Sournia.
- Moreano H., 1983.** Interacción Océano-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 6 (1): 1-11.
- Pesantes F., 1978.** Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR* 2 (2): 283-399.
- Pesantes F., 1984.** Distribución del fitoplancton durante noviembre de 1982 y de Clorofila del crucero de noviembre de 1983. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur.* (15): 239-245.
- SCOR-UNESCO working group 17, 1966.** Determination of photosynthetic pigments in the sea-water, *Monographs on oceanographic methodology*, 1, Unesco, pp. 9-18.
- Semina G., 1967.** Phytoplankton: In the Biology of the Pacific Ocean: parte I, Plankton. Ed. Bogorov V. 7: 27-85.
- Sonnenholzner S., 1991.** Condiciones Oceanográficas frente a la costa ecuatoriana durante octubre-diciembre 1990. Instituto Nacional de Pesca. *Boletín Científico y Técnico.* XI (1): 2-25.
- Solórzano L., y R.T. de Suéscum, 1991.** Características Químicas del mar ecuatoriano durante el período Pre-invernal (septiembre-diciembre de 1990). Instituto Nacional de Pesca. *Boletín Científico y Técnico.* XI (1): 27-49.
- Thomas W., 1977.** Nutrient-Phytoplankton interrelationships in the eastern tropical Pacific Ocean.
- Valencia M., y A. Rodríguez de M.** Características Físico-Químicas de las masas de agua en las estaciones fijas. La Libertad y Manta, como aporte al estudio del Fenómeno "El Niño" 1990-1993. (In Press *Acta Oceanográfica del Pacífico*).
- Villamar F. y D. Ortega, 1991.** Estudios de huevos y larvas de peces en el Mar Ecuatoriano durante septiembre-diciembre 1990. Instituto Nacional de Pesca. *Boletín Científico y Técnico.* XI (1): 61-69.
- Wooster W., 1969.** Equatorial Front between Peru and Galapagos. *Deep-Sea. Research.* 16: 407-419.
- Wyrski R., 1967.** Circulation and Water Masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *J. Oceanol. y Limnol.* 1 (2): 117-147.
- Zambrano, E.** El Niño 91-92 y sus manifestaciones en Aguas Ecuatorianas. (Manuscrito).
- Zambrano, E., y B. Bayot.** Estructura Térmica y su Relación con el Nivel Medio del Mar en la estación costera La Libertad. (Manuscrito).

PTEROPODOS TECOSOMADOS Y HETEROPODOS (Gasterópodos) COMO BIOINDICADORES DEL EVENTO "EL NIÑO" 1992, EN LA ESTACION FIJA "LA LIBERTAD", ECUADOR

Por: MANUEL CRUZ P.⁽¹⁾

RESUMEN

El presente trabajo de investigación corresponde al estudio de los Pterópodos y Heterópodos encontrados en las colectas quincenales y mensuales de plancton, desde junio/90 hasta diciembre/95, realizadas en la estación fija "La Libertad", localizada a 10 millas mar afuera de la costa ecuatoriana. Se identificaron 14 especies de gasterópodos planctónicos, de los cuales 9 son Pterópodos y 5 Heterópodos.

En base al análisis de los Pterópodos y Heterópodos como bioindicadores del Evento "El Niño", se dan apreciaciones de las características del período "no-El Niño", "pre-El Niño", "El Niño" (EN) y el "post-El Niño" 1992.

Se relacionan las especies con la temperatura y salinidad superficial, así como también la temperatura subsuperficial desde la superficie hasta los 100 metros de profundidad. Se hacen observaciones sobre las características taxonómicas, ecológicas y del comportamiento de cada especie, en cada uno de los "períodos" de "EN" y las que podrían considerarse como bioindicadores tempranos del Evento "EN". Se analiza el significado de ciertas asociaciones de pterópodos y heterópodos y se hace la discusión de los resultados obtenidos durante estos cinco años y medio de estudio.

ABSTRACT

The present is a research work carried out from Jun/90 until December/95 on Pteropods and Heteropods at "La Libertad" station, located 10 miles offshore the Ecuadorian coast. Fourteen planktonic gastropod species were identified, nine of which are Pteropods and 5 Heteropods.

From the analysis of the Pteropods and Heteropods as bioindicators of "El Niño" (EN) Event, the characteristics and appreciations of "no-Niño", "pre-Niño", "El Niño" (EN) 1992 and "post-Niño" period are presented.

The relationship between species, surface temperature, salinity and subsurface temperatures from 0 to 100 meter depth is defined. Observations on taxonomic characteristics ecology and behavior of each species in each "EN" period are described and those which may be considered as bioindicator of "EN". Also there is a discussion about the most important associations of Pteropods and Heteropods and some appreciations of the observations during the last five and half years of research work.

INTRODUCCION

Los Pterópodos Tecosomados y Heterópodos, son Gasterópodos holoplanctónicos, que presentan concha calcárea, gelatinosa o puede estar ausente. Los Pterópodos pertenecen al orden Thecosomata de la subclase Opisthobranchia, mientras que los

Heterópodos al orden Mesogastrópoda de la subclase Prosobranchia.

Como adaptación a la vida pelágica, el pie se ha modificado en forma de aletas natatorias denominadas parapodios, las que son empleadas como órganos de locomoción (Keen, 1971).

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, P.O. Box 5940. Guayaquil-Ecuador

Son importantes por ser considerados como indicadores biológicos (Matsubara, 1975); algunas especies como *Limacina helicoides*, es batipelágica (Spoel, 1964); *L. inflata* es de aguas oceánicas, que tolera aguas neríticas (Frontier, 1973) o *Diacria quadridentata*, que es una especie tropical (Tesch, 1948); este último autor menciona también que *Euclio antarctica* solo se presenta en mares fríos del Hemisferio sur. También son de interés paleontológico si consideramos la existencia de "barros o lodos de pterópodos" formados por las conchillas de estos organismos (Matsubara, Op. cit.).

El Ecuador, por su posición geográfica está influenciado por aguas cálidas que provienen del norte y por aguas frías del sur, haciéndose complejo, necesario e importante estudiar los organismos bioindicadores del Evento "EN", que por su posición geográfica, nuestro país (en las Islas Galápagos), es uno de los primeros en Sudamérica en detectar las ondas Kelvin provenientes del Pacífico central y con ellas las condiciones previas al desarrollo de este evento, que son observadas por la presencia de ciertas especies que caracterizan o tipifican masas de agua y los diferentes ecosistemas marinos, las direcciones y desplazamientos de las corrientes marinas frías o cálidas, la zona de transición o mezcla, afloramientos, la intrusión de aguas oceánicas en la Plataforma Continental, etc., Toda esta información más los datos físicos, químicos y meteorológicos son los que nos dan el marco referencial para interpretar de una mejor manera lo que está ocurriendo en el ecosistema marino y estuarino de la costa ecuatoriana.

Acogiendo la recomendación del "Estudio Regional del Fenómeno El Niño" (ERFEN), de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), de buscar nuevos organismos que puedan ser utilizados como bioindicadores tempranos de el fenómeno "EN", desde Junio/90 se viene estudiando quincenal y mensualmente a los Pterópodos tecosomados y Heterópodos en la estación fija de "La Libertad", que está localizada 10 millas costa afuera en la Latitud 02°06'00" y Longitud 81°03'43".

ANTECEDENTES

Los estudios mas antiguos sobre los Pterópodos y Heterópodos, se encuentran en los reportes de las expediciones científicas extranjeras, entre las cuales podemos citar las principales; "Voyage of H.M.S. Challenger", 1873-76, reportado

por Pelsener en 1888; The "Siboga Expedition", 1899-1900, reportado por Tesch en 1904 (Matsubara, 1975). El "Dana Expedition" en el Atlántico norte, 1921-1922., entre otros.

Los trabajos de Souleyet, Boas, Pelsener y Meisenheimer han ayudado a comprender la anatomía y Histología de los Tecosomatas (Tesch, 1946).

Una guía bastante general de las especies que existen en la provincia panameña, desde Baja California hasta el norte del Perú, es descrita por Keen, 1971 quien menciona también el ambiente, distribución y medidas de cada especie.

En América Central podemos citar a Matsubara (Op.cit.), quien en su trabajo de la Bahía de Campeche, México, describe las características de cada especie, da el rango de distribución y datos ecológicos en que fue encontrado cada organismo.

En Sudamérica, se ha estudiado mucho el Atlántico Sudoccidental, tenemos a Magaldi (1972, 1974 y 1977), quien realiza una descripción resumida de los pterópodos, su localidad y observaciones ecológicas de cada especie.

Spoel y Boltovskoy (1981) en el Atlas del zooplankton del Atlántico Sudoccidental, da el rango de distribución para cada especie de pterópodo tecosomado y completa la información con datos ecológicos.

En el Pacífico Sureste, son pocos los trabajos existentes, vale mencionar a Tesch (1948), quien trabajó con los Pterópodos del Indo-Pacífico; Keen (1971), realiza una corta descripción de las especies encontradas, agregando su distribución y medidas de la concha; por último Cruz (1983) reporta dos trabajos; presencia de Pterópodos Tecosomados en el Golfo de Guayaquil y Pterópodos y Heterópodos del Golfo de Guayaquil.

Se espera que este aporte al conocimiento de los Pterópodos y Heterópodos en aguas ecuatorianas, contribuya al inventario y a la utilización de estas especies como bioindicadores tempranos del Evento "EN" y del desplazamiento de masas de agua en el Pacífico Sud-Este, para comprender mejor el comportamiento del ecosistema marino.

MATERIALES Y METODOS

La recolección de Pterópodos y Heterópodos, generalmente se realiza con redes de Nylon, estas pueden ser de tipo Standard, con o sin mecanismos de cierre.

Considerando la dificultad que existe para identificar los juveniles, el Dr. Serge Frontier, investigador y especialista en este grupo de organismos, por comunicación personal, recomienda que la red de zooplankton tenga una abertura de malla de 300 micras, razón por la cual para este trabajo se ha utilizado este tipo de red, aunque sabemos que según Spoel y Voltovskoy (1981), los resultados del análisis de una muestra, depende del tamaño del poro utilizado y que puede variar su densidad en mas de 8 veces. Además estos investigadores estiman que la mayoría de las especies son de natación relativamente lenta (hasta 12 cm/seg. en algunos cavolínidos) y no son fácilmente excitados por las ondas de presión, aunque Gilmer (1972) en Spoel y Boltovskoy (Op. cit), observó la alta excitabilidad de algunos pseudotecosomados y su velocidad de huida, de casi 1 nudo.

Para la obtención de las muestras del presente trabajo, se ha utilizado una red de nylon tipo standard, con una malla de 300 micras de poro; los arrastres superficiales se realizaron con una embarcación de unos 10 metros de eslora a una velocidad aproximada de 2 nudos durante diez minutos. Se estima que los organismos no han podido evadir las redes y al haber seleccionado los adultos, nos ha permitido hacer una mejor identificación de las especies.

Las muestras obtenidas fueron preservadas con formol al 4% neutralizado con Bórax hasta un PH 8.

AREA DE ESTUDIO

La estación fija de "La Libertad" durante los meses de mayo a diciembre de cada año, está influenciada por la estación seca o no lluviosa (verano), recibe una influencia tanto de las aguas frías provenientes de la corriente del Perú, como de las aguas superficiales ecuatoriales (Frente Ecuatorial), dependiendo de la intensificación que tengan los vientos alisios del sur; mientras que durante la estación lluviosa (enero-abril), las aguas tropicales provenientes del norte, se desplazan hacia el sur,

influyendo y cambiando todo el ecosistema marino existente.

Durante el Evento EN, en esta estación se detectan las aguas oceánicas Subtropicales provenientes del Pacífico Central.

La posición geográfica de la estación "fija" permite tener un ecosistema marino muy interesante y con grandes probabilidades de detectar los primeros cambios ecológicos que se dan en el medio marino, los cuales son observados al estudiar los Pterópodos y Heterópodos como organismos bioindicadores de "EN".

CLAVE ARTIFICIAL PARA IDENTIFICAR LOS PTEROPODOS TECOSOMADOS Y HETEROPODOS QUE HABITAN EN AGUAS ECUATORIANAS.

PTEROPODOS TECOSOMADOS (Opisthobranchios)

1. Concha calcárea presente, alas o parapodios separados, de posición dorsal a la boca.....2
 - 1a. Concha calcárea ausente o con pseudoconcha, alas o parapodios fusionados.....12
2. Conchilla con enrollamiento levógiro.....3
 - 2a. Conchilla sin enrollamiento o rectas.....5
3. De forma planorboide, con la espira deprimida, muy baja, la última espira rodea las anteriores, como una manguera enrollada; borde dorsal de la abertura soportado por una estría, diente o protuberancia de localización central*Limacina inflata*
 - 3a. De forma no planorboide y sin soporte en la abertura, umblicus casi ausente.....4
4. Las espiras, vueltas o anfractos no son apretados; conchilla mas alta que ancha.....*Limacina bulimoides*
 - 4a. Las vueltas o anfractos son apretados o mas unidos que la anterior; conchilla tan alta como ancha.....*Limacina trochiformis*
5. Conchilla con prominentes anulaciones o anillos transversales a lo largo de toda su extensión.....*Hyalocylis striata*
 - 5a. Conchilla sin anulaciones en toda su extensión.....5

- 6. Con abertura redondeada, conchilla de forma conicamente alargada.....7
 - 6a. Con apertura no redondeada, sino en forma de ranura y con espinas laterales.....9
- 7. Longitud máxima de la concha 3 mm. y con unos 35 pliegues o estrías por cada milímetro; los pliegues comienzan desde la parte posterior más o menos a los 0.75 mm.....*Creseis chierchiaie*
 - 7a. Longitud de la concha mas de 3 mm. de longitud.....8
- 8. De forma cónica como una aguja recta, con un ángulo de 14 grados aproximadamente. Contorno gradualmente afinado hacia la parte posterior, donde la constricción que separa la conchilla embrionaria es muy leve.....*Creseis acicula*
 - 8a. De forma cónica, como una aguja recta, con un ángulo de 30 a 40 grados aproximadamente; la constricción que separa la conchilla embrionaria varía de leve a fuerte.....*Creseis virgula*
- 9. Ancho máximo de la concha a nivel de la apertura, que tiene forma triangular, conchilla recta no curvada dorsalmente. Conchilla embrionaria ovalada, puntiaguda en su terminación.....*Clio pyramidata*
 - 9a. Ancho máximo de la concha no a nivel de la apertura, lado ventral abultado.....10
- 10. El labio dorsal de la apertura es grueso, conchilla con espinas laterales cortas; la conchilla embrionaria es redondeada a esférica. Es común que los adultos pierdan su conchilla embrionaria.....*Diacria quadridentata*
 - 10a. El labio dorsal de la apertura no grueso, sino delgado.....11
- 11. Conchilla truncada posteriormente, margen superior de la apertura alargada y se proyecta ligeramente hacia adelante, prolongaciones laterales puntadas. La conchilla embrionaria y la espina caudal, generalmente está ausente en los adultos.....*Cavalonia longirostris*
 - 11a. Conchilla no truncada posteriormente, prolongaciones laterales pronunciadas; el mayor diámetro de la concha se localiza en la mitad inferior; espina caudal curvada dorsalmente y el labio dorsal también fuertemente curvado pero hacia adelante.....*Cavolinia uncinata*
- 12. Pseudoconcha gruesa de aspecto

- gelatinosa, en forma de zapatilla, ahusada, con 3 hileras paralelas de espinas, que tiene una pequeña cavidad donde se aloja el cuerpo; los parapodios están fusionados.....*Cymbulia peroni*
 - 12a. Pseudoconcha generalmente ausente. Cuerpo con dos tentáculos en la región caudal dirigidos posteriormente.....13
- 13. Con musculatura fina en sus parapodios.....*Desmopterus papilio*
 - 13a. Con musculatura gruesa y menos numerosa en sus parapodios.....*Desmopterus gardineri*

HETEROPODOS (*Prosobranquios*)

- 1. Conchilla presente, enrollada, de forma planoespiral o lateralmente comprimida, el organismo puede entrar totalmente dentro de concha; con opérculo.....ATLANTIDAE.....2
 - 1a. Conchilla ausente, cuerpo cilíndrico, con núcleo visceral pequeño, sin tallo, pie en forma de aleta "redondeada" anterior al núcleo visceral.....PTEROTRACHEIDAE..5
- 2. Espira de la concha alta y delgada, ligeramente inclinada, con 5 1/2 vueltas. Opérculo con tubérculos alrededor del núcleo.....*Atlanta turriculata*
 - 2a. Espira de la concha baja.....3
- 3. Conchilla con 3.5 vueltas aproximadamente, la última vuelta relativamente ancha, como su apertura; la carina puede insertarse hasta la penúltima vuelta.....*Atlanta lesueuri*
 - 3a. Conchilla con mas de 4 vueltas.....4
- 4. Con 4.5 a 5.5 vueltas las cuales aumentan progresivamente, la última vuelta es relativamente mas angosta y larga. La base de la carina es de color rojo-café; en caso de que la carina esté insertada es menos de 1/4 de la penúltima vuelta. Del lado interno se nota un umblicus profundo y se cuentan de 3 a 3,5 vueltas.....*Atlanta gaudichaudi*
 - 4a. Con 4,5 a 5 vueltas de las cuales la segunda vuelta es más angosta que las demás, generalmente son de color café-rojizo. No se observa penetración de la carina. Del lado interno se nota un pequeño ombligo o umblicus y se cuentan 3 vueltas.....*Atlanta peroni*
- 5. Tentáculos pre-orales presentes, parte posterior reducida, con una ventosa en el lado anterior de la aleta natatoria.....*Firoloida desmaresti*

SISTEMATICA Y OBSERVACIONES DE LAS ESPECIES DE PTEROPODOS Y HETEROPODOS DE LA COSTA ECUATORIANA

En los pterópodos hay que conocer los períodos de abundancia y escasez; ellos rara vez tienen ritmos independientes, las especies neríticas externas nos indican los fenómenos de difusión de las aguas oceánicas y neríticas. Las especies oceánicas: *Creseis virgula virgula*, v. *conica*, *Hyalocylis striata*, *Diacria quadridentata* y *Cavolinia inflexa*, toleran aguas neríticas (Frontier, 1973).

Familia LIMACINIDAE

Conchilla pequeña y levógira, posee opérculo que se adhiere al lóbulo posterior del pie (McGowan, 1971). La cavidad del manto tiene posición dorsal mientras que la gónada ocupa los primeros anfractos o espiras y mas abajo se encuentra el hepatopáncreas; el pene se localiza dorsalmente entre los parapodios; la boca también está entre los parapodios, rodeada de tres pares de palpos labiales y otra característica es que el tentáculo derecho siempre es de mayor tamaño.

Limacina trochiformis (d'Orbigny, 1836)

A esta especie se la reconoce fácilmente por su forma trochiforme y ser levógira (Keen, 1971), las suturas son ligeramente de color café y tiene aproximadamente 4 1/2 vueltas. El ángulo apical es de 75° a 96° y el labio externo es de color púrpura a café-púrpura o ligeramente café (Tokioa, 1955). También la margen columelar es redondeada, produciendo una abertura mucho mas redonda que *L. bulimoides* (Rottman, 1976).

Según Magaldi, N.H. (1974) *L. trochiformis* se parece a *L. retroversa*, pero *L. trochiformis* es mas chica y el borde columelar es cóncavo no recto; además en el Atlántico son poco abundantes. En la bahía de Campeche ocupa aguas superficiales donde sobrevive y prolifera áreas muy pobladas (Matsubara, 1975).

Parece que esta especie habita en aguas superficiales, ya que Frontier (1973) recomienda que para conocer la abundancia superficial de esta especie se debe calcular a partir del estudio de un ciclo anual completo y que la penetración de *L. Trochiformis* a

la Plataforma Continental es más importante que *L. inflata*, que es una especie estrictamente oceánica y puede penetrar hasta la Plataforma interna (superficialmente).

Se estima que *L. trochiformis* en el Atlántico es poco abundante y los adultos provienen de aguas con 20,6 y 22, 7°C; se considera una especie Circumglobal y tropical entre los 40° Lat. N. y 40° Lat. Sur (Bolvskey, D. 1981). Sin embargo, Spoel (1967, 1970a) la ha encontrado en un rango de temperatura mas amplio, entre 13,8°C a 27,9°C

OBSERVACIONES: En este estudio se ha considerado a *L. trochiformis* como una especie indicadora de aguas tropicales provenientes de la Bahía de Panamá, que al sumarse a la abundancia de otras especies como *C. virgula* y *A. guadichaudi*, *A. peroni*, *A. lesueri* y *C. acicula*, pueden indicar condiciones anómalas en la Plataforma Ecuatoriana.

Durante el Evento "EN" 1992, cuando la intrusión de aguas subtropicales llegaron a la costa ecuatoriana, se observó que esta especie "desaparece"; debido posiblemente al desplazamiento de las aguas tropicales (AST) donde prefiere habitar; se ha visto también que cuando las condiciones en el mar son "estables", disminuye considerablemente su abundancia. Se ha encontrado que también existe una relación de asociación con *A. turriculata*, aunque esta última especie ha sido poco abundante y frecuente en el área estudiada.

Limacina bulimoides (d'Orbigny, 1836)

Conchilla pequeña, mas alta que ancha, de aspecto transparente, de color café claro, con aproximadamente 6 vueltas o anfractos, que se incrementan de forma regular, la suturas son bien marcadas o notorias, en la base de la conchilla poseen un pequeño ombligo. Los parapodios no poseen tentáculos. Según Tesch (1946) el opérculo de *L. bulimoides* es redondeado, delgado y está unido al lóbulo pedal por el lado posterior, además menciona que es una especie común en el mar de los Sargazos.

OBSERVACIONES: En el presente trabajo *L. bulimoides*, es considerada "rara" en la estación fija de la "Libertad" y solamente se ha presentado en condiciones anómalas, en la época "seca" o no lluviosa y cuando *Creseis acicula* ha incrementado su abundancia. Su poca presencia posiblemente se deba a que las muestras son superficiales y esta

especie varía su distribución vertical inversamente con la intensidad de la luz (Morton, 1954 en Matsubara (1975); el mismo autor menciona haber encontrado que la mayor abundancia de *L. bulimoides* se encuentra entre las 01:00 y 04:00 horas.

Familia CAVOLINIDAE

Conchillas rectas o globosas, se caracterizan por no poseer opérculo y porque la concha crece más rápido que el organismo; cavidad del manto de posición ventral. Balancín, Osfradiio y ano del lado izquierdo. Ductos hepáticos y complejo cardio-renal a la derecha (lo contrario que en Limacinidae) (Spoel, V.D. 1972).

Por lo general casi todas las especies de esta familia habitan en aguas superficiales (Tesch, 1948).

Creseis virgula (Rang, 1828)

Conchilla recta, que aumenta progresivamente su diámetros hacia la parte anterior. Se caracterizan porque los parapodios son dorsales a la boca y no hay que confundirse con los Gimnosomados en que los parapodios son ventrales, por esa razón los órganos bucales son muy importantes (Spoel, V. y E. Boltovskoy 1981); además Rotman M. (1976) menciona que los lóbulos tentaculares son prominentes y distintivos.

Tokioka (1955) Considera que *C. Virgula* presenta un ángulo de 40° aprox., en cambio *C. virgula cónica* puede llegar hasta 30 grados. Esto lo confirma Frontier (1965) al mencionar que *C. v. cónica* puede variar al ángulo de la conchilla entre 0° a 30°. Mas tarde, Frontier (1973) estima que *C. virgula* es una especie estrictamente oceánica que tolera las aguas neríticas de la Plataforma Continental exterior.

A *C. virgula* se la considera como una especie típicamente tropical, que en el Atlántico norte tiene un rango aproximado hasta los 30 grados norte (Tesch, 1946). Se ha observado que es una especie de poca profundidad y que el mayor porcentaje es de *C. v. conica* (Tesch, 1948). Esto se explica cuando Frontier (1955) dice que *C.v. virgula* no presenta ciclo nictimeral.

Unos investigadores han encontrado que *C. v. conica* es eurinalina (Chin chen y Be, (1964) en Matsubara, 1975), que la forma cónica se presentó

en mayor número entre las salinidades de 36% a 37% y 23.8 °C a 28.9 °C (Matsubara, 1975), es decir en aguas oceánicas tropicales (AST) y subtropicales (ASS).

Spoel, V. y Boltovskoy, D. 1981 aclaran que *C. v. forma cónica* es cosmopolita entre los 40° Lat. Sur; especialmente en los trópicos. La forma *virgula* es cosmopolita -Semi-nerítica; mientras que la forma *conica* es abundante en los trópicos.

OBSERVACIONES: En el presente estudio se ha considerado a esta especie como indicadora de aguas oceánicas, que puede indicarnos una intrusión de estas aguas en la Plataforma Continental. Un incremento de su abundancia asociada a *L. trochiformis*, nos puede indicar anomalías en la Plataforma continental, pero si se suman otras especies como *H. striata*, *A. peroni* y *A. gaudichaudi*, las condiciones anómalas se incrementan esto se refuerza si se agrega *C. acicula*, pero si disminuye *L. trochiformis* en esta asociación, las condiciones de un Evento "EN" aumentan, debido a la retirada de las aguas tropicales (AST) del norte y por incrementarse la intrusión de aguas subtropicales (ASS) provenientes del Pacífico Sur-oeste.

Creseis acicula Rang

Conchilla con forma de una aguja recta, generalmente la constricción en la base es muy ligera (Frontier, 1963) y las estrias de crecimiento no son visibles al microscopio óptico (Magaldi, 1974). Además de ser la concha larvaria delgada, se reconoce fácilmente a esta especie que en *C. virgula* (Rottman, M. 1976).

En *C. acicula acicula*, la conchilla embrionaria es alargada con el extremo redondeado, la concha es más sólida en la constricción que en el resto de la concha; el angulo que alcanza a tener es de aproximadamente 13.5° ca 14° como en el caso de *C. acicula clava* (Tokioa, 1955).

Su rango ha sido observado hasta los 48° Lat. N. y 40° Lat. S. (Tesch, 1946). Este mismo autor Tesch (1948) observó que la presencia de esta especie era muy regular en el océano Pacífico, entre Japón y San Francisco, encontrado que a *C. acicula* le correspondió el 54% de todos los pterópodos encontrados. Sinembargo algunos autores como Spoel 1967, han encontrado que de las dos formas que existen: *C.a. forma acicula* y *C. a. forma clava*,

la mayor abundancia de organismos pertenecieron a *C. a. forma acicula*.

Frontier (1973) considera que *C. acicula* es abundante en la Plataforma Continental, se reproducen aproximadamente en el área del Talud continental y por esa razón los de mayor tamaño están en la Plataforma continental, mientras que las mas jóvenes se localizan en la parte oceánica; tiene migración nictimeral y durante las épocas del año.

Matsubara 1975 ha encontrado a esta especie delimitada por la isohalina de 36‰ y 28°C, considera que prefieren aguas neríticas y regiones someras, coincidiendo con lo mencionado por Frontier 1993; además, Hida (1957) en Matsubara 1975 ya había considerado a esta especie como INDICADORES BIOLOGICOS de masas de agua subtropicales (ASS) del Pacífico Norte, asociada con *Cavolinia lingirostris* y *Limacina trochiformis*.

Boltovskoy, D. (1981) amplía un poco más el rango de distribución en la latitud norte dado por Tesch 1946 y agrega que *C. acicula* es cosmopolita entre 50° Lat. N. y 40° Lat. S, vive en el Atlántico Sur-Oeste y es poco frecuente, pero tiene preferencia por las aguas tropicales (AST).

Según Hulton, R. 1960 En "Marine Dermatitis" nombra a *C. acicula* como una especie que puede producir pápulas o ronchas que aparecen a las pocas horas de que el bañista sale del agua y predominantemente ocurre en las partes cubiertas por el traje de baño.

Esto se debe por la forma de aguja que tiene la conchilla y no por acción de venenos o toxinas. Esta especie en la costa ecuatoriana (Estación fija La Libertad) es poco abundante; su mayor abundancia, se la ha observado en septiembre/92 y agosto/93 a 10 millas de la costa ecuatoriana cuando no es época de playa.

OBSERVACIONES: En el presente trabajo *C. acicula* ha sido observada como una especie indicadora de condiciones anómalas, cuando aumenta su abundancia y se asocia con *C. virgula* y *L. trochiformis*, indicándonos influencia de aguas oceánicas provenientes del norte mas la mezcla de aguas tropicales (AST), que vienen de la bahía de Panamá.

Antes y durante el Evento EN 1992 su

presencia fue "rara". En el "post-El Niño" /92 se presentó "frecuente" y en otras circunstancias estuvo "abundante", cuando las condiciones anómalas en el mar se incrementaban como en julio y agosto/93, en que esta especie fue una de las mas abundantes junto a otras especies que se sumaron como *H. striata* y *A. peroni* y *L. trochiformis* indicándonos fuertes anomalías en el mar.

Hyalocylis striata (Rang, 1828)

La conchilla es de forma cónica, sin el apex puntudo (Rottman, 1976). Se la reconoce fácilmente por presentar una estructura frágil, transparente y por tener anulaciones a lo largo de su conchilla.

Según Tesch (1948) en un viaje realizado entre Japón y San Francisco recolectó varias veces a esta especie y observó que aproximadamente a 30° Lat. N., llega un pequeño número de organismos, por lo que la considera como una especie típicamente tropical, siendo su extremo los 35° 30' Lat. N. Esta distribución la amplía Spoel y Boltovskoy, D. 198 quienes después de sus investigaciones en Atlántico, consideran a *H. striata* como una especie cosmopolita que vive entre los 40° Lat. N. y 40° Lat. S.

Frontier 1973 también estima que *H. striata*, es una especie oceánica.

Se ha encontrado que coexiste con *Diacria quadridentata*, en el borde de la Plataforma Continental de la Bahía de Campeche, México y se la ha considerado como una especie epipelágica subtropical (Matsubara, 1975).

OBSERVACIONES: En el presente trabajo *H. striata* ha sido considerada como una especie indicadora de aguas oceánicas subtropicales, relacionada con la presencia de el Evento "EN" 1992. Cuando se asocia en forma abundante con *A. peroni*, *A. gaudichaudi* y *C. virgula*; pero, cuando se asocia con *L. trochiformis*, solo indica fuertes condiciones anómalas en el medio marino.

Diacria quadridentata Blainville (Lesuer)

Conchilla globular con estrías dorsales y estriaciones transversales; el labio dorsal o superior de la apertura es mas ancho, las espinas laterales son pequeñas y curvadas caudalmente (Spoel, 1972). Se reconocen los juveniles de esta especie por tener la

conchilla larvaria de forma redondeada, generalmente los adultos pierden la conchilla embrionaria la cual es recta y de forma cónica, quedando solo la forma globosa.

Es una especie de aguas cálidas (Tesch, 1946) muy numerosa en la región tropical, que puede llegar hasta los 30 grados Lat. N. y S., además su tamaño puede variar entre 2 mm. a mas de 4 mm. (Tesch, 1948).

Matsubara (1975) manifiesta que la encontró donde es muy marcada la influencia de aguas oceánicas y afirma que conserva este carácter oceánico soportando una variación amplia.

OBSERVACIONES: *D. quadridentata*, en los cinco años y medio de estudio, solamente en dos ocasiones, se la ha observado, un juvenil en julio/91, cuando comenzaron a manifestarse las primeras anomalías del "Pre El Niño" 1992 y un adulto en julio/95. Se la considera una especie oceánica, que en el presente trabajo no ha tenido importancia como bioindicador pero solo se ha presentado en época no lluviosa o fría.

Cavolinia uncinata (Rang, 1829)

Conchilla de forma globosa, hyalina, con zonas de color café a lo largo de la apertura. Del lado dorsal presenta estrías longitudinales anchas en forma de bandas, mientras que en el lado ventral las estriaciones son transversales que siguen el orden de las líneas de crecimiento; la conchilla embrionaria es curvada dorsalmente y las espinas laterales se curvan caudalmente; su longitud varía de 5.5 a 7.5 mm. y el ancho de 4.0 a 6.6 mm (Spoel, 1972).

Es una especie de regiones cálidas (Tesch, 1946) rara en el Atlántico (Tesch, 1948), considerándose como la zona mas favorable el borde de la Plataforma Continental (Matsubara, 1975)

OBSERVACIONES: *C. uncinata* es una especie "rara" para el área estudiada, no se ha observado relación ni importancia alguna con respecto al Evento EN 1992; solamente se la encontró en Oct/27/93, y en agosto y octubre/94 cuando han existido ciertas anomalías en el mar ecuatoriano y en época no lluviosa o seca y fría.

La única relación que se le ha encontrado a esta especie, es con *Creseis acicula*, quien también

tiene una preferencia por habitar en la zona del Talud continental, coincidiendo con lo expuesto por Matsubara (Op. cit.) y que su presencia en la estación fija nos indicaría un desplazamiento de estas aguas hacia la costa.

Cavolinia longirostris (de Blainville, 1821)

Conchilla pequeña, con el mayor diámetro en la parte posterior, a la altura de las espinas laterales (Spoel, 1972) generalmente la conchilla embrionaria que es de forma cónica, la pierden cuando son adultos; los labios de la apertura son finos, pero el labio superior se prolonga gradualmente, para terminar en punta, lo que le da la forma subtriangular y el nombre de la especie.

Es una especie de aguas cálidas (Frontier, 1966), que puede vivir hasta 500 metros de profundidad (Tesch, 1948); de las cinco formas que existen, la *C. l. forma longirostris* es considerada cosmopolita (Spoel, 1973), que es la especie encontrada en aguas ecuatorianas.

OBSERVACIONES: Se encuentra una especie "rara" para el área de estudio; se la ha observado solamente en agosto/92 y febrero/93 cuando existían anomalías en el mar ecuatoriano y cuando *C. acicula* también se presentó de una forma no usual. Realmente es una especie que ha tenido poca relación con el Evento EN 1992.

DESMOPTERIDAE

Normalmente la pseudoconcha está ausente, es importante observar la musculatura de las aletas o parapodios, los cuales están fusionados como una mejor adaptación a la natación; es característica la presencia de cinco lóbulos en la región posterior y sus dos tentáculos posteriores, también con dirección caudal.

Desmopterus papilio Chun, 1889

Organismo de forma ovalado, cuando sus parapodios están extendidos; su cuerpo o masa visceral es relativamente pequeño con respecto al tamaño de sus aletas, es característica presentar 5 lóbulos en el lado posterior. Según Frontier (1963) esta especie en el océano Indico es rara y su distribución irregular, varió de 1 a 79 individuos. La musculatura de las parapodios es mas fina que las de *D. gardineri*.

OBSERVACIONES: En abril/93 se observó un solo organismo cuando se consideraba que existía una "relativa estabilidad" en el ecosistema marino, después de haberse detectado las anomalías características del "post El Niño/92". En febrero/94, se volvió a encontrar un individuo, pero en abril/94, su abundancia aumentó a 16 organismos, cosa no usual para el área. La presencia no usual de *D. papilio*, nos hace pensar que estábamos frente a un ecosistema marino diferente a lo observado anteriormente y que posiblemente había un cambio en el ecosistema marino o sea un "nuevo período", que podría interpretarse como el de "Relativa estabilidad". Analizando los registros anteriores, se observa que esta especie se presenta después de haber existido "condiciones anómalas" y cuando ciertos parámetros como la temperatura han cambiado y se presentan mas bajas de la media mensual.

Orden MESOGASTROPODA
Familia ATLANTIDAE
Atlanta peroni Lesuer, 1817

Conchilla con 4,5 a 5 vueltas, enrolladas en el mismo plano, no se observa penetración de la carina en las vueltas o espiras (Tesch, 1949). Las espiras son de color rojizo a café con bandas coloreadas de púrpura (longitudinalmente), las que del lado interno presentan un pequeño ombligo o umbilicus y se aprecian solamente tres vueltas (Tokioa, 1955). Su diámetro varía de 1.81 a 3.38 mm (Frontier, 1963), aunque según Tokioa 1955 el diámetro máximo es de 5mm. cuando el organismo alcanza 5,5 vueltas y el ángulo apical varía de 135 a 148 grados. Una característica muy particular es que la segunda vuelta es mas angosta que las demás.

Según Tesch (Op. cit.) en el Atlántico norte *A. peroni* está asociada a *A. gaudichaudi*.

OBSERVACIONES: *A. peroni* ha sido una especie decisiva en la determinación del ecosistema marino en la estación fija "La Libertad", se recomienda estudiarla en asociación con las otras especies. Su abundancia aumentó durante el Evento "EN" 1992, cuando se presentaron otras especies como: *C. virgula*, *H. striata* y *A. gaudichaudi*. Cuando se asocia con *L. trochiformis* indica la presencia de condiciones anómalas, por ser especies no propias del área de estudio. Su presencia en la estación "Fija" nos indica condiciones anómalas las que se intensifican de acuerdo a su abundancia y

tamaño del organismo.

Atlanta gaudichaudi Souleyet, 1852

Conchilla con espira relativamente baja; presenta un color rojo-café en la base de la carina (Tesch, 1949), esta coloración también puede presentarse en la base de las saturas. Usualmente el keel no está insertado, pero en caso de estarlo, este llega solo hasta 1/4 de la penúltima vuelta; el número de espiras, vueltas o anfractos, puede llegar hasta 4 1/4 a 5 1/4. En el lado interno posee un ombligo profundo en algunas especies y se observan de 2 1/4 a 3 1/4 vueltas (Tokioa, 1955).

Según Spoel (1972) se reconoce esta especie por tener larga la última vuelta.

Frontier (1963) menciona que el diámetro puede variar de 1,18 a 3,94 mm. y que esta especie como fitoplancton y microzooplancton, prefiriendo la zona nerítica externa.

OBSERVACIONES: *A. gaudichaudi* antes del Evento "EN"/92 se presentó "raramente", pero en abril/92, cuando estaba en su desarrollo el Evento "EN", aumentó significativamente su abundancia y desde esa fecha hasta la actualidad se ha presentado con mucha frecuencia durante estos cinco años y medio de estudio. Se la ha observado frecuentemente en la estación "fija" en condiciones anómalas y de "relativa estabilidad" del medio marino, como en abril-mayo/93 y 94 donde disminuyó su abundancia, igual que las otras especies. Del análisis realizado se ha observado que también existe una relación de asociación bastante estrecha con *A. peroni*, corfirmándose lo observado por Tesch, 1949. Podríamos considerar a *A. gaudichaudi* como una especie indicadora de condiciones anómalas cuando aumenta su abundancia y está en asociación con *A. peroni*.

Atlanta lesueuri Souleyet, 1852

Conchilla con 3,1/4 vueltas, espira baja, recta o muy ligeramente inclinada, es común que esté coloreada de púrpura, incluyendo el keel o carina, que puede estar insertado mas o menos 1/4 de la penúltima vuelta, ya que es rara que sean blanquecinas y traslucientes (Tokioa, 1955). El ángulo de la espira es de aproximadamente 140 grados (Frontier, 1966).

OBSERVACIONES: *A. lesueuri* ha tenido un comportamiento similar al de *L. trochiformis*, es decir, solo se la ha observado en condiciones anómalas; razón por la cual podría considerarse que en asociación con *L. trochiformis* puede indicar el desplazamiento de aguas tropicales que provienen de la Bahía de Panamá, pero si se suman otras especies como *A. turriculata*, *A. peroni* y *A. gaudichaudi* las condiciones anómalas serían mas fuertes; si se agrega *H. striata*, estaríamos frente a condiciones de un "pre-Niño" y si en estas condiciones baja la población de *L. trochiformis* las condiciones empeoran y posiblemente se presente el Evento EN.

Atlanta turriculata d'Orbigny, 1836

Conchilla con 5 1/2 vueltas, opérculo con tubérculos alrededor del núcleo (Spoel, 1972), la espira es alta, estrecha y fuerte; ligeramente inclinada, de color púrpura o roja-café; puede presentar finas ondulaciones o estriaciones transversales. La parte media del labio interno es de color púrpura; la conchilla tiene del lado externo 5 1/4 vueltas, y se le observa 2 1/4 vueltas del lado interno (Tokio, 1955).

Para Spoel y Boltovskoy 1981 *A. turriculata* es una especie tropical y circumglobal que vive entre los 45° Lat. N. y 40° Lat. S., Tesch, 1949 no la considera cosmopolita.

OBSERVACIONES: *A. turriculata* se hizo presente por primera vez en junio/91, al inicio del "pre el Niño"/92 y solo se la ha observado cuando han existido condiciones anómalas en el mar ecuatorial, asociada a *L. trochiformis* que es considerada en este estudio como una especie indicadora de aguas tropicales provenientes de la bahía de Panamá, de ser así, estaría coincidiendo con lo manifestado por Spoel y Boltovskoy, 1981 al considerarla una especie Tropical.

A. turriculata se ausentó cuando se presentaron condiciones de "relativa estabilidad".

Familia PTEROTRACHEIDAE

Organismos alargados, transparentes, pie en forma de aleta redondeada, sin conchilla calcárea que esté cubriendo el núcleo visceral.

Firoloidea desmaresti Lesueur

Según Aravindakshan, 1977 es una especie dominante en el Océano Indico y que la concentración mas alta esta en la bahía de Bengala; es la mejor adaptada para la vida pelágica; el macho tiene un par de tentáculos frente a los ojos y una ventosa en el borde anterior de la aleta natatoria y un par de apéndices sobresaliendo del lado anterior del núcleo visceral. En la hembra están ausentes estas estructuras. Esta especie ocupa las aguas superficiales.

Según Spoel 1972 en el macho la cola está oculta detrás del núcleo visceral, insertado en el cuerpo y no posee pedúnculo.

OBSERVACIONES: En abril/93 fue la fecha mas significativa para *F. desmaresti*, donde se encontraron 90 individuos; su presencia está relacionada con la primera disminución de las anomalías del "post El Niño" 1992 y el comienzo de una "relativa estabilidad" que duró dos meses aproximadamente. Nuevamente apareció en enero, marzo y mayo/94, cuando se detectó la segunda "Estabilidad relativa" del ecosistema marino, posiblemente esta especie se presente solamente cuando están ocurriendo "cambios" en el ecosistema marino, después de que se hayan presentado condiciones anómalas.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El estudio quincenal y mensual, desde junio/90 hasta la presente fecha, diciembre/95, de los Pterópodos tecosomados y Heterópodos en la estación fija de "La Libertad" ubicada 10 millas costa afuera del mar ecuatorial (Fig. 1), incluye los periodos "no El Niño", "pre El Niño", durante "El Niño" (EN), "post El Niño de 1992" y finalización de "EN" en noviembre de 1995 (Fig. 2).

El período "no El Niño" se caracteriza por la "casi ausencia" de Pterópodos y Heterópodos, presentándose ocasionalmente solo dos especies: *Creseis virgula* y *Limacina trochiformis*. (Fig. 2)

En el período "pre El Niño" (Julio/91-Feb/92) se observó un incremento en la abundancia de *C. virgula* y *L. trochiformis*, quienes dominaron en la población malacológica, se hizo frecuente *Atlanta peroni* y se sumaron *Creseis acicula*, *Hyalocylis striata*, *Atlanta lesueuri* y *Atlanta turriculata*,

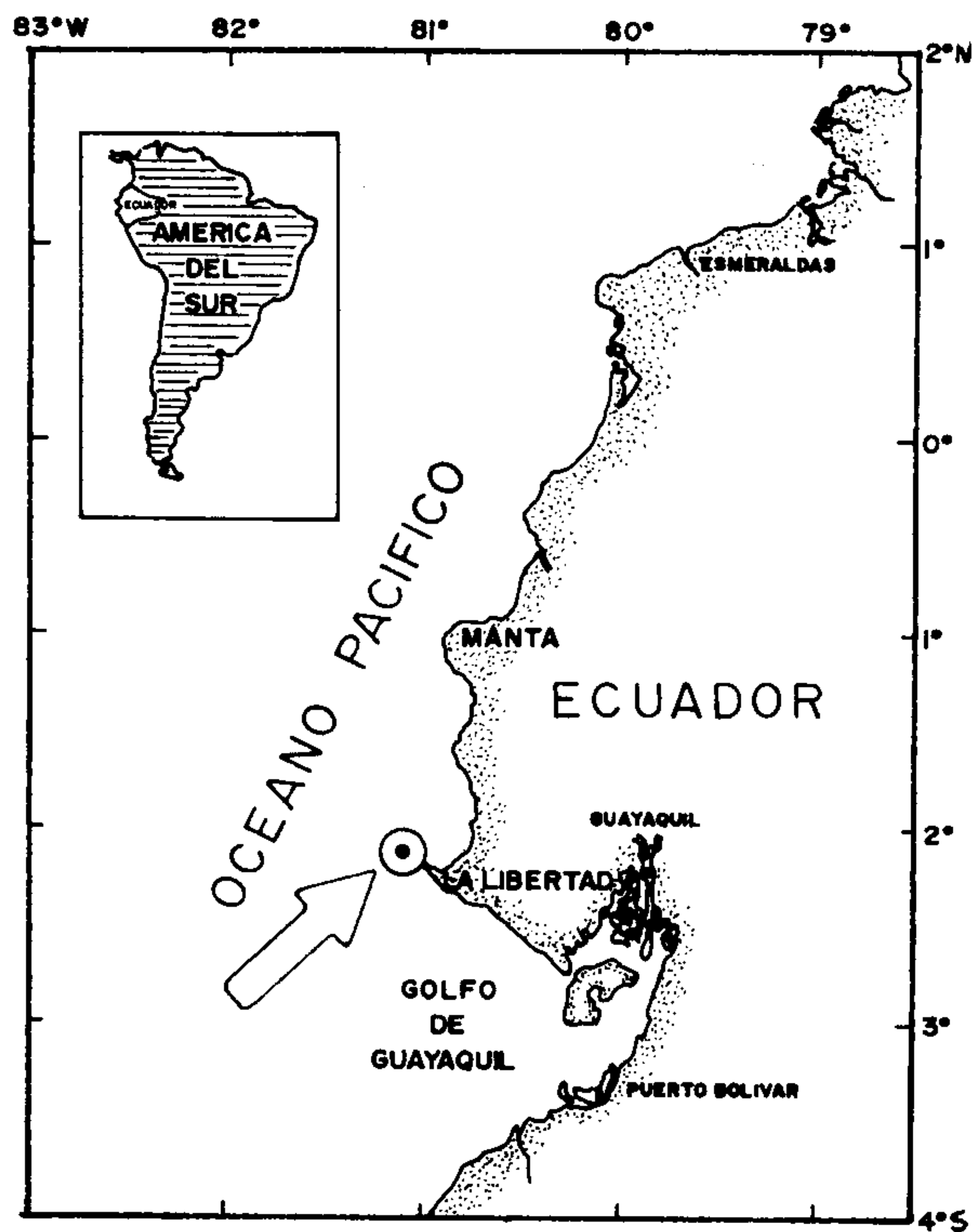


Figura 1. Posición de la Estación Fija de “La Libertad” 10 millas costa afuera del mar ecuatoriano.

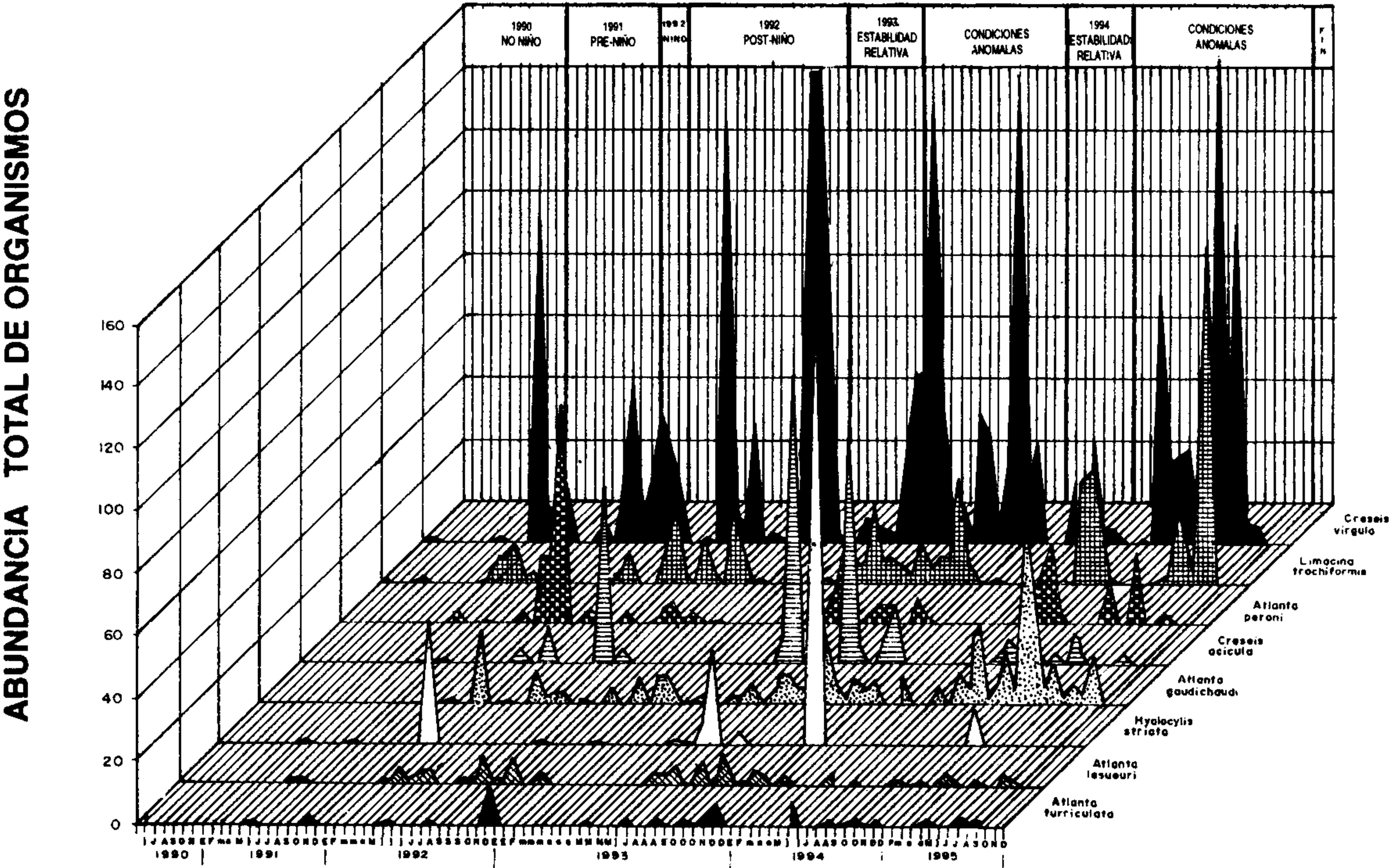


Figura 2. Especies de Pterópodos y Heterópodos (Gasterópodos Planctónicos) de la Estación Fija “La Libertad” a 10 millas de la costa ecuatoriana.

aumentando sorpresivamente la diversidad de 2 a 8 especies de gasterópodos holoplanctónicos en aguas superficiales ecuatoriales (Figs. 2 y 3).

Durante el Evento EN 1992, que alcanzó su punto máximo en los meses de marzo y abril de 1992, se detectó en la estación fija “La Libertad”, la presencia de aguas subtropicales con una temperatura superficial de 28.5 grados centígrados y 33.9% de salinidad (Fig.4 y 5) Se mantuvo la presencia y abundancia de *C. virgula*, aumentó considerablemente su presencia y abundancia *A. peroni*, *Atlanta gaudichaudi* y *H. striata*; también se incrementó *A. lesueuri* y *C. acicula*, mientras que *L. trochiformis* se ausentó (Fig. 2).

mientras que en menor abundancia también estaba presente *A. peroni*, *A. gaudichaudi* y *A. lesueuri*; en menor proporción se presentaron *H. striata* y *A. turriculata*, dándose una situación similar a la del “pre El Niño”/92; esta “condición anómala” se mantiene hasta fines de 1992 y continua hasta febrero/93.

Desde marzo a mayo/93 se observó una “casi ausencia” de los moluscos planctónicos, con una “rara” presencia de *C. virgula*, *A. gaudichaudi*, y ocasionalmente *D. papilio* y *Firoloidea desmaresti*, lo que nos indicaban condiciones oceánicas y una “relativa estabilidad” en el ecosistema marino.

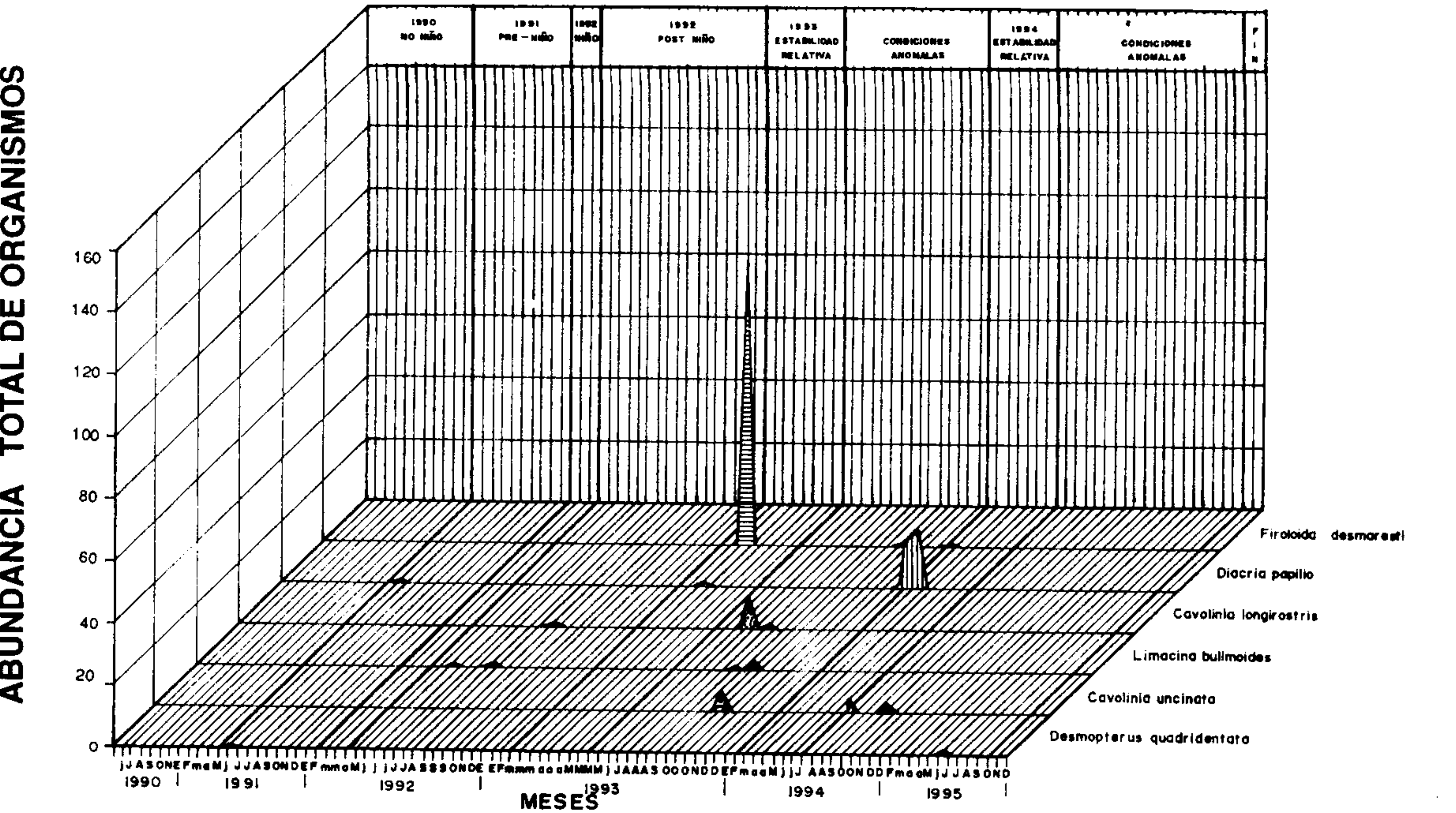


Figura 3. Especies de Pterópodos y Heterópodos (Gasterópodos Planctónicos) de la Estación Fija “La Libertad” a 10 millas de la costa ecuatoriana.

En el período “post El Niño”, comenzó a mediados de mayo/92, con la retirada de las aguas subtropicales y la permanencia de aguas tropicales provenientes de la Bahía de Panamá (Fig.3). Se observó la ausencia de *H. striata* y una disminución en la abundancia de *A. peroni*, *A. gaudichaudi* y *C. virgula*; pero vuelve presentarse *L. trochiformis* y *A. turriculata*. (Fig. 2)

A mediados de junio/92, reaparecen nuevamente 8 especies, incrementando su abundancia *C. virgula*, *L. trochiformis* y *C. acicula*,

En junio/93 comenzaron a incrementarse las anomalías en el mar (Fig.3), observándose nuevamente un aumento en la abundancia de las especies que estuvieron presentes durante “El Niño” 1992, como: *A. peroni*, *H. striata*, *A. gaudichaudi*, *A. lesueuri* y *C. virgula*, pero también estuvo relativamente abundante *L. trochiformis* y *C. acicula*, quienes al sumarse a las especies mencionadas y a otras mas, que por primera vez están relativamente abundantes como *Cavolinia longirostris*, *Cavolinia uncinata* y *Limacina bulimoides*; se interpretaba como la existencia de condiciones fuertemente

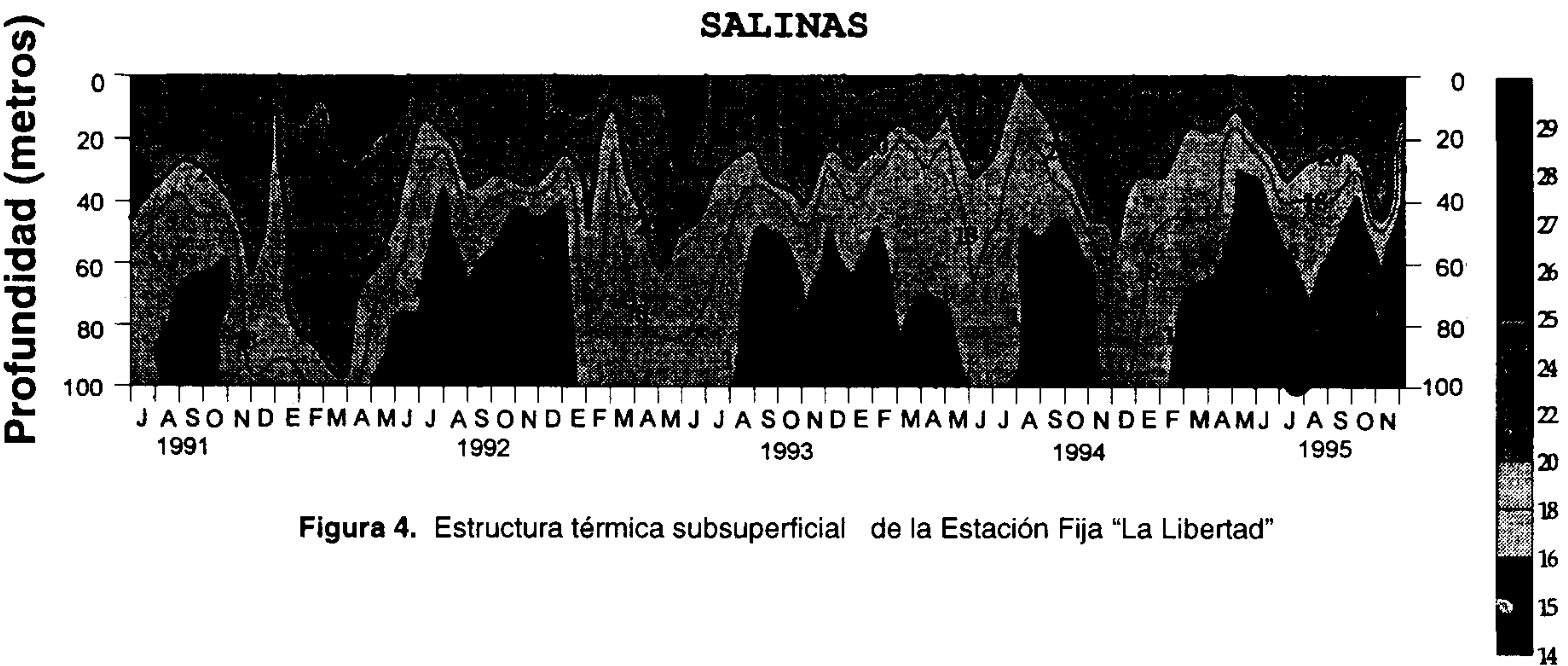


Figura 4. Estructura térmica subsuperficial de la Estación Fija “La Libertad”

anómalas, pero no la presencia de un Evento EN.

Esta “condición anómala” en el ecosistema marino, que tuvo su mayor intensidad entre julio-agosto/93, fue disminuyendo de forma progresiva hasta febrero/94, en que se ha observado de forma escasa a *F. desmaresti*, pero en cambio *D. papilio* ha sido la especie dominante.

Se considera que en febrero/94 ha ocurrido un cambio en el ecosistema marino por la casi ausencia de los moluscos bioindicadores y la dominancia de una nueva especie *D. papilio* que es considerada cosmopolita, circumglobal y de aguas

oceánicas, que durante casi cuatro años de observaciones, se ha mostrado casi ausente, pero por primera vez, ha incrementado su abundancia de 1 a 16 organismos en marzo y abril/94 respectivamente.

Podríamos asumir que en base al análisis de los Pterópodos Tecosomados y Heterópodos, las condiciones anómalas del Evento “EN” disminuyeron en febrero/94 y comenzó una “Estabilidad relativa” donde ciertos parámetros como la temperatura del mar registraba promedios mas bajos de la media mensual, estas condiciones se mantuvieron hasta julio-agosto/94 donde comenzaron nuevamente a observarse el incremento

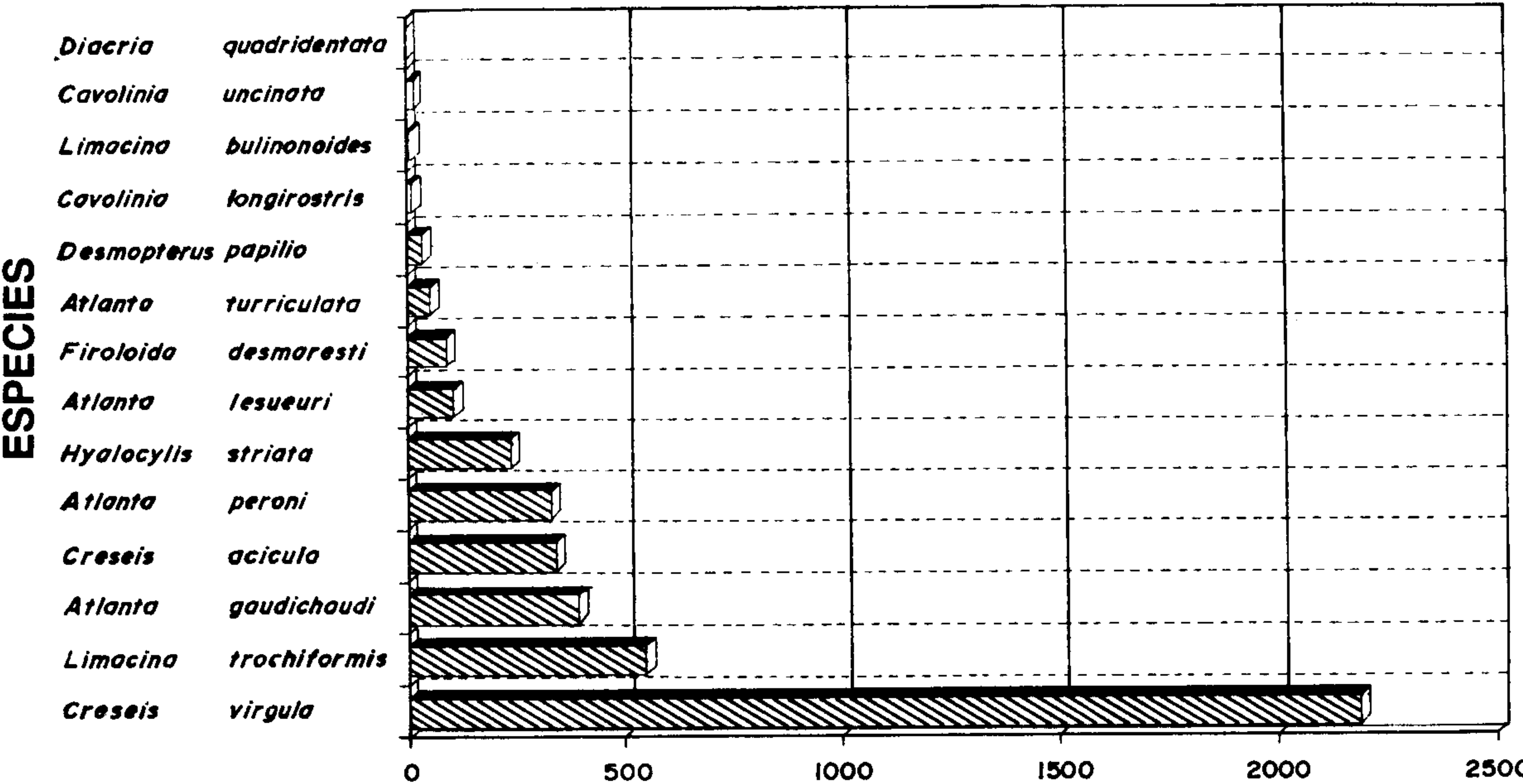


Figura 5. Abundancia total de las especies de Pterópodos y Heterópodo, desde junio 1990 a diciembre 1995

de la diversidad y abundancia de especies de Pterópodos y Heterópodos, comenzando las "condiciones anómalas" que se han observado anteriormente.

Estas condiciones anómalas tuvieron su máximo desde abril a junio/95, disminuyendo paulatinamente las anomalías hasta octubre-noviembre/95. En diciembre todavía se presentan especies de condiciones anómalas, pero su abundancia es mínima y los organismos son juveniles.

Sobre la utilización de las especies de Pterópodos y Heterópodos como bioindicadores tempranos del Evento EN, se considera que debe interpretarse el análisis en base a una ASOCIACION de especies, porque una sola especie puede hacerse presente en "diferentes condiciones" en el ecosistema marino, por lo tanto, darse diferentes interpretaciones; por esa razón, se debe tener en cuenta, con que especie (s) está asociada. El tratar de interpretar ambientes en base de una sola especie, se corre el riesgo de cometer grandes errores. Es importante interpretar si se trata de juveniles o de adultos; si son pocos juveniles puede indicarme "ausencia" o pobreza de esa especie, pero si son muchos juveniles, posiblemente las condiciones son ideales para la reproducción e indicarme el ambiente donde vive esa especie.

CONCLUSIONES

En la estación fija "La Libertad", a 10 millas costa afuera de la costa ecuatoriana, se han encontrado 14 especies de gasterópodos holoplanctónicos, de los cuales 9 son Pterópodos y 5 heterópodos (Fig. 4)

El período "no El Niño", se caracteriza por la "escasa" presencia de Pterópodos y Heterópodos.

El período "pre El Niño", aumenta la abundancia y diversidad de los moluscos holoplanctónicos, con la presencia de *Limacina trochiformis* y puede también incorporarse otras especies como *A. turriculata* y *C. acicula*

Durante el Evento EN aumenta la abundancia y diversidad de los Pterópodos y Heterópodos, principalmente: *A. peroni*, *H. striata*, *A. gaudichaudi* y *C. virgula*, pero están ausentes: *L. trochiformis* y *A. turriculata*.

El período "post El Niño" es similar al "pre El Niño" con la presencia de *L. trochiformis*.

El período "después de El Niño", cuando las condiciones del medio marino son opuestas al Evento EN, es decir, entramos a un período "frío", o de "estabilidad relativa" aparecen especies oceánicas como *D. papilio*, que generalmente son cosmopolitas y se reduce la abundancia y diversidad de especies.

Considerando las distintas épocas y circunstancias en que se han presentado las 14 especies de pterópodos y heterópodos, durante cinco años y medio de estudio (Junio/90 a Diciembre/95, podríamos concluir con una apreciación general, que de ninguna manera es definitiva y total.

ESPECIES OCEANICAS QUE TOLE- RAN AGUAS NERITICAS

Estas especies pueden indicarme intrusión de aguas oceánicas, del Pacífico Central a la Plataforma continental:

Creseis virgula, *Hyalocilis striata*, *Atlanta peroni*, *Atlanta gaudichaudi* y *Atlanta lesueuri*.

ESPECIES OCEANICAS TROPICALES (AST)

La presencia de estas especies, pueden interpretarse como el desplazamiento de aguas tropicales, con alta temperatura y baja salinidad, que provienen del norte del Ecuador y/o de la Bahía de Panamá.

Limacina trochiformis y *Atlanta turriculata*

LEVE INTRUSION DE AGUAS OCEANICAS A LA PLATAFORMA CONTI- NENTAL

Creseis acicula

ESPECIES DE LA EPOCA "SECA" O NO LLUVIOSA (Mayo-Diciembre), QUE SE HICIERON PRESENTE EN CONDICIONES "ANOMALAS".

Limacina bulimoides, *Cavilinia longirostris* y *Cavolinia uncinata*.

ASOCIACIONES DE PTEROPODOS Y HETEROPODOS, CUANDO AUMENTA SU ABUNDANCIA:

1. *L. trochiformis* + *C. virgula* + *C. acicula*: Desplazamiento o intrusión de aguas tropicales del norte o nor-oeste (AST) hacia la plataforma continental.

2. *L. trochiformis* + *C. virgula* + *A. peroni* + *A. gaudichaudi* + *A. lesueuri*: Condiciones anómalas que provienen del Pacífico Central hacia el Ecuador.

3. *C. virgula* + *A. peroni* + *A. gaudichaudi* + *H. striata*: Condiciones fuertemente anómalas con posible presencia de aguas subtropicales (ASS) en la Plataforma continental. Posible Evento EN. A esta asociación puede o no estar presente *C. acicula* y *A. lesueuri*.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Aravindakshan, P.N., 1977. Pterotracheidae (Heterópoda, Mollusca) of the indian ocean from the international indian ocean expedition. Procc. Sympos, warm water zoopl., Nat. Inst. Oceanogr. GUA. pp. 136-145.

Chen & Be, 1964. Seasonal distribution of Pteropods. Bull. Mar Sc. Gulf. Carbi., 14 (2) pp. 194-196.

Croce, D. & S. Frontier, 1966. Thecosomatous Pteropods from the Mozambique Channel. bol. Mus. Deg. Inst. Biol. Univ. Génova. vol. XXXIV, No. 207.

Cruz, M. 1983. Presencia de Pterópodos Tecosomados en el Golfo de Guayaquil, Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol., 2, No. 1, pp. 179-186

Cruz, M. 1983. Pterópodos y Heterópodos del Golfo de Guayaquil, Acta Oceanograf. Pacíf. Vol. 2, No. 2, pp. 569-587.

Dales, R. P. 1957. Heterópoda. Cons. Int. Expl. Mer. Zoopl. Sheet, pp. 1-4.

Fagetti, E. 1958. Dos especies de moluscos planctónicos (Heteropoda) encontrados frente a la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Vol. VIII, pp. 143-147.

Frontier, S. 1963. Presence de *Creseis chierchiae* (Boas) Dans L'Océan Indien. Cahiers O.R.S.T.O.M. Oceanographie, No. 6, (Serie Nosy-Be).

-----1963. Heteropodes et Pteropodes recoltes dans le plankton de Nosy-Be. Cahiers O.R.S.T.O.M. Oceanographie, No. 6.

-----1965. Le probleme des Creseis. Cahiers O.R.S.T.O.M., Oceanographie, III-2

-----1973. Deuxieme liste complementaire des Pteropodes du plankton de Nosy-Be (Madagascar) et notes morphologiques. Cahiers O.R.S.T.O.M. Oceanographie, Vol. XI, No. 3, pp. 253-257.

Keen, M. 1971. Sea shells of Tropical West America; marine mollusks from Baja California to Peru, Second edit., Stanf. Univ. Calif. pp. 1-1064.

Magaldi, N. 1974. Moluscos holoplanctónicos del Atlántico Sudoccidental, I. Pterópodos Eutecosomados colectados por el "Atlantis II" en Marzo de 1971. Com. Soc. Malac. Uruguay, 4 (27): 1-20.

-----1977. Moluscos holoplanctónicos del Atlántico sudoccidental, III. Heterópodos y Pterópodos de aguas superficiales brasileñas y uruguayas. Com. Soc. Maalac. Urug. Vol. IV, No. 33, pp. 295-323.

Matsubara, J.A., 1975. Sistemática, distribución, abundancia y relaciones ambientales de los pterópodos tecosomados de la Bahía de Campeche, México. Tesis profesional Univ. Auton. México. Fac. CC., Tabla I. Fig. 10, pp. 51.

- McGowan J. A. 1971.** The Thecosomata and Gymnosomata of California. Veliger, Vol. 3, Supplement.
- Phillips, R. 1957.** Heteropoda. Cons. Int. Expl. Mer., Zooplankton. Sheet 66.
- Rottman, M. 1976.** Euthecosomatous pteropods (Mollusca) in the Gulf of Thailand and the South China Sea: Seasonal distribution and species associations. Naga Report, Vol. 4, part. 6, pp. 82-95.
- Spoel, V D. 1962.** Notes on some pteropoda describen by J. J. Tesch. Basterias, Vol. 26, No. 1 en 2.
- 1972. Pteropoda thecosomata. Cons. Int. Expl. Mer. Zoopl., Sheet 140-142, No. 8.
- Spoel, V.D. y D. Boltovskoy, 1981.** Atlas de Zooplankton del Atlántico Sudoccidental, Pteropoda. Publ. Esp. INIDEP. Mar del Plata, Argentina, pp. 493-531.
- Tesch, J. J. 1946.** The thecosomatous Pteropods. I. The Atlantic. Dana Report. No. 28, pp.82.
- 1948. The thecosomatous Pteropods. II. The Indo-Pacific. report, No. 30, pp. 1-45, pl. 3.
- 1949. Heteropoda. Dana report, No. 34, pp. 153, pl. 1-V.
- Thiriot- Quievreux, C. 1973.** Heteropoda. Oceanogra. Mar. Biol. Ann. Rev., 11. 237-261.
- Tokioka, T. 1951.** Droplets from the plankton net. Seto. Mar. Biol. Lab., I. (4) pp. 183-184.
- 1955. Shells of ATLANTIDAE (Heterópoda) collected by the Maru in the Southern water of Japan. Publ. Seto. Mar. Biol. IV (2-3) p. 17-18, fig. 10.
- 1955. On some plankton animals collected by the Syunkoyu.

BIOENSAYO DE TOXICIDAD (CL50) DEL DISPERSANTE DE PETROLEO BP 1100 WD, CON FITOPLANCTON MARINO (*Tetraselmis sp*)*

Por: FRANCISCO VILLAMAR F.⁽¹⁾

RESUMEN

Se realiza este estudio para evaluar el grado de toxicidad del dispersante de petróleo BP 1100 WD mediante un bioensayo en condiciones de laboratorio y de esta forma obtener la concentración media letal (CL50), utilizando para esta finalidad microcélulas del fitoplancton (*Tetraselmis sp.*), provenientes del Golfo Guayaquil.

Los valores de toxicidad son obtenidos mediante el método bioestadístico de Bliss y se los presenta en la Tabla I.

El resultado obtenido del CL50 = 2.08 PPM
 Varianza del log. de CL50 = 0.0175959
 Desviación estándar = ± 1.04 PPM

El χ^2 (X^2) = 5.1598, cuyo valor obtenido es menor al de la tabla de Pearson, por esta razón se acepta la hipótesis planteada al existir homogeneidad en la población ensayada y el valor del CL50 es válido estadísticamente.

El valor de la curva de mortalidad fue el siguiente: $y' = 5.076 + -(1.7679)(X-0.2760)$

Además, se realizó el cálculo gráfico aritmético (Fig. 2) y el cálculo gráfico logarítmico (Fig. 3).

En base a las probabilidades empíricas de los porcentajes de mortalidad y a los logaritmos de las concentraciones, se graficó la curva provisional de mortalidad de las células del fitoplancton marino (*Tetraselmis sp*)

ABSTRACT

This study was made in order to evaluate the degree of toxicity of the BP 1100 WD petroleum dispersant, through a bioassay under laboratory conditions. The half-lethal concentration (CL50) was obtained in this way. For this purpose, microcells of the Tetraselmis sp. from the Gulf of Guayaquil were used.

The values obtained through the Bliss statistical method are shown in Table I.

*The result of CL50 = 2.08 PPM. Standard error = ± 1.04 PPM
 The variance of CL50 = 0.0175959*

The value of χ^2 (X^2) was 5.1598, whose value is less than Pearson's table. For that reason, we accept the hypothesis of the existence of homogeneity in the sampled population and the value of CL50 is statistically valid.

*The value of the mortality curve was:
 $y' = 5.0736 \pm (1.7679)(X-0.2760)$*

Furthermore, arithmetic graphic calculation and logarithmic calculation were performed.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada. P. O. Box 5940. Guayaquil, Ecuador

* Presentado en las XVIII Jornadas Ecuatorianas de Biología en noviembre 1994, Ambato, Ecuador.

Based on the empirical probabilities of the mortality percentages and the logarithms of concentrations, a provisional mortality curve was drawn for the cells of the marine phytoplankton Tetraselmis sp.

INTRODUCCION

Los bioensayos de toxicidad con agentes contaminantes en organismos vivos bajo condiciones de laboratorio, se han incrementado en estos últimos tiempos debido a la brevedad con que se obtiene la información sobre las dosis letales y subletales (CL50) que afectan negativamente a los organismos vivos en los ambientes marinos y estuarinos.

A causa de la complejidad del medio ambiente marino y de las comunidades biológicas que lo integran es difícil establecer el grado de deterioro que afecta a las especies o comunidades marinas. Por esta razón es conveniente realizar bioensayos utilizando organismos vivos en condiciones controladas de laboratorio. Sin embargo, el objetivo primordial de un bioensayo es reflejar la realidad de como afectaría a los organismos vivos en su medio natural y para ello es necesario paralelamente investigar continuamente las comunidades marinas en su propio hábitat.

Actualmente el Instituto Oceanográfico de la Armada cuenta con un sistema de acuarios con agua circulante que permite mantener en condiciones controladas especies vivas de peces, crustáceos, equinodermos, etc. Además, cuenta con un laboratorio de cultivos de microcélulas del fitoplancton marino utilizado en el presente trabajo (*Tetraselmis sp.*) con muestras provenientes del Golfo de Guayaquil.

Se han seleccionado microcélulas del fitoplancton porque estas pueden cultivarse en recipientes pequeños, manteniendo millones de células por litro y primordialmente porque estos microorganismos son los responsables de la fertilidad marina, ya que directa o indirectamente toda la vida del mar, depende de la producción del fitoplancton.

El presente estudio se considera de carácter preliminar especialmente en lo referente al cálculo de la concentración media letal (CL50), de esta manera se avalúa el grado de toxicidad del dispersante de petróleo BP 1100 WD considerado como agente contaminante cuando se lo utiliza para dispersar manchas de petróleo regado en el mar. Con

esta información se establece el impacto potencial que puede producir este dispersante en el medio ambiente marino.

La aplicación del método bioestadístico de Bliss (1935-38) en Stora (1974) para la realización de los bioensayos hace posible obtener un análisis homogéneo de la población muestreada y valores correctos de la concentración media letal (CL50), asimismo los límites de confianza (95%) de los valores obtenidos. Reportándose datos de concentraciones cuya toxicidad tiene valores del 50% de mortalidad.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se lo realizó en los laboratorios del Instituto Oceanográfico en junio de 1994. El dispersante de petróleo BP 1100 WD utilizado en este bioensayo fue proporcionado por la Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER).

Se aplicó la metodología de Bliss (Stora, 1974) considerada básica en las pruebas de toxicidad, la misma que fue utilizada por Villamar (1990) con larvas de camarón *Penaeus vannamei*.

Los contajes celulares y los cultivos con células de *Tetraselmis sp.* fueron proporcionados por el laboratorio de cultivo de fitoplancton de la División de Biología del INOCAR. *Tetraselmis sp.*, son organismos que pertenecen al Phylum CHOROPHYTA, Subdivisión Chlorophyceae y al Orden Volvocales. Microcélulas que miden entre 5 y 8 micras de diámetro.

El inóculo en este experimento fue obtenido en la fase de crecimiento exponencial, utilizando el medio de cultivo de Guillard en Stein (1973), el mismo que se fundamenta en agua de mar enriquecida con nutrientes y vitaminas, adecuado para el crecimiento de las microcélulas marinas y además, siguiendo el método recomendado por la FAO-IAEA para experimentos de toxicidad con organismos del fitoplancton y zooplancton (UNEP, 1989).

Del cultivo stock o madre se tomaron 20 ml y se inocularon en 180 ml. del medio de cultivo Guillard obteniéndose una concentración de 10.000 cel./ml., más las equivalentes diluciones del dispersante de petróleo que tuvieron las siguientes concentraciones: 5.6-3.2-1.8-1.0-0.56 PPM. (Partes por millón).

El experimento que se inició con una concentración de 10.000 cel./ml. proveniente del cultivo stock, alcanzó en 96 horas una concentración de 62.000 cel./ml., inóculo que serviría como el respectivo cultivo de control, sin el dispersante de petróleo.

Durante el desarrollo del bioensayo se contabilizó a través del conteo celular cada 24 horas, el crecimiento o la mortalidad del cultivo de fitoplancton y de la misma manera la temperatura del ambiental.

Para el conteo inicial de las células y durante 4 días de experimentación se utilizó la cámara hematocitómetro de Neubauer que tiene 0.1 mm. de profundidad, observados con un microscopio compuesto de luz.

RESULTADOS

En todos los cultivos que fueron sometidos a las diferentes concentraciones del dispersante de petróleo, se observó que el contaminante ejerció una inhibición al crecimiento de las células especialmente en las primeras 48 horas del inicio del experimento (Fig. 1) De la misma manera se ha determinado que el efecto del dispersante de petróleo fue más negativo en el crecimiento celular a medida en que se incrementaban las concentraciones de contaminante.

Cabe mencionar que en todas las concentraciones celulares expuestas al dispersante existió una franca mortalidad, valores que si los comparamos con el inóculo y el crecimiento normal del respectivo control son fáciles de observar su magnitud. (Fig. 1)

A los datos obtenidos mediante este experimento se le aplicó el método bioestadístico de Bliss, mediante el cual se obtuvo como resultado que el

$$CL50 = \log. 0.3176 = 2.8 \text{ PPM}$$

$$\text{Varianza del log. de CL50} = 0.0175959$$

Desviación estándar $= \pm 1.04$ PPM (Tabla 1)

El valor obtenido de $X^2 = 5.1598$ es menor al valor esperado en la tabla de Pearson et. al. (1958) con n-2 grados de libertad y 95% de confianza. Por lo tanto se acepta la hipótesis de los resultados obtenidos del CL50, por existir homogeneidad en la población y es válido estadísticamente.

El valor obtenido de la curva de mortalidad es:

$$y' = 5.0736 \pm 1.767979 (X - 0.2760)$$

Además, se realizó el cálculo aritmético y dio como resultado el $CL50 = 2.7$ PPM. (Fig. 2); el cálculo gráfico logarítmico con resultado de $CL50 = \log. 0.35 = 2.23$ PPM (Fig. 3)

Además, se trazó la curva provisional de mortalidad para *Tetraselmis sp.* en base a los logaritmos de las concentraciones y las probabilidades empíricas de los porcentajes de mortalidad, obtenidas en las Tablas de Bliss (Fig. 4)

CON- CEN- TRA- CION PPM	INOCULO DE CELULAS CONTROL 96 h	NUMERO DE CELULAS CONTROL 96 h	CRECI- MIENTO	MORTA- LIDAD	CRECIMIENTO %	% MORTALIDAD	LOGARITMO DE LAS CONCENTRA- CIONES	PRO- BITS EMPI- RICOS	PRO- BITS PROBA- BLES	PRO- BITS CORRE- GIDOS	W	W X	W Y	WXY	WX ²	WY ²
0.56	1 X 10 ⁴	6.2 X 10 ⁴	48.800	13.200	79	21	-0.2518119	4.194	4.23	6.1539	5.113	-0.7957	19.5082	4.8966	0.1997	120.0517
1	1 X 10 ⁴	6.2 X 10 ⁴	45.000	17.000	72	28	0.000	4.417	4.48	5.6786	5.7638	0.000	20.2926	0.0000	0.0000	115.2348
1.8	1 X 10 ⁴	6.2 X 10 ⁴	35.000	27.000	56	44	0.2552725	4.849	4.73	5.1632	6.1949	0.9889	20.0000	5.1060	0.2525	103.2636
3.2	1 X 10 ⁴	6.2 X 10 ⁴	30.000	32.000	48	52	0.5051499	5.050	4.97	3.7452	6.3591	1.9914	14.7660	7.4583	1.0059	55.3015
5.6	1 X 10 ⁴	6.2 X 10 ⁴	28.700	33.300	46	54	0.7481880	5.100	5.21	4.8943	6.2627	2.9052	19.0039	14.2187	2.1736	93.0109
											18.4427	5.0898	93.5709	21.8865	3.6317	486.8627

$\bar{X} = 0.2760$ $\text{Log. CL } 50 = 0.3176 = 2.08$

$\bar{Y} = 5.0736$

$b = 1.7680$

$X^2 = 5.1598$ $V(\text{Log. CL } 50) = 0.0175959 = 1.04$

$\text{LC } 50 = 2.08 \pm 0.04 \text{ PPM}$

ECUACION DE LA CURVA DE MORTALIDAD: $Y = 5.0736 + -1.767979 (X - 0.2760)$

TABLA I. Tabulación de los datos obtenidos mediante la prueba de toxicidad por el método de Bliss, con células de fitoplancton (Tetraselmis sp.) después de 96 horas de exposición al dispersante de petróleo BP 1100 WD

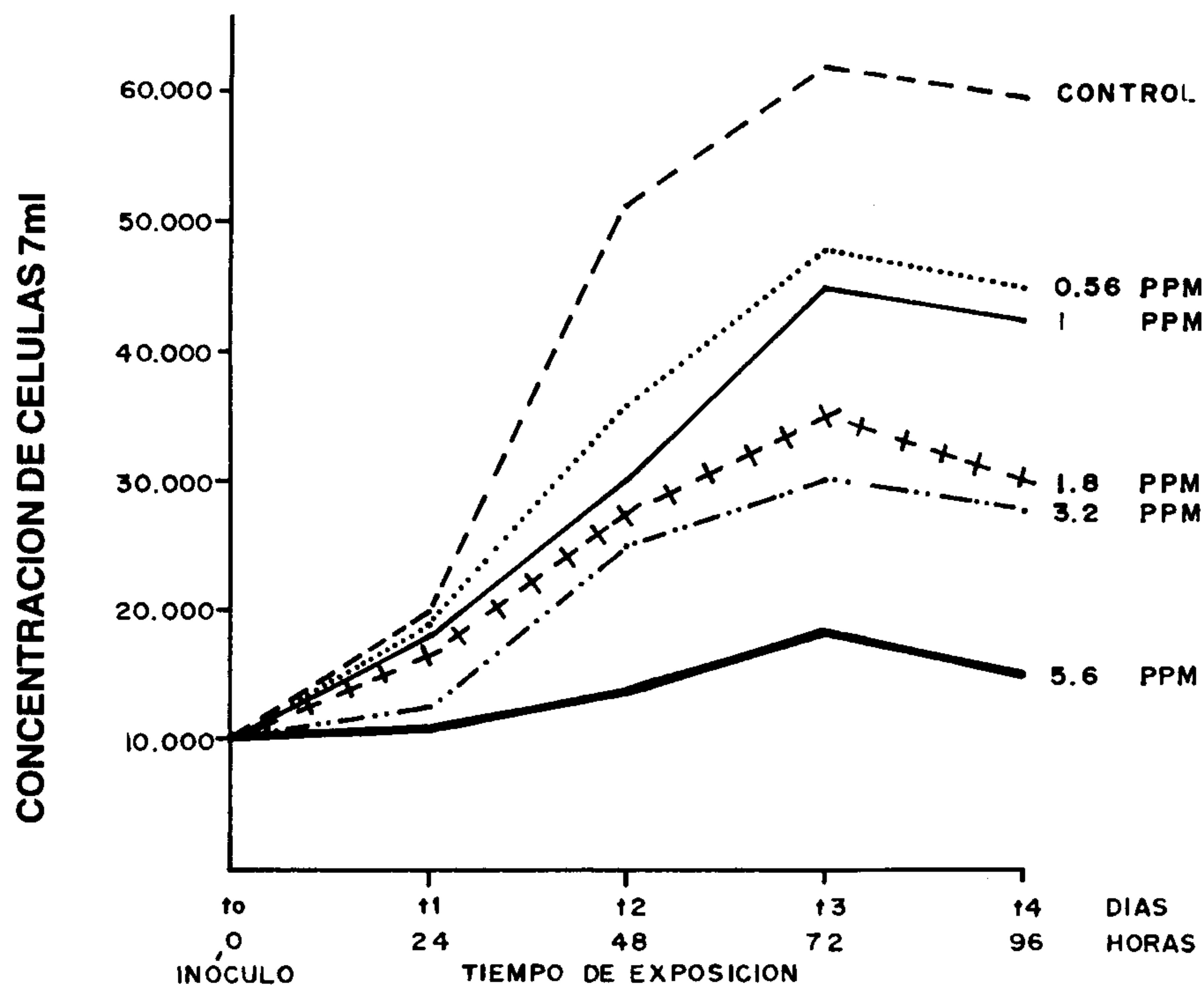


Figura 1. Prueba de toxicidad con fitoplancton (*Tetraselmis sp.*) presentando el número de células por ml. después de 96 horas de exposición al dispersante de petróleo BP-1100-WD.

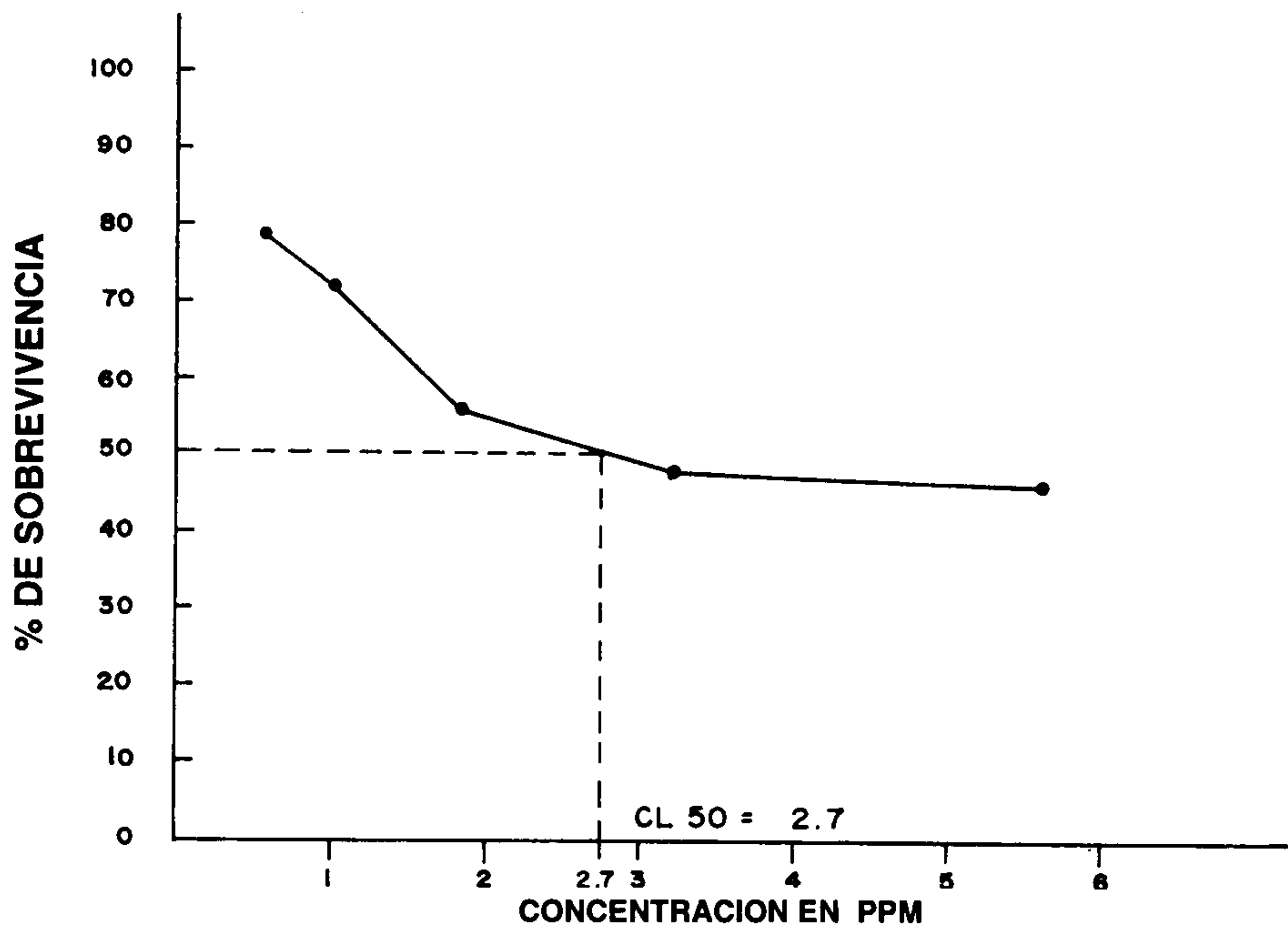


Figura 2. Cálculo del CL50-96h. Método aritmético para *Tetraselmis sp.*

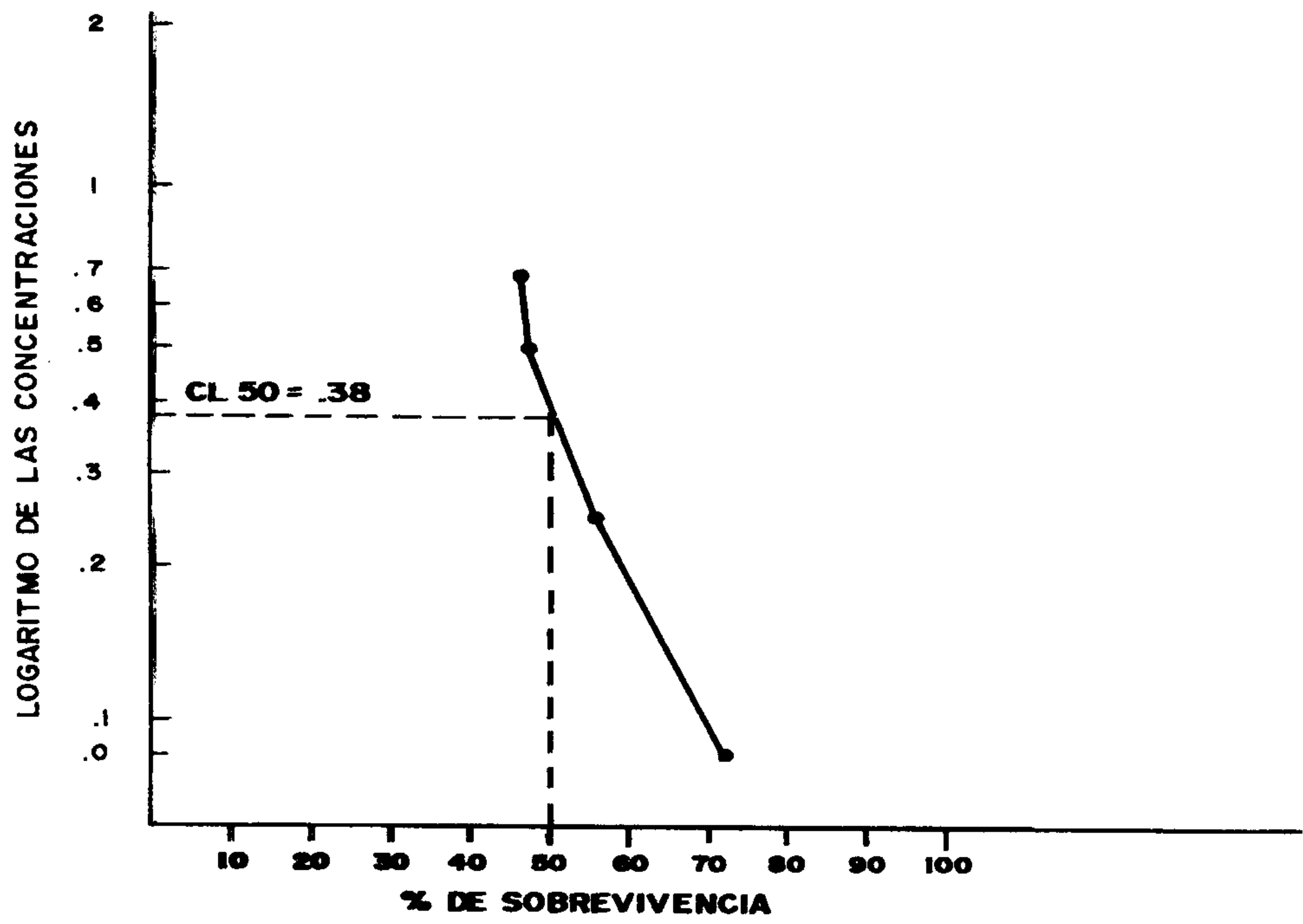


Figura 3. Cálculo del CL50-96h. Método gráfico logaritmo para *Tetraselmis sp.*

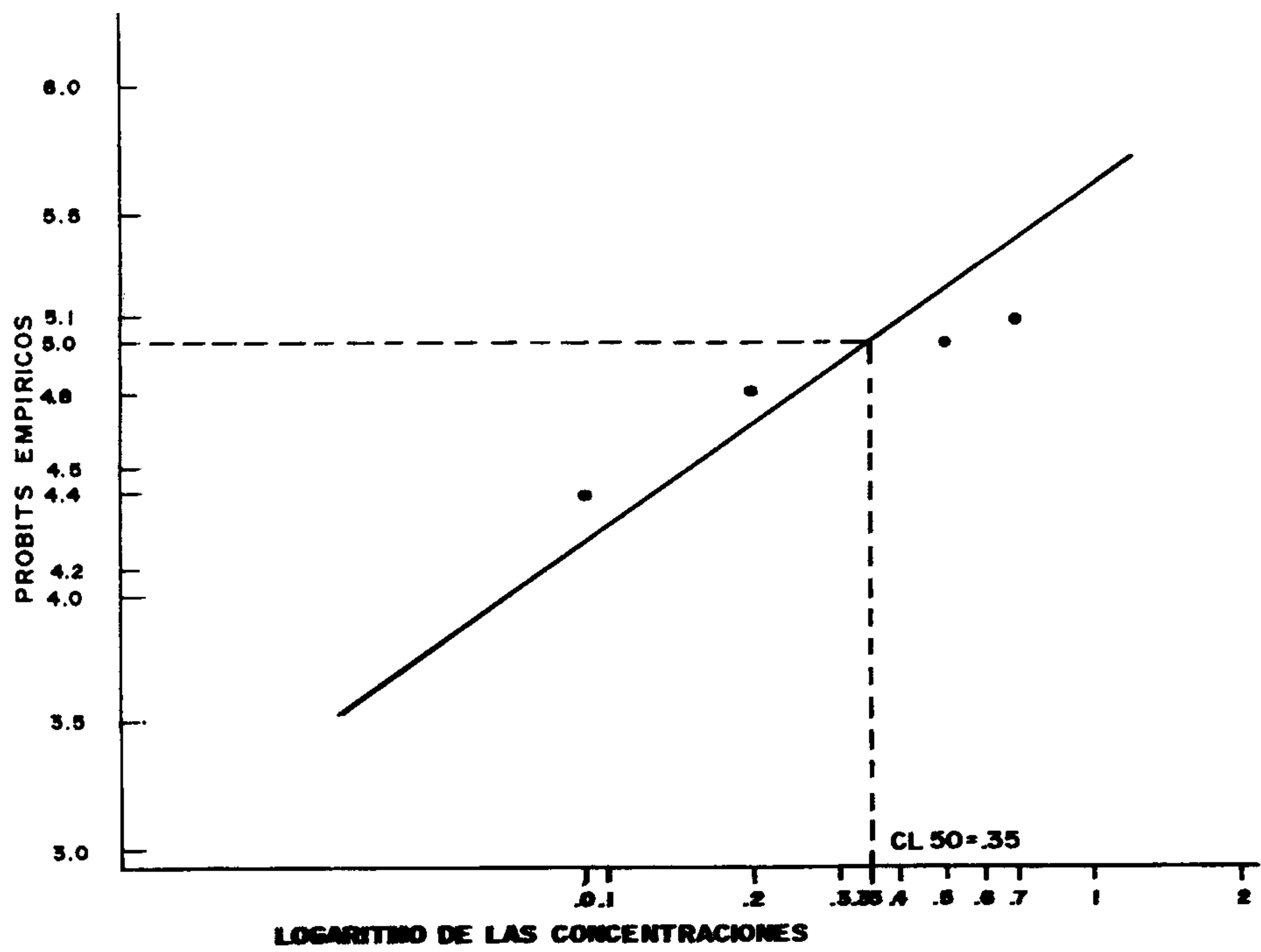


Figura 4. Curva provisional de mortalidad para *Tetraselmis sp.*

CONCLUSIONES

El presente bioensayo tiene el carácter preliminar, se recomienda en el futuro llevar a cabo pruebas de toxicidad con otras especies de células del fitoplancton, así también con especies de animales del zooplancton marino.

De esta prueba se puede determinar que el dispersante de petróleo al ponerse en contacto con las células del fitoplancton (*Tetraselmis sp.*) impide su desarrollo natural e inhibe en forma franca su crecimiento debido principalmente a la concentración y permanencia del contaminante.

Se concluye que el poder de toxicidad del dispersante no es tolerable para los organismos del fitoplancton aún en las concentraciones más bajas (0.56 PPM). Además, se comprobó que los efectos letales estuvieron en todas las diluciones y las subletales en las concentraciones más bajas. Esta observación demuestra que es posible la recomendación del dispersante estudiado pero en

concentraciones menores a 1 PPM y solamente en los casos de extrema necesidad o emergencia, especialmente cuando ocurre un derrame de petróleo en el mar y áreas adyacentes.

Este dispersante es recomendado también por la COI (Comisión Oceanográfica Intergubernamental) y puede usarse por su baja toxicidad, especialmente si lo comparamos con otros dispersantes como Petrolite W 923 y gulf Agent 1123 que son conocidos como agentes tóxicos. (Nagel, et.al., 1974)

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer al señor Director y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, por el apoyo que siempre han brindado para la realización de este tipo de trabajo científico. Al Sr. Víctor Mesías por la diagramación de las tablas y figuras aquí presentadas y, a mis colegas a cargo de los cultivos de fitoplancton por el apoyo brindado en esta investigación

BIBLIOGRAFIA

Nagell, B., M. Notini y O. Grahn, 1974. Toxicity of four oil dispersants to some animals from the Baltic Sea. Mar. Biol. 28 (4): 237-243.

Pearson, e. y H. Hartley, 1958. Biometrika tables for statisticians. 1. London, Cambridge University Press, 2nd. ed: 240 p.

Stein, J., 1973. Handbook of phycological methods, Culture Methods & Growth Measurements. Cambridge at the University Press: 448 p.

Stora, G., 1974. Computation of letal concentrations. Mar. Biol. Bul. 5 (5): 69-71.

UNEP/FAO/IAEA, 1989. Estimation of the toxicity of pollutants to marine phytoplanktonic and zooplanktonic organisms. Reference Methods for Marine Pollution Studies. (4): 1-24.

Villamar, F., 1990. Bioensayo para calcular el CL50 del dispersante de petróleo BP 1100 WD con larvas de camarón *Penaeus vannamei*. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador, 6 (1): 73-78.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LOS ORGANISMOS PERFORADORES DE MADERAS EN LA ISLA BALTRA, ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS, ECUADOR*

Por: MANUEL CRUZ P.⁽¹⁾

RESUMEN

En la Isla Baltra, entre abril a agosto/89 se pusieron once tipos de diferentes maderas expuestas al medio marino, habiéndose encontrado 7 (siete) organismos que degradaron la madera, de los cuales 6 son moluscos bivalvos: *Bankia carinata*, *B. gouldi*, *Lyrodus medilobata*, *L. pedicellatus*, *Teredo bartschi*, *T. furcifera* y un Isópodo del género *Limnoria*.

De los Bivalvos perforadores, *T. furcifera* ha sido la especie más abundante y frecuente, seguida de *L. pedicellatus*.

Las especies ovadas que se encontraron fueron: *T. furcifera*, *L. pedicellatus*, *L. medilobata* y *T. bartschi*, de las cuales *T. furcifera* se presentó como la mas abundante y frecuente. La madera que presentó el mayor número de hembras con huevos fue el Laurel.

De los once (11) tipos de maderas expuestos al medio marino, las menos degradadas o "resistentes" en su orden fueron: Moral, Chanul, Laurel, Alcanfor y Palo de Vaca, mientras que las mas degradadas que se consideran "no recomendables" para construir estructuras que estén expuestas al medio marino son: Nato, Mangle, Tillo, Figueroa, Guayacán y Fernan Sánchez.

Al isópodo *Limnoria sp.* se lo encontró degradando a tres de los once tipos de maderas: Al Laurel, Tillo y Fernan Sánchez, siendo en el Laurel donde se encontró el mayor número de isópodos.

ABSTRACT

In Baltra island, between april to august/89, eleven different types of woods were deposited on the bottom of the sea and exposed to the effect of boring mollusks; seven organisms were founded: Bankia carinata, B. gouldi, Lyrodus medilobata, L. pedicellatus, Teredo bartschi, T. furcifera and one Isopoda which belongs to the genus Limnoria.

Of all boring mollusks T. furcifera was the most abundant and frequent, being in second place was L. pedicellatus.

The female species with eggs were: T. furcifera, L. pedicellatus, L. medilobata and T. bartschi, of which T. furcifera was the most abundant and frequent. The wood that showed the highest number of female with eggs was the Laurel.

Of the eleven different types of wood exposed to the marine environment, the less damaged or more resistant were: Moral, Chanul, Laurel, Alcanfor y Palo de Vaca, while that the woods more degraded and which are not good for use in a construction of piers and boats that are exposed to the marine environment are: Nato, Mangle, Tillo, Figueroa, Guayacan y Fernan Sanchez.

The Isopodos Limnoria sp. was observed infesting three of the eleven types of diferents woods which were: laurel, Tillo y Fernan Sanchez. In the Laurel wood the highest number of isopada was observed.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, P. O Box 5940. Guayaquil-Ecuador

* Trabajo presentado durante el Seminario Científico-Técnico de Galápagos, en Guayaquil del 25 al 26 de octubre de 1995

ANTECEDENTES

En el Pacífico Sudeste de Sudamérica existen pocos trabajos realizados sobre moluscos incrustantes. En Chile Stuardo, J. et. al., (1970) trabajó con maderas no tratadas y encontró una sola especie *Bankia martensi*.

Keen, M. 1971 En su trabajo Sea Shell of Tropical West America, que incluyen los moluscos desde Baja California hasta el norte del Perú, solo reporta al género *Nausitora* para el Ecuador.

En la costa Atlántica de Sudamérica Calvo, G. (1984) encontró en el Uruguay que *Teredo bartschi* fue la especie mas dominante.

En el Ecuador las investigaciones de los moluscos perforados de maderas comenzaron en 1985 y después de un año de observaciones; Cruz, M. 1986 da a conocer los moluscos incrustantes en maderas no tratadas en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval (Ecuador) en el cual se refiere al daño que ocasionan estos moluscos y encontró que las maderas menos "atacadas" o degradadas fueron el Laurel, Moral y Palo de Vaca, mientras que el mangle resultó muy degradado o inservible, recomendando no utilizar la madera mangle en la construcción de estructuras que estarían expuestas al medio marino. Cruz, et. al., 1987. En su estudio de los moluscos Bivalvos

perforadores de la madera (mangle) en la costa ecuatoriana encontró que 12 especies infestan a esta madera, de las cuales 11 son primeros registros para el Ecuador, ampliando su distribución; dos años más tarde, Cruz, etc. al., 1989, en su estudio comparativo de los moluscos perforadores de las maderas mas resistentes (Laurel, Moral y Palo de Vaca) y la mas "atacada" (mangle) en la costa ecuatoriana, reporta 13 especies de moluscos perforadores para la costa continental y la presencia del Isópodo del género *Limnoria* para el puerto de Manta, el cual degradó al Mangle, Moral y Palo de Vaca, menos al Laurel.

Torres, G. 1990 menciona al género *Limnoria* sp. como si fuera el primer registro dado a conocer para el Ecuador y dice que se presentó en los puertos de: Ayora, Baltra y Baquerizo, en Galápagos.

Cruz, M. 1992 en su trabajo sobre Moluscos incrustantes de maderas en el mar ecuatoriano, reporta 14 especies de moluscos perforadores de las cuales 13 pertenecen a la familia TEREDINIDAE y una a la familia PHOLADIDAE.

MATERIALES Y METODOS

En abril/89 en la zona infralitoral a 2 metros de profundidad aproximadamente, se depositaron 11 bloques o paneles de diferentes tipos de maderas ensartadas con un cabo de nylon y amarradas con un peso (Fig A) Los bloques de maderas se marcaron

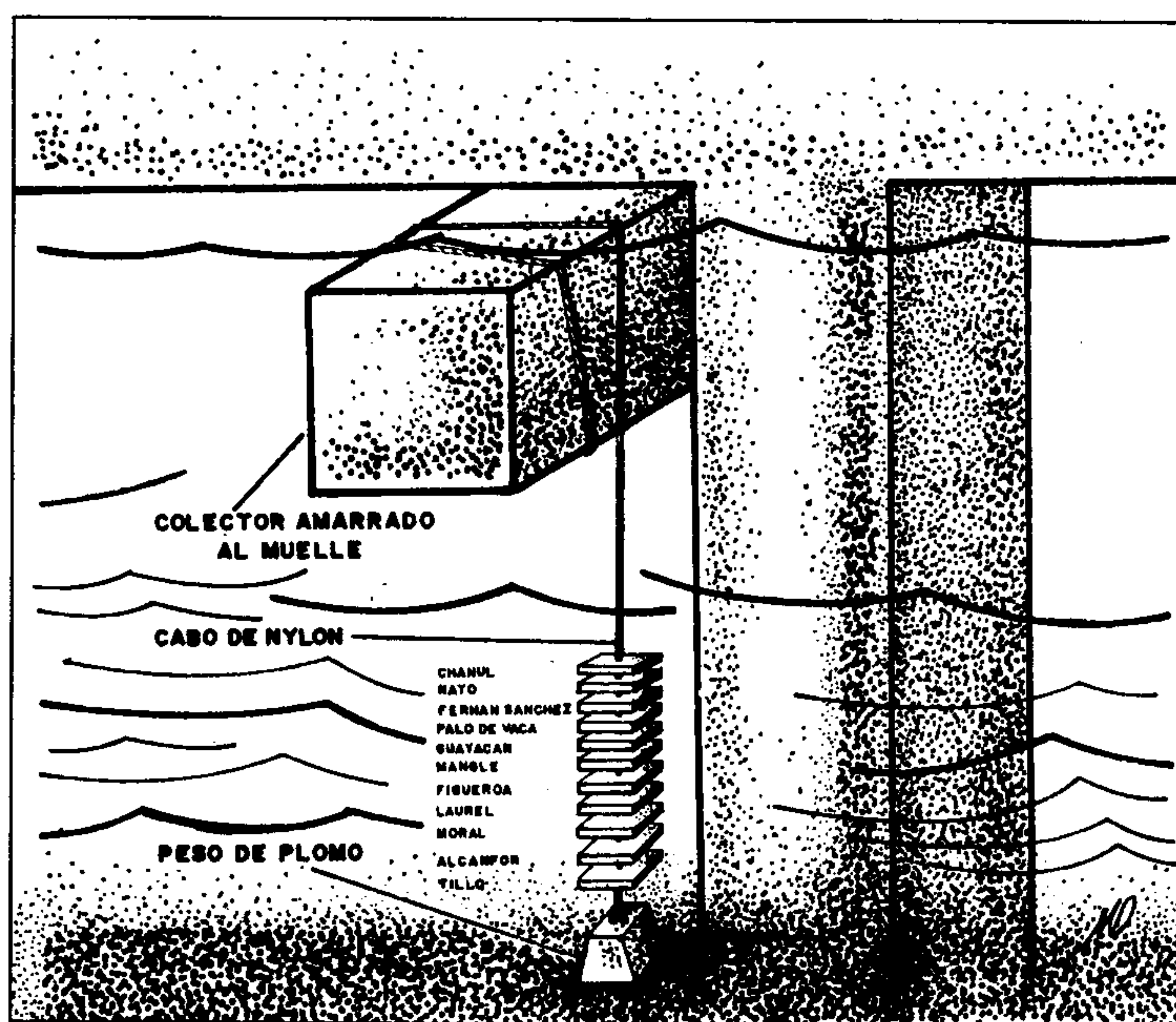


Figura A. Colector de madera para organismos incrustantes

y se determinó el orden del colector para su posterior identificación. Después de 4 meses de exposición al medio marino se recolectaron, se volvieron a identificar “in situ” y a evaluar la degradación de cada panel.

Los paneles de maderas se preservaron en formol neutralizado al 10% y en el laboratorio se tomaron radiografías antes de separar cada una de las especies con pinzas especiales. Para evitar que se rompan y se pierdan las paletas, los bloques de maderas se colocaron en una bandeja enlozada de color blanco y se utilizó un estereomicroscopio de 10 x aumentos.

Las paletas se guardaron en frascos pequeños preservadas en alcohol para evitar que la quitina se reseque.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el puerto de Baltra (oeste de la isla), frente a la Capitanía (Caleta Aeolian), donde existe un ambiente típicamente marino, el área mesolitoral es rocoso y se presume que no hay aportes de agua dulce subterránea, por no existir manglar ni organismos que tipifiquen un ambiente estuarino,

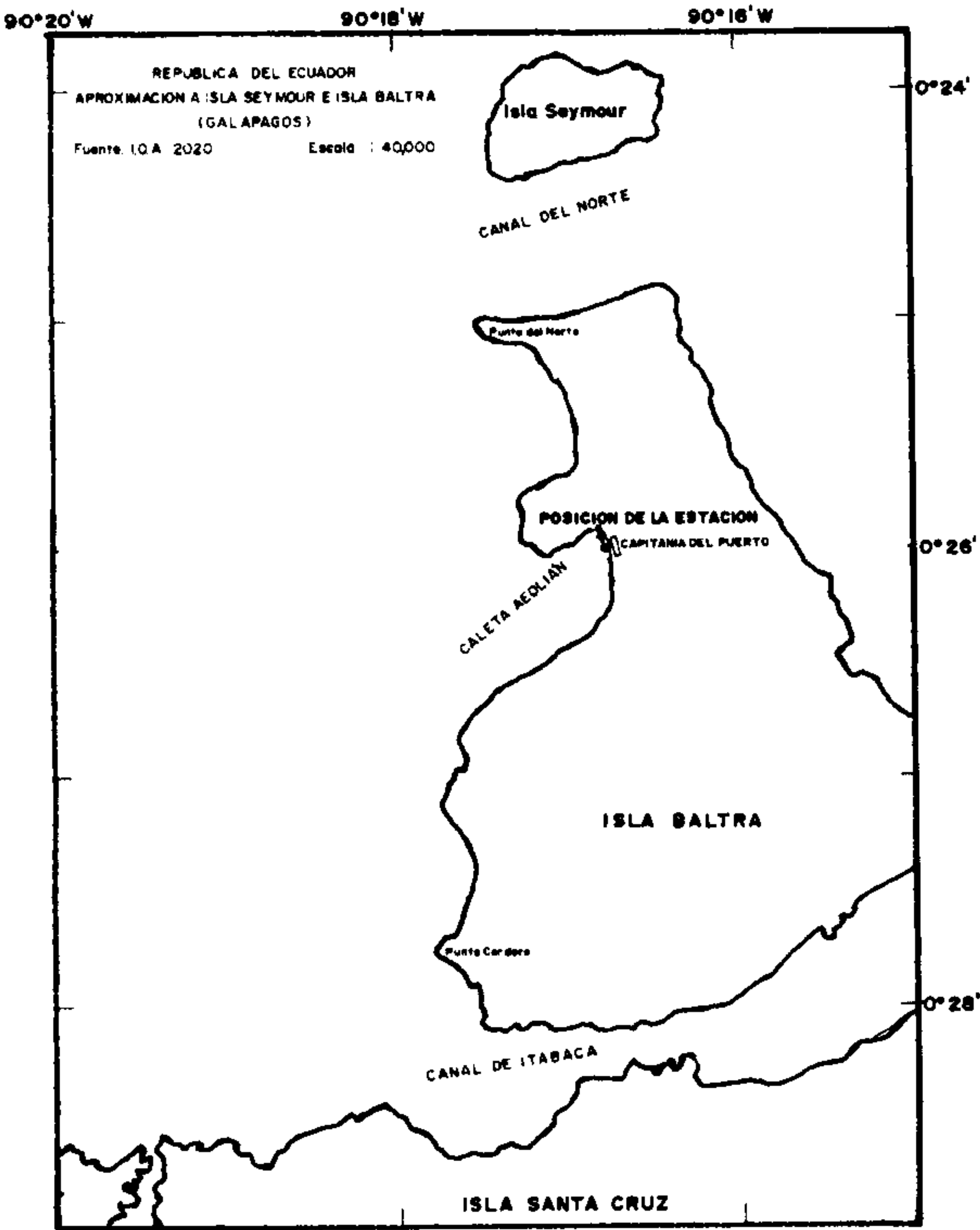


Figura 1. Posición de la estación

aunque es frecuente encontrar adheridos a las rocas a la ostión *Ostrea palmula* (Molusco bivalvo) que prefiere vivir en un ambiente estuarino. Posiblemente las larvas de *Ostrea palmula* provienen del ecosistema de manglar que existe en el Canal de Itabaca (entre las islas Baltra y Santa Cruz), donde *O. palmula* es muy abundante (Fig. 1)

ANALISIS Y RESULTADOS

Teredo furcifera Von Martens

Esta especie fue reportada por Cruz et. el., 1987 como primer registro para la costa ecuatoriana continental y de las doce especies de moluscos que se encontraron, *T. furcifera* fue más abundante, infestando la madera mangle en los puertos de Manta y Salinas.

Cruz, et. al., 1989 menciona que *T. furcifera* es la especie responsable del mayor daño o degradación de las estructuras de maderas expuestas al medio marino en los puertos de Manta y Salinas y recomienda realizar bioensayos con esta especie por ser la mas abundante y estar afectando a dos puertos principales en la costa continental ecuatoriana.

Cruz, M. 1992 confirma que *T. furcifera* es la especie mas abundante de la costa ecuatoriana prefiriendo ambientes marinos ya que en los puertos de Manta y Salinas se encontraron 2778 paletas y no se la observó en los puertos de Posorja, Base Naval y Esmeralda que tienen ambientes estuarinos, donde solo se encontraron dos (2) paletas.

Estas consideraciones se refuerzan cuando Turner, 1971 menciona que *T. furcifera* es una especie que puede estar distribuida por todo el mundo, pero tiene límites tolerantes de temperatura y salinidad.

En la isla Baltra *T. furcifera* infestó a 8 de las 11 maderas expuestas al medio marino de las cuales la madera Tillo fue la mas infestada y no fueron “atacados” o infestados las maderas: Fernan Sánchez, Chanul y Moral (Tabla 1), (Fig. 2).

En el puerto de Baltra, en el muelle, frente a la Capitanía donde se encontró a esta especie, existe un ambiente típicamente marino parecido al de los puertos de Manta y Salinas reforzando la idea de que es una especie marina y que posiblemente la baja salinidad sea un limitante para la distribución de esta especie.

	MADERAS											TOTAL
	NATO	MANGLE	TILLO	FIGUERO	GUAYACAN	SANCHEZ	PALO DE VACA	ALCANFOR	LAUREL	CHANUL	MORAL	
Organismos perforadores												
Teredo furcifera	18	9	23	10	7	0	2	4	5	0	0	78
Lyrodus pedicellatus	12	18	6	4	7	10	6	0	0	0	0	63
Teredo bartschi	24	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	27
Bankia gouldi	2	0	0	2	0	4	0	0	0	2	0	10
Lyrodus medilobata	2	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	5
Bankia carinata	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
TOTAL MOLUSCOS	60	29	29	16	15	14	8	7	5	4	0	187
Limnoria sp			12			1			14			27
TOTAL ORGANISMO	60	29	41	16	15	15	8	7	19	4	0	214

Tabla I. Organismos perforadores y abundancia de Bivalvos (Hembras ovadas) en la Isla Baltra, Archipiélago de Galápagos, Ecuador.

	MADERAS											TOTAL
	NATO	MANGLE	TILLO	IGUERO	GUAYACAN	SANCHEZ	PALO DE VACA	ALCANFOR	LAUREL	CHANUL	MORAL	
Organismos perforadores												
Lyrodus pedicellatus	10	10	6	4	6	8	6	0	0	0	0	50
Teredo furcifera	0	8	12	8	6	0	2	4	4	0	0	44
Teredo bartschi	24	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	26
Bankia gouldi	2	0	0	2	0	4	0	0	0	2	0	10
Bankia carinata	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Lyrodus medilobata	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4
HEMBRAS OVADAS												
Teredo furcifera	18	1	11	2	1	0	0	0	1	0	0	34
Lyrodus pedicellatus	2	8	0	0	1	2	0	0	0	0	0	13
Lyrodus medilobata	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Teredo bartschi	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
TOTAL MOLUSCOS	60	29	29	16	15	14	8	7	5	4	0	187
Limnoria sp.			12			1			14			27
TOTAL ORGANISMO	60	29	41	16	15	15	8	7	19	4	0	214

Tabla II. Organismos perforadores de maderas en la Isla Baltra, Archipiélago de Galápagos (Abril-Agosto de 1989)

OBSERVACIONES: *T. furcifera* está reportada para la costa Este de Africa, Madagascar, Mar Rojo y Golfo de Persia, India, las islas de los Océanos Indico y Pacífico, el Sureste de Asia, Indonesia, Nueva Guinea, Islas Hawaii y Midway, así como la costa Este de América del Sur (Turner 1966) y en el mar Caribe (Keen, 1971).

De la bibliografía consultada no se ha encontrado reportes de esta especie para las Islas Galápagos pudiendo ser este el primer registro para el Ecuador insular.

***Lyrodus pedicellatus* Quatrefages, 1849**

Cruz et. al., 1987 encontró que *L. pedicellatus* infestó la madera mangle solamente en los puertos de Manta y Salinas de la costa continental ecuatoriana, parecido a *T. furcifera*, pero en menor abundancia, es decir en un ambiente típicamente marino y la consideró como el primer registro para el Ecuador.

Cruz, et. al., 1989 encontró que en la infestación del Laurel, Mangle y Palo de Vaca, *L. pedicellatus* fue frecuente y la madera menos infestada fue el moral; en cambio Cruz, M. 1992 en su estudio de las 14 especies de moluscos perforadores que infestaron a 12 tipos de maderas diferentes, observó que *L. pedicellatus* se presentó relativamente común en Manta y Salinas y se consideró rara para los puertos de Esmeraldas y Posorja donde existe un ligero ambiente estuarino. No se la encontró en el Estero Salado del Golfo de Guayaquil donde realmente es un estuario.

En el puerto de Baltra esta especie infestó a 7 de los 11 tipos de maderas expuestas al medio marino, el mangle resultó el mas degradado y las maderas no infestadas fueron: Alcanfor, Laurel, Chanul y Moral (Fig. 2).

OBSERVACIONES: Turner (1966) la reporta para la costa Atlántica de Europa, Mediterráneo, Costa Oeste y Este de Africa, Madagascar, Mar Rojo y Golfo de Persia, India, Australia y Nueva Zelandia, islas del Pacífico, el Sureste de Asia, Indonesia y Nueva Guinea, Islas Filipinas, Japón, Islas Hawaiianas y Midway, costa Este y Oeste de América del Sur, Golfo de México y Caribe, también para San Diego, California, Keen, 1971 y Eckelbarger, K. J. and D. J. Reish, (1972) la reportan como abundante para el Sur de California; mientras que Calvo (1984), menciona haber

capturado un ejemplar en el Uruguay que se parece a *L. pedicellatus*.

De la bibliografía consultada no hay reportes de esta especie para Galápagos, constituyéndose posiblemente como el primer registro para el Ecuador insular.

***Teredo bartschi* Clapp, 1923**

En el estudio realizado por Cruz, et. al., 1987 al estudiar los moluscos perforadores que atacan a la madera "mangle" encontró esta especie solo en el puerto de Salinas, pero Cruz, et al., 1989 reporta que *T. bartschi* también infestó al moral y al palo de vaca en el puerto de Manta. Mas tarde Cruz, M. 1992 encuentra un ejemplar de esta especie en el puerto de Posorja.

Considerando su abundancia parece que prefiere el ecosistema del puerto de Manta que es típicamente marino porque no se la observó en el puerto de Esmeraldas ni en el Estero Salado donde existe una influencia estuarina.

En el puerto de Baltra de los 11 tipos de maderas expuestos al medio marino, solo la madera Nato fue muy infestada, y muy mínimo en el Alcanfor; en las demás maderas no se encontraron organismos de esta especie (Fig. 2).

OBSERVACIONES: Según Turner (1966) *T. bartschi* ha sido reportada para Africa (costa Este), Madagascar, Mar Rojo y Golfo de Persia, Australia y Nueva Zelandia, islas Hawaii e islas Midway, Golfo de México y el Caribe; además Turner (1971) la considera como una especie propia para la zona Tropical. En cambio Calvo (1984), manifiesta que de los organismos incrustantes, esta especie dominó en el Palomo y Punta del Este, Uruguay.

Se considera que esta especie posee una amplia distribución, pero no se ha encontrado reportes para las islas Galápagos, pudiendo ser el primer registro para el Ecuador insular.

***Bankia gouldi* (Bartsch) 1908**

Cruz, et. al., 1987 encontró que la madera mangle fue infestada por esta especie en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas y Posorja; su preferencia y abundancia se detectó en Esmeraldas con el 94.7%, donde existen aguas tropicales, que se caracterizan por ser las mas cálidas de la costa Ecuatoriana.

Cruz, et. al., 1989 reporta que de las maderas mas "resistentes" a la infestación de los perforadores, el laurel fue el mas resistente y el mangle una de las maderas mas "atacadas"

Cruz, M. 1972 confirma lo anterior, resaltando que en Esmeraldas se presentó durante todo el año y es la especie responsable del mayor daño que está ocasionando a las estructuras de maderas expuestas al medio marino en este puerto.

En el puerto de Baltra, *B. gouldi* se ha presentado relativamente rara, infestando de los 11 tipos de maderas al: Nato, Figueroa, Fernan Sánchez y Chanul (Fig. 2).

OBSERVACIONES: *B. gouldi* está reportada para la costa Oeste de América Central y la costa Este de Sudamérica (Turner 1966). Calvo 1984, la menciona para las costas Uruguayas.

Este sería el primer reporte para el Ecuador Insular o Islas Galápagos.

Lyrodus medilobata (Edmonson) 1942

A esta especie se la encontró solamente en el puerto de Manta infestando al mangle (Cruz et. al., 1987); mientras que Cruz et. al., 1989 da a conocer que *L. medilobata* infesta "poco" al mangle y de las maderas menos infestadas en la costa ecuatoriana, se observó que el moral estaba más infestado que el mangle.

Cruz, M. 1992 confirma que esta especie se presentó solo en el puerto de Manta, considerándola como una especie "frecuente".

En el puerto de Baltra se presentó "rara" infestando de los 11 tipos de maderas, solo al Nato, Guayacán y Chanul. Es necesario hacer notar que el moral no fue infestado (Figs. 2, 4, y 6).

OBSERVACIONES: *L. medilobata* está reportada para las islas Hawaii e islas Midway (Turner 1966), así como para el Indopacífico Tropical a Subtropical (Turner 1971). Esta contribución sería el primer reporte para las islas Galápagos.

Bankia carinata (Gray) 1827

Esta especie fue observada solo en el puerto de Posorja, infestando muy "poco" al mangle (Cruz et. al., 1987). Mas tarde Cruz et. al., 1989 da a conocer que *B. carinata* también infestó "poco" a la

madera Laurel en el puerto de Manta. Cruz, 1992 amplía la información reportando que esta especie también se presentó muy raramente en los puertos de Esmeraldas y Salinas.

En el puerto de Baltra se la observó "rara" infestando solo al Nato y al Mangle (Fig. 2)

Podríamos concluir que esta especie está distribuida en toda la costa continental e insular del Ecuador, pero que no causa mayor daño a las estructuras de maderas expuestas al medio marino por ser "rara" o poco abundante.

OBSERVACIONES: Esta especie está reportada para las islas del Pacífico, Sureste de Asia, Indonesia y Nueva Guinea, Mediterráneo, Costa Oeste de Africa, India e islas Filipinas (Turner 1966). Este sería el primer reporte para las islas Galápagos.

CONCLUSIONES

En la Isla Baltra del Archipiélago de Galápagos, se encontraron seis (6) moluscos bivalvos y un (1) isópodo marino que están degradando las maderas que están expuestas al medio ambiente marino (Fig. 2).

Se detectó que *Teredo furcifer* fue la más abundante y frecuente, infestando a 8 de los 11 tipos de maderas, prefiriendo a la madera Nato (Figs. 3 y 6).

De las 6 especies de moluscos perforadores encontrados, 4 se presentaron ovadas (con huevos y/o larvas), estas son: *T. furcifer*, *L. pedicellatus*, *L. medilobata* y *T. bartschi* (Fig. 5). La especie más abundante fue *T. furcifer* que prefirió infestar la madera Nato (Fig. 4).

Se observó que la única madera no infestada o mas "resistente" a los perforadores es el Moral (Fig. 6).

El segundo lugar de las maderas menos "atacadas" es el Laurel, donde se encontró solo a *T. furcifer*; las demás maderas fueron infestadas por 2 a 6 especies de bivalvos perforadores (Figs. 2 y 6).

Al Isópodo *Limnoria* sp. se lo encontró infestando a 3 tipos de maderas: Laurel, Tillo y Fernan Sánchez. Su mayor abundancia se la observó en el Laurel (Fig. 7).

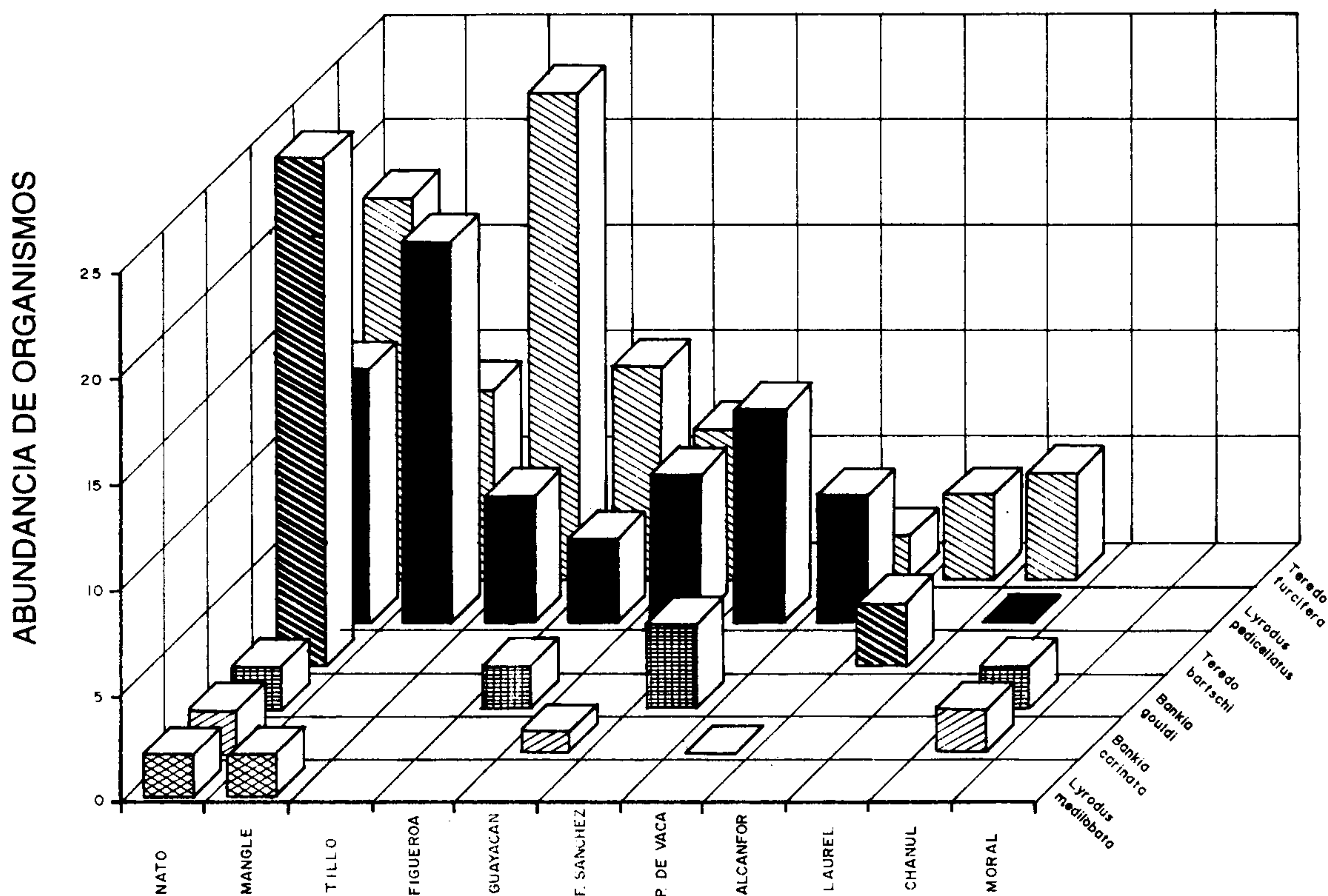


Figura 2. Moluscos bivalvos perforadores de maderas en la Isla Baltra, Galápagos. (Entre Abril-Agosto/89)

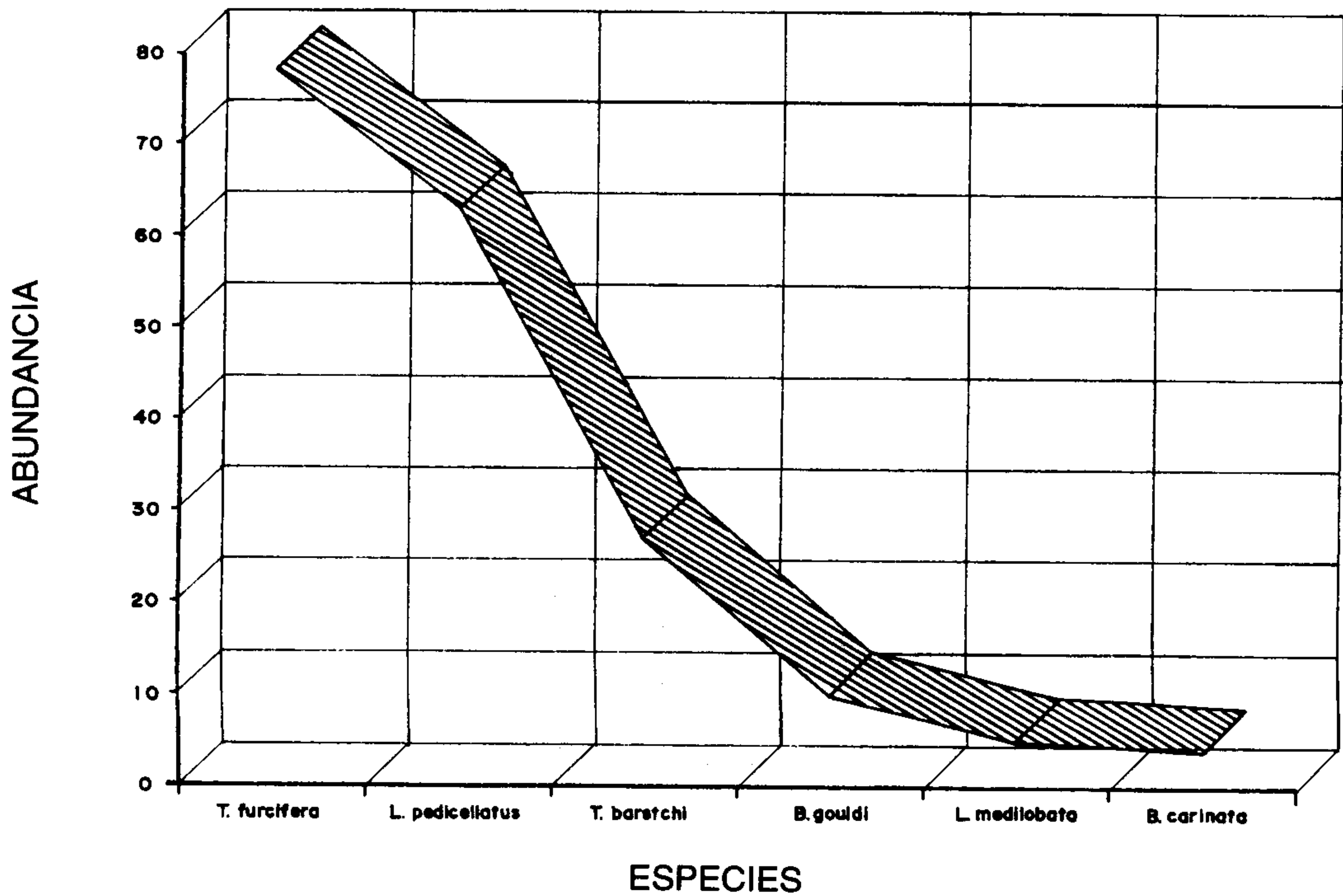


Figura 3. Abundancia total de Bivalvos perforadores en la Isla Baltra, Galápagos. (Entre Abril-Agosto/89)

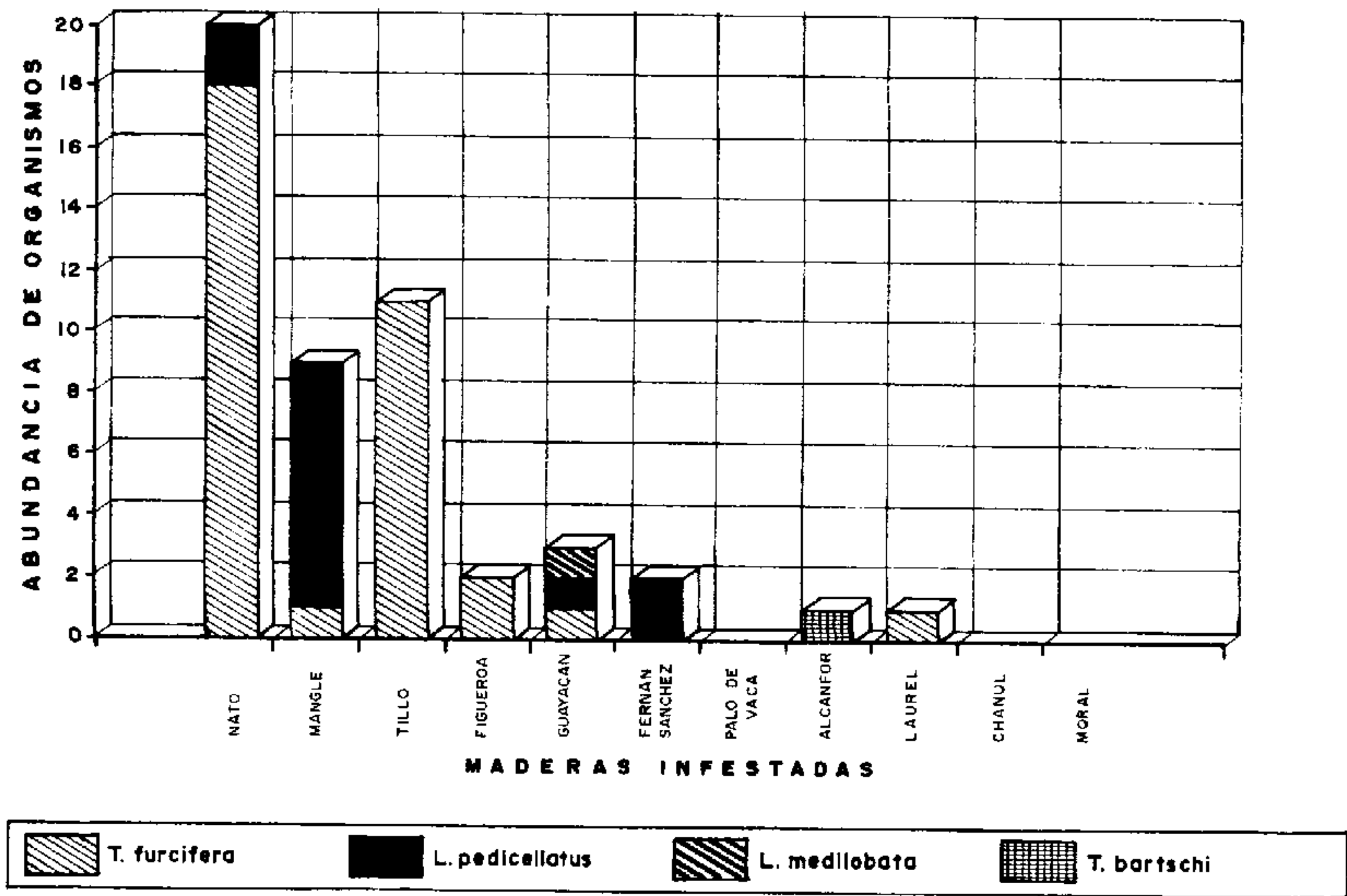


Figura 4. Hembras ovadas bivalvos perforadores infestando las maderas en la Isla Baltra, Galápagos. (Abril-Agosto de 1989)

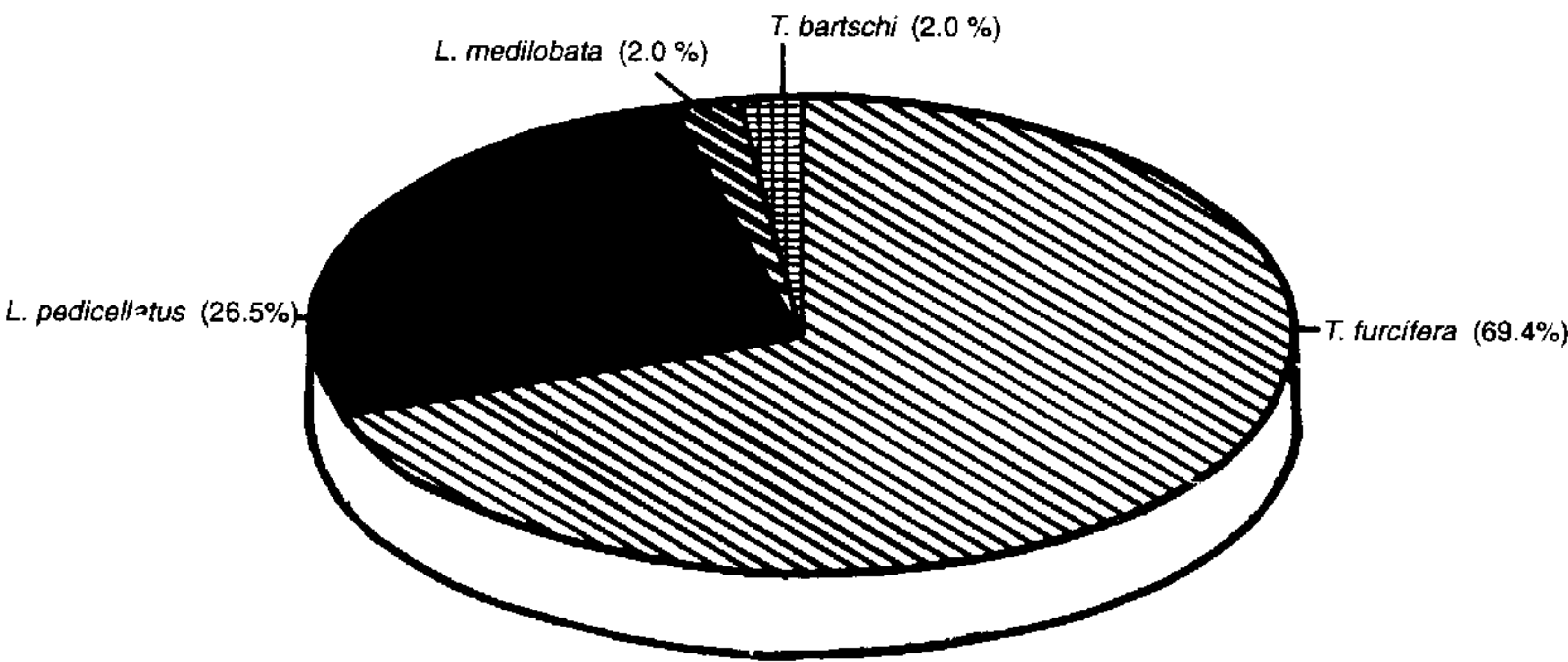


Figura 5. Abundancia porcentual de bivalvos perforadores (hembras ovadas) en la Isla Baltra, Galápagos. (Abril-Agosto de 1989)

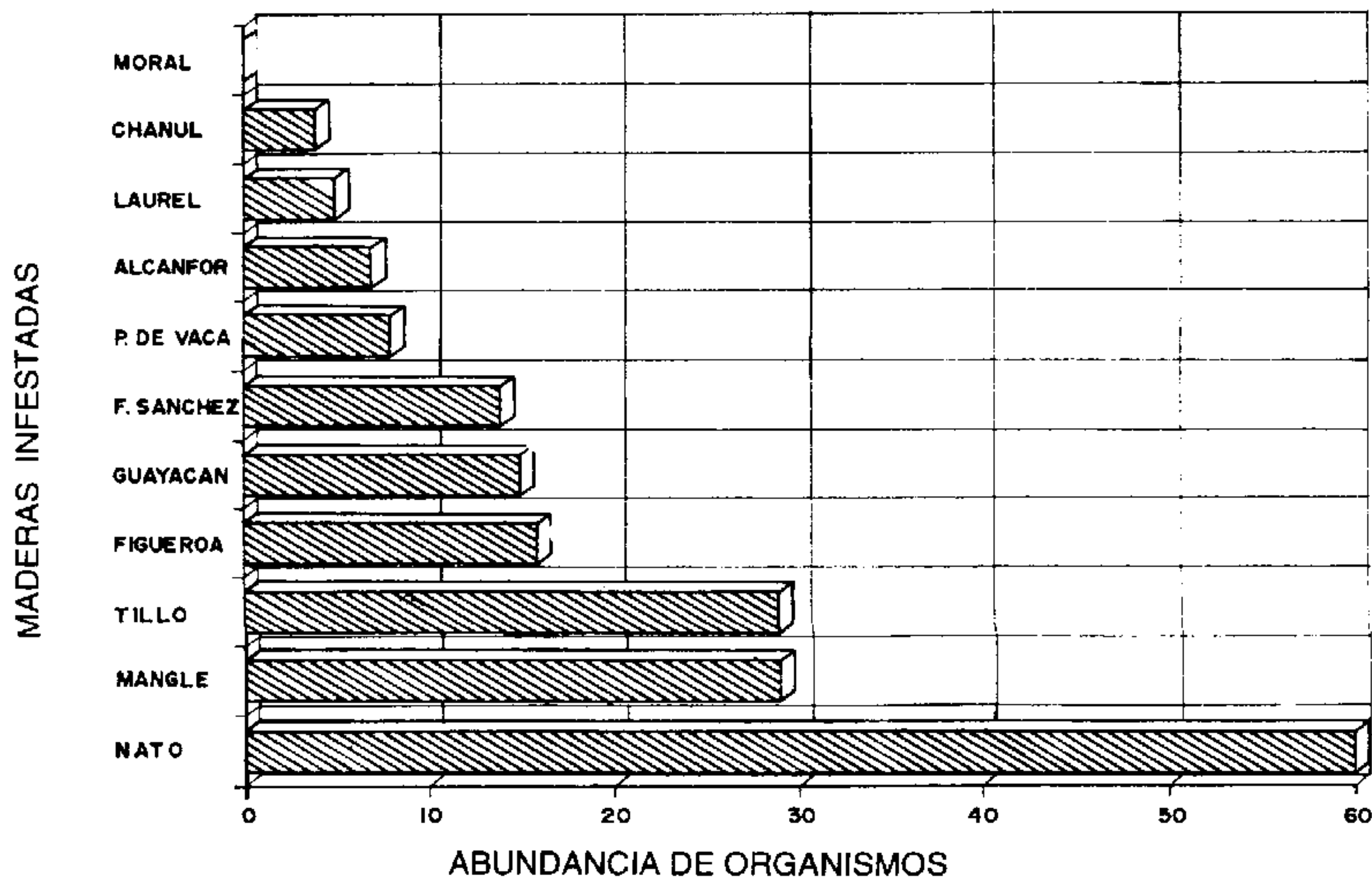


Figura 6. Infestación de las maderas por bivalvos perforadores en la Isla Baltra, Galápagos. (Abril-Agosto / 1989)

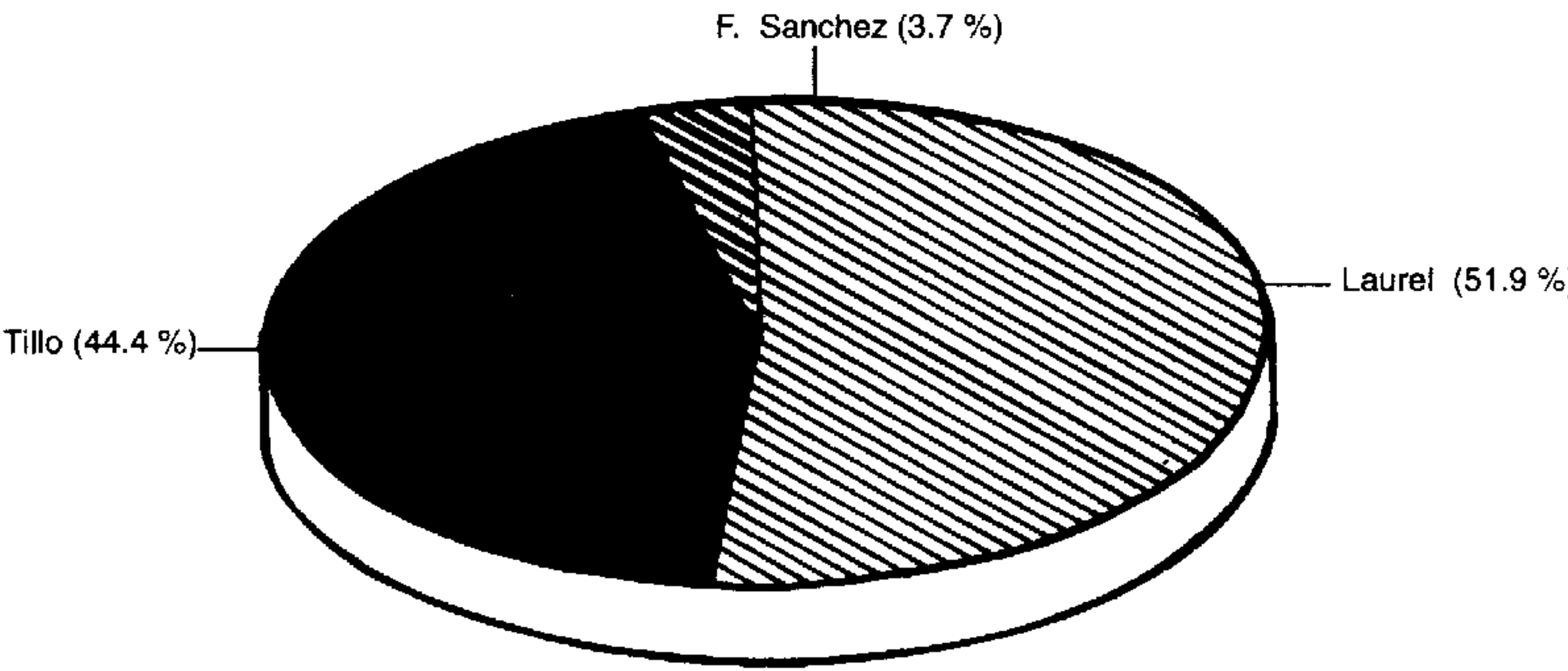


Figura 7. Maderas infestadas por el isópodo *Limnoria* sp. la Isla Baltra, Galápagos. (Abril-Agosto / 1989)

DISCUSION

En los estudios realizados por Cruz, 1986; 1987; 1989 y 1992 sobre los moluscos perforadores en la costa ecuatoriana, observó que la especie más abundante y frecuente es *Teredo furcifera*, que está degradando la madera expuesta al medio marino en los puertos de Manta y Salinas. Esta misma especie es la mas abundante y frecuente en la Isla Baltra y la responsable de la mayor degradación de la madera expuesta al medio marino.

T. furcifera que estuvo rara en los puertos de Esmeraldas, Posorja y el Golfo de Guayaquil donde existe un ambiente estuarino, por lo que se estima que la salinidad podría ser un limitante en la distribución de esta especie.

El ambiente marino de los puertos de Manta y Salinas es muy similar al de la Caleta Aeolian de la Isla Baltra, por no existir manglares o un ambiente estuarino que nos indicaría la existencia de aportes de agua dulce en el área de estudio.

La presencia poco frecuente de la ostion *Ostrea palmula* en la Caleta Aeolian, posiblemente se deba a la distribución de las larvas que provienen del Canal de Itabaca (entre las Islas Baltra y Santa Cruz) donde existe abundantemente *O. palmula* que está adherida a los muelles de concreto y en las raíces de los mangles; en este lugar, posiblemente el aporte de agua dulce subterránea proviene de la Isla Santa Cruz y no de la Isla Baltra.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a los Directivos del INOCAR por permitir y apoyar la realización de este proyecto. Mi reconocimiento a mis compañeros del INOCAR y a los alumnos de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, que durante sus prácticas en el laboratorio me ayudaron a separar los organismos. A mi esposa la Dra. María Luzuriaga de Cruz por sus críticas y sugerencias constructivas al trabajo y al Sr. Víctor Mesías O. por la diagramación y el arte final.

BIBLIOGRAFIA

- Bartsch, P. 1964.** A new Shipworm from the Panama Canal., Smithsonian Mis. Coll. Vol. 104, No. 8, pp. 1 - 3.
- Calvo, G. 1984.** Ataques de organismos perforantes a seis especies de maderas expuestas al medio marino. Contrib. Dpto. Ocean. (F.H.C.) Montevideo. Vol 1. No. 3, pp. 1 -7.
- Cruz, M. 1986.** Efectos de los moluscos incrustantes en maderas no tratadas en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval (Ecuador)., Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Vol. 3, No. 1, pp. 157-183.
- Cruz, M., G. Torres y F. Villamar 1987.** Moluscos Bivalvos Perforadores de la madera *Rhizophora harrisonii* (mangle)., Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 4, No. 1, pp. 121 - 160.
- Cruz, M., G. Torres y F. Villamar 1989.** Estudio comparativo de los moluscos Bivalvos Perforadores de las maderas mas resistentes (Laurel, Moral y Palo de Vaca) y la más "atacada" (Mangle) en la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol 5, No. 1, pp. 49-55.
- Cruz, M. 1992.** Moluscos incrustantes de maderas en el mar ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 7, No.1, pp. 69-80.
- Hendrich, M. 1980.-** Range extension ot three species of TEREDINIDAE (Mollusca: Bivalvia) Along the Pacific Coast of America. The Veliger, Vol. 23. No. 1, pp. 93 - 94.
- Keen, M. 1971.** Sea shell of Tropical West America., Stanf. Univ. Press. Calif. 2da.Edit. pp. 1 - 1064.
- Knudsen, J. 1961.** The Bathyal and Abysal (PHOLADIDAE, Bivalvia) Galathea Report. Vol. 5, pp. 163 - 203.

Stuardo, J., H. Saeler and R. Rosende 1970.- Sobre el ataque de *Bankia (Bankia) martensi* Stempel (Mollusca: Bivalvia) a maderas chilenas no tratadas., Bol. Soc. Biol. de Concepción, Tomo XLII, pp. 153 - 166.

Turner, R. D. (1954). The Family PHOLADIDAE in the Western Atlantic and Eastern Pacific. Part 1. Pholadinae., Johnsonia 3: pp.3 - 64.

Turner R. D. 1966. A Survey and Illustrated Catalogue of the TEREDINIDAE., Cambridge. Mus. of the Comp. Zool. Harvard Univ. Cambridge, Mass. pp. 1 - 265.

Turner, R. D.. 1971. Identification of Marine Wood-Boring Mollusks, Marine borer, Fungi and Fouling Organisms of wood. Chapter 1, pp. 17 - 64.

Turner, R. D. 1972. The Biologist view of the TEREDINIDAE and their control (with a documentary film on *Teredo* life histories). Proc. 3rd . Internat. Cong. Mar. Corr. and Foul. Maryland, pp. 83 - 93.

Vokes, H. E. 1980. Genera of the Bivalvia: A systematic and bibliographic catalogue (Revised and updated). Paleont. Res. Inst. Ithaca. N. Y. USA. pp. 1 - 307.

PRIMEROS REGISTROS DE LA ORCA PIGMEA *Feresa attenuata* (CETACEA, DELPHINIDAE) Y DEL CACHALOTE ENANO *Kogia simus* (CETACEA, PHYSETERIDAE) EN ECUADOR CONTINENTAL

Por: FERNANDO FÉLIX⁽¹⁾
BEN HAASE⁽¹⁾
JORGE SAMANIEGO⁽¹⁾

RESUMEN

Un joven espécimen de orca pigmea (*Feresa attenuata*) de 91 cm de largo se varó en la playa de San Pedro, provincia el Guayas (80° 44' W, 01° 50' S), el 27 de abril de 1992. El animal fue congelado y examinado 20 días después del varamiento. Se presentan mediciones corporales externas y fotografías del espécimen.

El 12 de mayo de 1993 se colectó la cabeza de un cachalote enano (*Kogia simus*) capturado accidentalmente en una red agallera 30 millas al Suroeste de Anconcito, Provincia del Guayas (02° 40' S, 81° 30' W). Su longitud total se estimó en 2.2 m. Otro individuo de esta especie fue encontrado varado en una playa de la isla Isabela, Provincia de Galápagos (00° 50' S, 91° 05' W) en marzo de 1990 y su esqueleto llevado a la Universidad de Guayaquil. Ambos especímenes fueron identificados en base a sus características craneales. El cráneo del espécimen continental presentó un rostrum notablemente más corto que el de otros dos especímenes encontrados en el Pacífico Sureste.

Tanto el espécimen de orca pigmea encontrado en San Pedro como el del cachalote enano capturado frente a Anconcito constituyen los primeros registros de estas especies en aguas continentales ecuatorianas.

ABSTRACT

A young specimen of pygmy killer whale (*Feresa attenuata*), 91 cm long, stranded in San Pedro, Province of Guayas (80° 44' W, 01° 50' S) in 27 April 1992. The animal was frozen and examined after 20 days. External measurements and photographs of the specimen are presented.

On 12 May 1993 a dwarf sperm whale (*Kogia simus*) got entangled in a gill-net 30 miles Southeast off Anconcito, Province of Guayas (02° 40' S, 81° 30' W) and the head was collected. Its total length was estimated in 2.2 m. Another specimen of the same species was found on a beach of Isabela Island, Province of Galapagos (02° 40' S, 81° 30' W) in March 1990 and its skeleton brought to the University of Guayaquil. Both specimens were identified by their skull characteristics. The continental specimen has a remarkable shorter rostrum than the other two specimens found in Southeast Pacific.

The records of the pygmy killer whale from San Pedro and the dwarf sperm whale caught off Anconcito are the first records of these species for ecuadorean continental waters.

INTRODUCCION

Tanto la Orca pigmea (*Feresa attenuata*) como el cachalote enano (*Kogia simus*) son especies de cetáceos que están ampliamente distribuidas en aguas tropicales y subtropicales (Caldwell y Caldwell, 1971; Leatherwood y Reeves, 1983; Ross y Leatherwood, 1990). Pese a ello, son pocos los

ejemplares de ambas especies colectados y examinados hasta la fecha en el Pacífico Sureste.

La orca pigmea (*F. Attenuata*) fue registrada por primera vez en el Pacífico Este por Perrin y Hubbs (1969), quienes examinaron un espécimen joven capturado por un barco atunero mar afuera de Costa Rica. Van Waerebeek y Reyes (1988)

⁽¹⁾ Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM). P.O. Box 09-01-6637. Guayaquil, Ecuador

registraron por primera vez la especie en Perú y revisaron los avistamientos de esta especie hechos por el personal del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos a bordo de barcos atuneros en el Pacífico Este entre 1971 y 1985 ($n=25$) y durante el crucero de investigación IWC/IDCR en 1982 ($n=1$). Solo tres de estos avistamientos fueron hechos abajo del ecuador. Otros once correspondientes a la orca pigmea y cincuenta y seis del cachalote enano (*K. simus*) fueron realizados en el Pacífico Este, durante los cruceros hechos por el Southwest Fisheries Center de los Estados Unidos, entre 1986 y 1987 (Holt y Sexton, 1987; Holt y Sexton, 1988; Holt y Jackson, 1988), pero ninguno de ellos cerca de Ecuador. Ambas especies han sido avistadas pocas veces en las Islas Galápagos (Lyrholm et al., 1992; Day, en imprenta). Sólo cuatro especímenes del cachalote enano *K. simus* han sido examinados en el Pacífico Sureste: tres en Perú (Reyes y Van Waerebeek, 1992) y uno en Chile (Crovetto y Toro, 1983), todos capturados durante actividades pesqueras.

En este artículo presentamos información sobre los primeros registros de la orca pigmea (*Feresa attenuata*) y del cachalote enano (*Kogia simus*) realizados en aguas costeras de Ecuador. La información se basa en un espécimen joven de orca pigmea encontrado en la costa y en la cabeza colectada de un cachalote enano atrapado en una red agallera. Además se informa sobre el primer espécimen de un cachalote enano (*K. simus*) colectado en las islas Galápagos.

ESPECIMENES ESTUDIADOS

Orca pigmea (*Feresa attenuata*)

El 27 de abril de 1992 un espécimen joven de orca pigmea se varó en la playa de San Pedro, Provincia el Guayas ($80^{\circ} 44' W$, $01^{\circ} 50' S$) al pie del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas CENAIM. Según información del personal de este Centro, el animal habría llegado sólo a la playa, muriendo pocos minutos después de su arribo. El animal fue congelado y mantenido en una cámara frigorífica hasta que los autores lo examinaron 20 días después.

Mediciones corporales del mismo se hicieron siguiendo la metodología de Norris (1961) y se

muestran en la Tabla 1.

El espécimen, una joven hembra, midió 91 cm. de largo y pesó 9 Kg. (Fig. 1). Exteriormente estaba en buenas condiciones, si presentaba heridas grandes. En el flanco izquierdo se notaron marcas de dientes de poca profundidad en una distancia de 10 cm. También en la cara inferior del lóbulo derecho de la aleta caudal tenía marcas provocadas por dientes, pero más profundas y sangrantes. El animal presentó una coloración negra mate, uniforme en casi todo el cuerpo, incluyendo los flancos y las aletas pectorales y caudal. Los bordes de los labios, mientras estuvo congelado, eran de color rosa, pero al descongelarse se tornaron ligeramente grises. A ambos lados del hocico, cerca de la punta, había cinco folículos ya sin vellos separados entre sí por una distancia de 3 a 5 mm. La coloración de la parte ventral era de una tonalidad más clara y se notaban tres zonas bien definidas: una zona gris abajo de la mandíbula inferior que iba desde el extremo de la mandíbula haciéndose más estrecha hasta llegar a la garganta; otra zona gris en medio de las aletas pectorales; y una zona blanca ovalada, más grande, desde el ombligo hasta el ano (Fig. 2). Un gran pliegue ventral de 231 mm. de largo (25% del largo total) se extendía desde el tórax a lo largo del centro de esta última mancha y cubría tanto el ombligo como las ranuras genital y anal. La mancha continuaba como una línea blanca delgada que terminaba en la mitad del pedúnculo caudal. En cada rama maxilar y mandibular poseía 9 dientes pequeños que recién comenzaban a erupcionar, estando ubicados los más largos en el centro del maxilar.

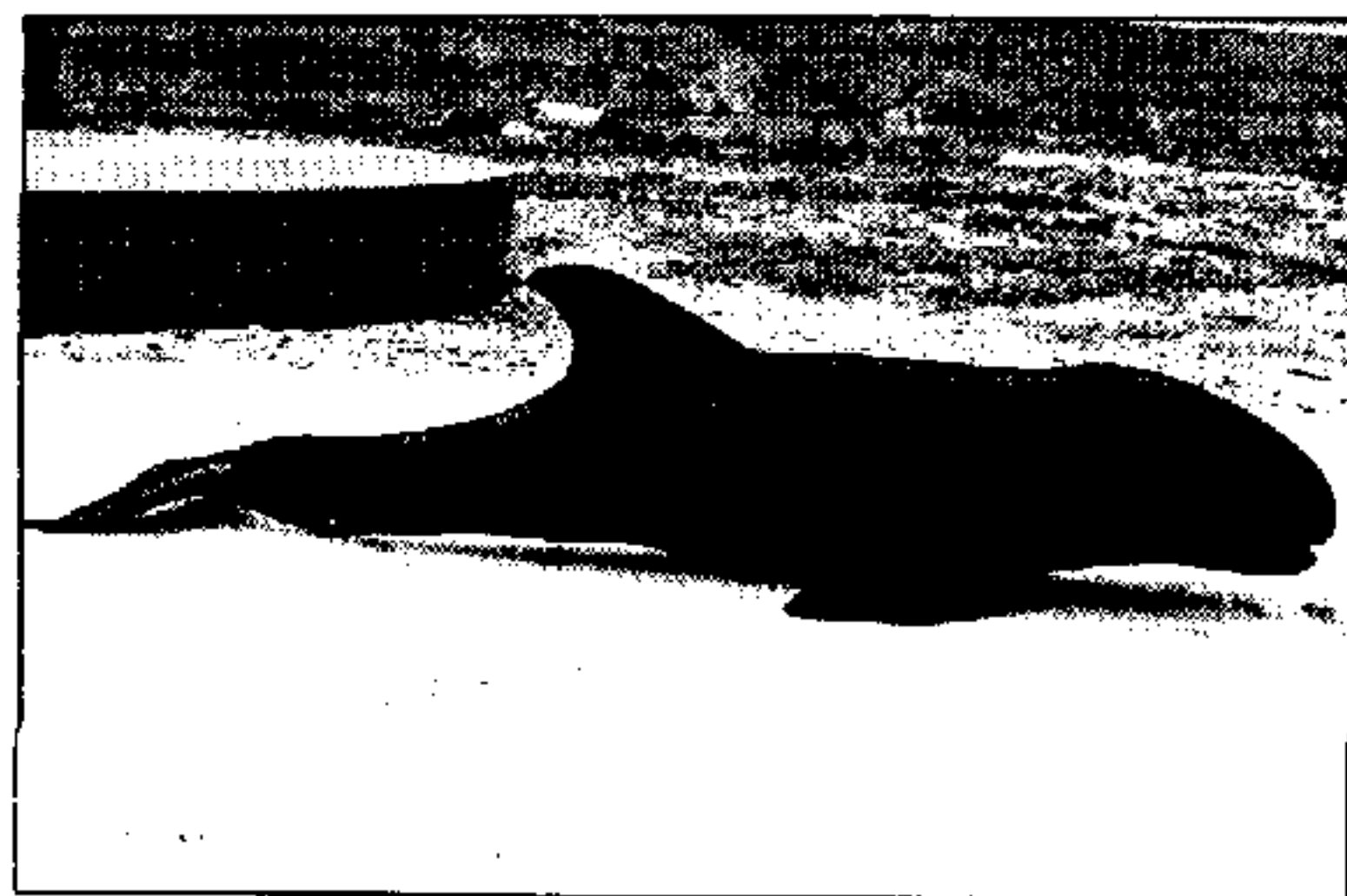


Figura 1. Joven espécimen de orca pigmea (*Feresa attenuata*) encontrado en San Pedro, provincia del Guayas. Nótese la coloración oscura y uniforme en toda la parte dorsal y lateral del cuerpo.

¹ Lyrholm, T. I. Kerr, L. Galley, and R. Payne. (1992). Report of the "Expedition Siben" Ecuador 1988/89. 37 p.

El espécimen completo fue conservado en formalina al 10% en un recipiente de vidrio. Es parte de la colección de la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos en La Libertad, Ecuador (No. Cat. FEMM-009-92).

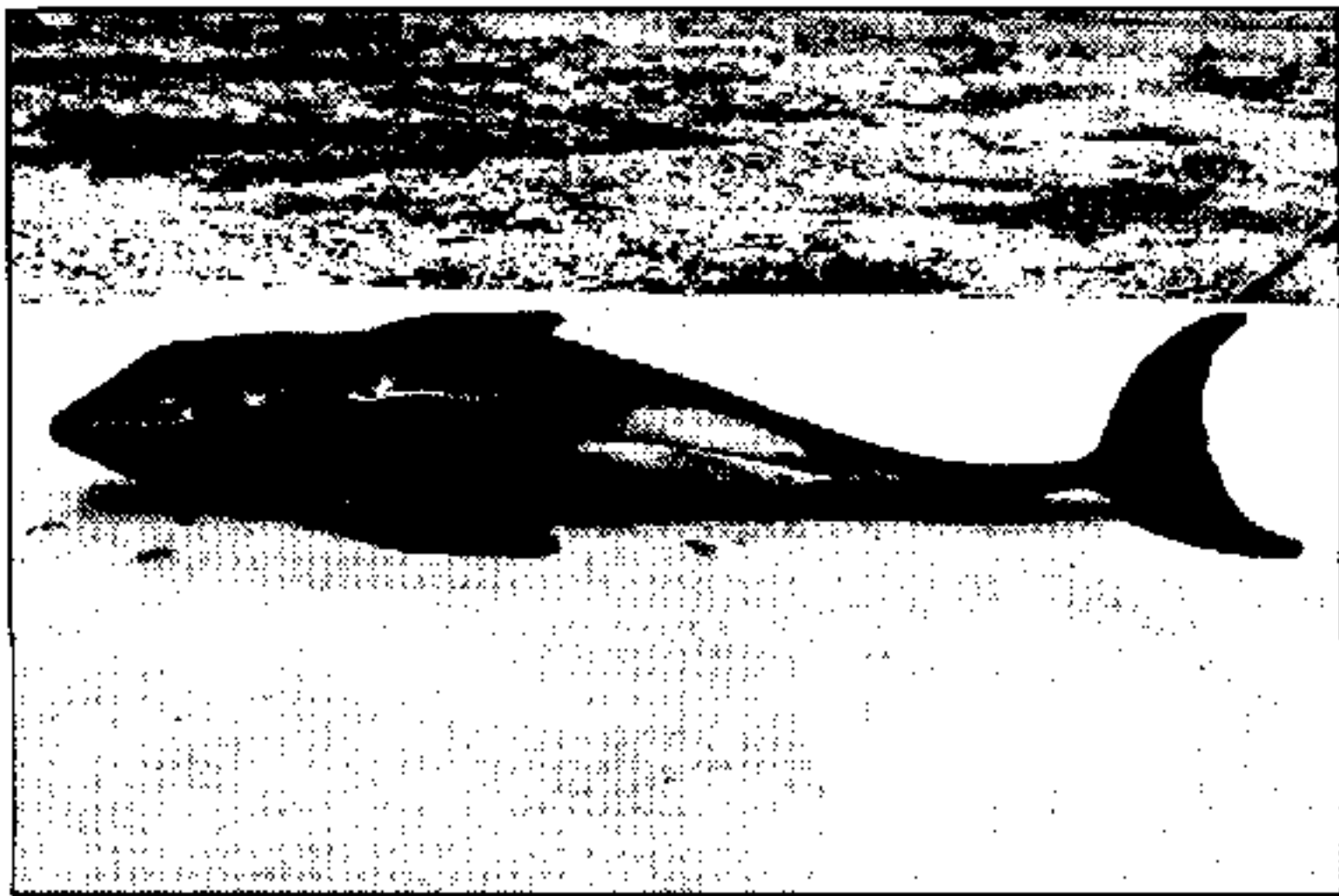


Figura 2. Vista ventral del espécimen de orca pigmea mostrando la pigmentación de la parte ventral (véase texto)

Cachalote enano (*Kogia simus*) de aguas continentales

El 12 de mayo de 1993, dos cachalotes enanos (*Kogia simus*) y dos delfines comunes (*Delphinus delphis*), fueron capturados accidentalmente en una red agallera por pescadores artesanales 30 millas al Suroeste de Anconcito, Provincia del Guayas (02° 40' S, 81° 30' W). A bordo de la embarcación estaba uno de los autores (J. Samaniego), quien colectó la cabeza de uno de los cachalotes enanos, un macho adulto de más de 2 m de longitud. La identificación inicial del espécimen se basó en el número de dientes: 2 en cada rama maxilar y 10 en cada rama mandibular. Tanto las mediciones del cráneo (Tabla II) como la identificación definitiva del espécimen se llevaron a cabo en base a las características craneales descritas por Handley (1966) y revisados por Ross (1979).

Tabla I. Mediciones corporales externas de la orca pigmea *Feresa attenuata* encontrada en Ecuador. Todas las mediciones son del lado izquierdo y están dadas en mm.

Mediciones	mm	% de la Long. total
1. Extremo del hocico al centro de la cola	911	100.0
2. Extremo del hocico al centro del ojo	112	12.3
3. Extremo del hocico a la comisura de la boca	96	10.6
4. Extremo del hocico al oído	157	17.2
5. Centro del ojo al oído	45	4.9
6. Centro del ojo a la comisura de la boca	33	3.6
7. Centro del ojo al centro del orificio respiratorio	84	9.2
8. Extremo del hocico al orificio respiratorio	99	10.9
9. Extremo del hocico a la inserción anterior de la aleta pectoral	218	23.9
10. Extremo del hocico a la punta de la aleta dorsal	615	67.5
11. Extremo del hocico al centro del ombligo	434	47.6
12. Extremo del hocico al centro de la ranura genital	577	63.3
13. Extremo del hocico al centro del ano	606	66.5
14. Circunferencia a nivel de la axila	495	54.3
15. Circunferencia máxima	505	55.4
16. Circunferencia a la altura del arno	249	27.3
17. Longitud del ojo	67	7.4
18. Longitud de la ranura mamaria	8	0.9
19. Longitud de la ranura genital	87	9.5
20. Longitud de la ranura anal	11	1.2
21. Longitud anterior de la aleta pectoral	193	21.2
22. Longitud posterior de la aleta pectoral	137	15.0
23. Ancho máximo de la aleta pectoral	57	6.3
24. Altura de la aleta dorsal	89	9.8
25. Longitud de la base de la aleta dorsal	160	17.6
26. Ancho del lóbulo caudal	78	8.6
27. Ancho de la cola	220	24.1
28. Profundidad de la hendidura caudal	24	2.6
29. Centro del ojo al centro del ojo	130	14.3
30. Longitud del surco ventral	231.0	25.4

Tabla II. Mediciones del cráneo de los dos especímenes de *Kogia simus* encontrados en Ecuador. Solo del espécimen encontrado en la costa (FEMM. 013.93) se presenta además el porcentaje de la longitud condilobasal que representa cada medición.

Mediciones	FEMM.013.93		CAT. S/N mm
	mm	% de la Long. Condil.	
1. Longitud condilobasal (total)	273.0	100.0	
2. Longitud del rostrum	104.4	38.2	
3. Ancho del rostrum en la base	118.6	43.4	133.8
4. Ancho del rostrum a la mitad de su largo	81.9	30.0	
5. Ancho preorbital	245.9	90.1	220.5
6. Ancho postorbital	258.4	94.7	242.9
7. Ancho zigomático	245.0	89.7	234.3
8. Altura del cráneo	184.8	67.7	187.5
9. Ancho del vertex	13.4	4.9	9.7
10. Ancho del cráneo entre los bordes más posteriores de las fosas temporales	184.1	67.4	
11. Largo del extremo de rostrum al borde de la coana izquierda	128.9	47.2	
12. Altura basilar del cráneo	48.2	17.7	
13. Largo de la hilera dentaria maxilar derecha	53.7	19.7	
14. Largo de la hilera dentaria maxilar izquierda	52.3	19.2	
15. Ancho de los cóndilos occipitales	68.8	25.2	79.0
16. Largo del extremo del rostrum a los pterigoides	157.9	57.8	
17. Largo de la mandíbula	140.9	51.6	
18. Número de alvéolos izquierda	9	-	
19. Número de alvéolos derecha	8	-	
20. Altura de la mandíbula	67.1	24.6	59.7
21. Largo de la sínfisis mandibular	41.4	15.2	
22. Largo de la hilera dentaria mandibular izquierda	85.1	31.2	
23. Largo de la hilera mandibular derecha	83.5	30.6	
24. Altura del borde superior del foramen magnum al vertex	100.6	36.8	
25. Largo del margen anterior de la osificación mesorostral al borde anterior de la coana izquierda	92.9	34.0	

De las siete características craneales usadas por Handley (1966) para diferenciar a las dos especies de este género, *Kogia simus* y *K. breviceps*, seis coinciden en nuestro espécimen con las de *K. simus*

(Tabla III) . La última característica, la posición del foramen magnum bien abajo de la mitad de la altura del cráneo, no coincide. En nuestro espécimen, el foramen magnum se encuentra casi en la parte media.

Tabla III. Comparación de las características craneales de los cachalotes enanos encontrados en la costa ecuatoriana (FEMM-012-93) y en Galápagos (Cat. S/N) con las características de la especie según Handley (1966).

CARACTERISTICA	Handley (1966)	FEMM-012-93	Cat.S/N
1. Longitud Condilobasal	262-302	273 mm	
2. Dientes maxilares	0-3 pares	2 pares	
3. Dientes mandibulares	8-11 pares	10 pares	
4. Sínfisis mandibular	corta (37-46 mm)	41.4 mm	
5. Forma de la fosa del cráneo	subesférica y empinada posteriormente	subesférica y borde posterior empinado	subesférica y borde posterior empinado
6. Septum sagital dorsal	6-14 mm	13.4 mm	9.7 mm
7. "Alas" pterigoideo-basioccipitales	cortas (foramen magnum abajo del punto medio de la altura del cráneo)	cortas (foramen magnum cerca del punto medio)	cortas

Sin embargo, Ross (1979) encontró que esta última característica es variable y se superpone en ambas especies, por lo que recomendó evitar el uso de ella con fines de identificación. Adicionalmente, todas las mediciones craneales del espécimen ecuatoriano están dentro del rango que Ross (1979) encontró en los cachalotes enanos en Sudáfrica. De acuerdo a la ecuación de regresión de Ross (1979), que permite estimar la longitud total del animal en base a la longitud condilobasal del cráneo, nuestro espécimen debió medir alrededor de 220 cm de longitud.

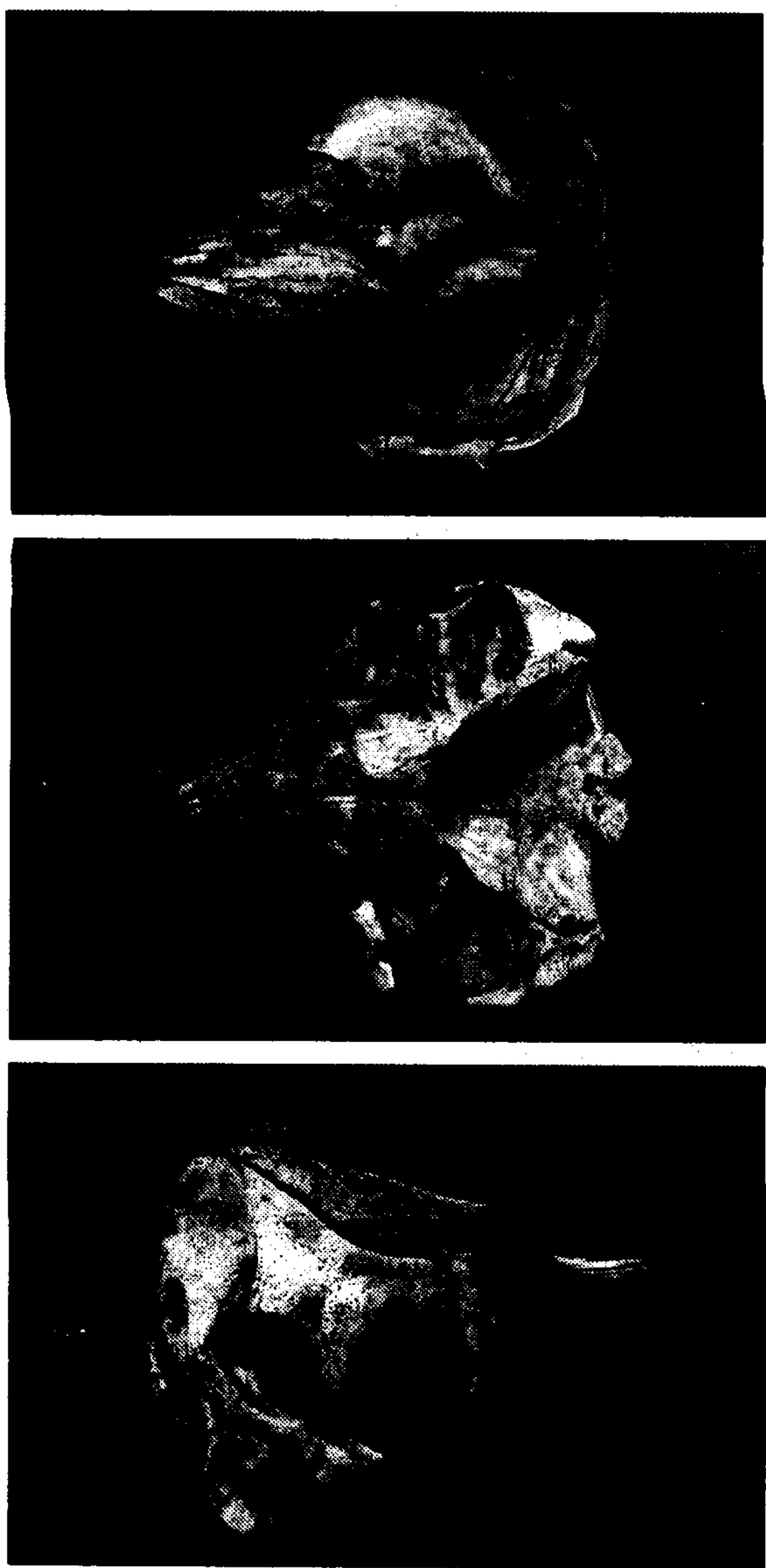


Figura 3. a) Vista dorsal del cráneo del cachalote enano (*Kogia simus*) que fue atrapado en una red agallera en aguas continentales, b) vista ventral, c) vista lateral.

El cráneo es parte de la colección de la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos en la Libertad, Ecuador (Cat. No. FEMM-012-93) (Fig. 3).

Cachalote enano *K. simus* de las Islas Galápagos

En marzo de 1990, fue encontrado un delfín varado en la Isla Isabela, Provincia de Galápagos (00° 50' S, 91° 05' W) por el señor Eduardo Moreira, quien lo disecó y trajo el esqueleto a la Universidad de Guayaquil. El espécimen permaneció inidentificado hasta que fue examinado en enero de 1994 por los autores. El cráneo está roto en la punta de maxilares y sólo se cuenta con la rama mandibular izquierda, también fracturada en la punta (Fig. 4). El esqueleto del espécimen está casi completo y, además del cráneo, se cuenta con 7 vértebras



Figura 4. a) Vista dorsal del cráneo del cachalote enano (*Kogia simus*) encontrado varado en la Isla Isabela, Galápagos, b) vista ventral.

cervicales (fusionadas), 13 dorsales, 8 lumbares, 20 caudales, 12 pares de costillas, el esternón y los huesos hioideos. De las aletas pectorales se cuenta con: 2 escápulas, 2 húmeros, 2 ulnas y 1 radio. Ninguna de las epífisis vertebrales están fusionadas.

El espécimen fue identificado como *K. simus* de acuerdo con dos de los criterios más importantes considerados por Handley (1966) y por Ross (1979): la forma del septum sagital cerca del vertex y la forma de la fosa craneal. El septum sagital cerca del vertex es estrecho (9.7 mm) y la forma del borde de la fosa craneal es subesférico y su pared posterior empinada (Tabla III). Las mediciones del cráneo se muestran en la Tabla II.

El espécimen se encuentra en el laboratorio de Taxidermia de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil (sin número de referencia).

DISCUSION

Orca Pigmea

En general, el patrón de coloración en la orca pigmea (*F. attenuata*) estudiada por los autores, es similar, aunque un poco más oscuro, que el descrito para esta especie en la literatura (Leatherwood y Reeves, 1983; Nishiwaki et. al., 1965; Ross y Leatherwood, 1990; Perrin and Hubbs, 1969), con excepción del "manto" oscuro en la parte superior del cuerpo y de los labios blancos que nuestro espécimen no tenía cuando fue examinado por primera vez. La diferencia en estas dos características posiblemente se debe a que el espécimen fue un animal muy joven, mientras que las descripciones hechas en otras partes corresponden en su mayoría a animales adultos. Sin embargo, el color del espécimen en referencia se ha tornado más claro con el tiempo, presentando una coloración gris pálido en los flancos y más oscuro en la parte superior del cuerpo, ocasionado posiblemente por su preservación en formalina. De manera tal que, actualmente ya se nota el manto en la parte dorsal, hecho que al principio no se observaba, pero los labios siguen siendo grises. Es posible que el patrón de pigmentación definitivo en esta especie aparezca con el desarrollo, como ocurre en otros cetáceos, aunque Perrin y Hubbs (1969) basaron su descripción en un espécimen más pequeño aun que el nuestro (82 cm) e informaron de la presencia de labios blancos.

Las mediciones externas de la orca pigmea encontrada en Ecuador no difieren mucho de las descritas por diversos autores para especímenes encontrados en otras partes (véase Nishiwaki et. al., 1965; Ross y Leatherwood, 1990; Perrin and Hubbs, 1969). Las diferencias más notorias las encontramos en las mediciones No. 9 (distancia entre el hocico y la punta de la aleta dorsal) y No. 15 (mayor circunferencia del cuerpo). En el primer caso de la diferencia podría ser atribuida a la juventud del espécimen, ya que el valor más próximo al de nuestro espécimen es el dado por Perrin y Hubbs (1969) con el 63.4% de la longitud total en otro espécimen igualmente joven. En el caso de la mayor circunferencia, nuestro espécimen es en promedio un 15% más delgado, lo que puede estar relacionado con deficiencia alimenticia previo a su llegada a la costa, quizá ocasionada por la muerte de su madre. Esto podría también explicar como un individuo tan joven, de una especie de aguas profundas, llegó solo hasta la costa.

Cachalote Enano

El espécimen del cachalote enano capturado cerca de la costa continental ecuatoriana (Cat. No. FEMM-012-93) comparado con otros dos especímenes previamente encontrados en el Pacífico Sureste, muestra una notable diferencia en la longitud del rostrum. Mientras en el espécimen ecuatoriano el rostrum representa el 38.2% de la longitud condilobasal, y está dentro del rango para la especie reportado por Ross (1979) que es de 28.5-41.4%, en el espécimen encontrado en Perú es del 49.4% (Reyes y Van Waerebeek, 1992) y en el encontrado en Chile el 51.9% (Crovetto y Toro, 1983). El rostrum en estos casos es tan grande como en los cachalotes pigmeos (*K. breviceps*) (36.4-50.5% de la longitud condilobasal, Ross, 1979), cuyo hocico es más grande que el del cachalote enano (*K. simus*). Esta diferencia no puede explicarse ni porque son de sexo diferente (los dos son hembras y el nuestro macho) ni porque son animales más pequeños; en el caso chileno se trata de un animal inmaduro (164,5 cm) pero el peruano es un animal pequeño (214 cm) sexualmente maduro, de tamaño similar al de nuestro espécimen. De acuerdo a las mediciones craneales de 25 cachalotes enanos sudáfricos dadas por Ross (1979), no existe ninguna diferencia en la longitud del rostrum entre machos y hembras, y por el contrario, el tamaño del rostrum en los especímenes sudáfricos más jóvenes es proporcionalmente menor que en los adultos. Handley (1966) también señala que en esta especie no parece haber variaciones

relacionadas con el sexo. Del espécimen proveniente de Galápagos no se estableció una comparación de esta característica pues estaba roto.

El Dr. ²Koen Van Waerebeek, coautor del trabajo sobre el espécimen peruano, fue consultado por los autores acerca de esta notable diferencia en la longitud del rostrum entre nuestro espécimen y el suyo. El manifestó que al parecer la medición en su espécimen fue hecha de punto a punto y no a lo largo del eje central del cráneo, como debe ser medido de acuerdo con Ross (1979). Sin embargo, la nueva medición proporcionada por él (123 mm, 46% de la longitud condilobasal) sigue fuera del rango dado por Ross. Otro espécimen encontrado en Sudamérica, en Brasil (Pinedo, 1987), también poseía un rostrum largo (43.4% de la longitud condilobasal), arriba del rango dado por Ross (1979). Esta diferencia en la longitud del rostrum en especímenes encontrados en Sudamérica sugiere que esta característica en particular es más variable en los especímenes sudamericanos de *K. simus* que en los sudafricanos. Sin embargo, se necesita una mayor cantidad de especímenes de la región para compararlos y hacer una evaluación definitiva.

Las mediciones del cráneo del cachalote enano de Galápagos tienen valores inferiores a los del espécimen continental, excepto en el ancho de la base del rostrum (No. 3). Toda la evidencia con que se cuenta sugiere que se trata de un animal más joven, aunque se desconoce el sexo y su longitud total.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Director del INOCAR por brindarnos la oportunidad de publicar el presente artículo en la Revista "Acta Oceanográfica del Pacífico".

Al personal del CENAIM por informarnos del varamiento de la orca pigmea y por las facilidades que nos dieron para trabajar con el espécimen. A los voluntarios de la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM): Hans Gómez, Washington Morán, Pedro Jiménez y Miguel Triviño por ayudarnos durante el trabajo de campo. Al Biol. Roger Macías por permitirnos examinar el espécimen proveniente de Galápagos, y a los Drs. Robert Clarke, Steven Leatherwood, Chris Smeenk y Koen Van Waerebeek quienes nos proporcionaron material bibliográfico para la revisión.

REFERENCIAS

- Caldwell, D. K., and M. C. Caldwell (1971).** The pygmy killer whale *Feresa attenuata*, in the western Atlantic, with a summary of world records. *Journal of Mammalogy*, Vol. 52 (1): 206-209.
- Crovetto, A., and H. Toro (1983).** Presence de *Kogia simus* (Cetacea: Physeteridae) dans les eaux chiliennes. *Mammalia*, 47 (4): 591-593.
- Day, D.** List of cetaceans seen in Galapagos. *Noticias de Galápagos*, No. 54 (in press)
- Handley C.O. (1966).** A synopsis of the genus *Kogia* (pygmy sperm whales). Pp. 62-69. In: K.S. Norris (Ed). *Whales Dolphins and Porpoises*. University of California Press. 789 pp.
- Holt, R.S., and A. Jackson (1988).** Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the research vessel "McArthur" July 30-December 10, 1987. NOAA-TM-NMFS-SWFC-116. 143 p.
- Holt, R. S., and S. N. Sexton (1987).** Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the research vessel "David Starr Jordan" July 29-December 5, 1986. 171 p.
- Holt, R. S., and S. N. Sexton (1988).** Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the research vessel "David Starr Jordan" August 8-December 10, 1987. 137 p.
- Leatherwood, S., and R. R. Reeves (1983).** The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. Sierra club Books. San Francisco. 301 p.
- Nishiwaki, M., T. Kasuya, T. Kamiya, T. Tobayama, and M. Nakajima. 1965.** *Feresa attenuata* captured at the Pacific coast of Japan in 1963. Scientific Reports of the Whales Research Institute, 19:65-90, 5 plates.
- Norris, K. S. (1961) (ed.)** Standardized methods for measuring and recording data on the smaller cetaceans. *Journal of Mammalogy*, 42 (4): 471-476.

² Centro Peruano de Estudios Cetológicos (CEPEC). Lima, Perú.

- Perrin, W. F., and C.L. Hubbs (1969).** Observations on a young pygmy killer whale (*Feresa attenuata* Gray) from the eastern tropical Pacific ocean. San Diego Society of Natural History, Vol. 15:287-308.
- Pinedo, M.C. (1987).** First Record of a dwarf sperm whale from Southwest Atlantic, with reference to osteology, food habits and reproduction. Scientific Reports of the Whales Research Institute, 38:171-186.
- Reyes, J.C., and K. Van Waerebeek (1992).** Nuevos registros del género *Kogia* en Perú. Anales de la III Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur. Montevideo-Uruguay 25-30 de Julio de 1988. pp. 54-61.
- Ross, G.J.B. (1979).** Records of pygmy and dwarf sperm whales, genus *Kogia*, from southern Africa, with biological notes and some comparisons. Annals of the Cape Provincial Museum (Natural History). Vol. 11 (4): 259-327.
- Ross, G. J. B., and S. Leatherwood (1990).** Pygmy killer whale *Feresa attenuata* Gray, 1874. In: S.H. Ridgway; R. Harrison (Eds.). Handbook of Marine Mammals Volume IV. Academic Press, San Diego. 442 pp.
- Van Waerebeek, K., and J. C. Reyes (1988).** First record of the pygmy killer whale, *Feresa attenuata* Gray, 1875 from Perú, with a summary of distribution in the eastern Pacific. Zeitschrift für Säugetierkunde, 53: 253-255.

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE LA LAGUNA COSTERA EL SOLDADO, SONORA, MEXICO

Por: RAFAEL OLIVAS SILVA⁽¹⁾
MARGARITA DE LA O VILLANUEVA⁽¹⁾
ARTURO I VILLALBA ATONDO⁽²⁾

RESUMEN

Se hizo un estudio sobre sedimentos recientes en el interior de la laguna costera El Soldado, Sonora, México a fin de identificar dichos sedimentos desde el punto de vista textural, físico-químico, químico y mineralógico evaluando la posible relación de estos parámetros con organismos bentónicos (bivalvos).

El análisis granulométrico se realizó mediante las técnicas definidas por Folk (1974). La materia orgánica y carbonatos se determinaron mediante pérdida por ignición (Dean, 1974). La salinidad, pH y metales pesados se cuantificaron respectivamente con la utilización de conductímetro, potenciómetro y espectrofotómetro de absorción atómica. Los organismos fueron colectados y cuantificados por unidad de área para su posterior identificación.

La distribución de sedimentos es de más gruesos en el área cercana a la boca (Zona proximal), variando a arena limosa (Zona intermedia) y texturas aún más finas hacia la parte interior del cuerpo de agua (Zona distal).

En términos generales la materia orgánica, salinidad de sedimentos y metales traza muestran mayor concentración en sedimentos finos (Zona distal). La distribución de carbonatos tiene un comportamiento contrario mostrándose con mayor contenido porcentual en la zona proximal.

Mineralógicamente los sedimentos del interior de la laguna muestran un carácter clástico con fragmentos que provienen de rocas volcánicas; los componentes encontrados son principalmente cuarzo, feldespato y minerales ferromagnesianos.

Se diferenciaron 18 especies distintas de organismos bentónicos (bivalvos), entre las que se destacan las especies *Chione californiensis*, *Dosinia dunkerii*, *Tellina coani* y *Semele jovis*. En general las condiciones ecológicas más adecuadas para el desarrollo de las especies de bivalvos encontradas en esta laguna son: arenas medianas, bajo contenido de materia orgánica y circulación libre de agua.

ABSTRACT

The coastal lagoon El Soldado, Sonora, Mexico was studied in order to describe this sediments from the textural, phisical-chemical, chemical and mineralogic point of view and evaluate the possible relationship of this parameters with bentonic organisms (bivalves).

The granulometric analysis were made using the technics by Folk (1974). The organic matter and carbonates were determined by loss on ignition method of Dean (1974). The salinity, pH and heavy metals were quantified respectively with the utilization of conductivimeter, potentiometer and atomic absortion spectrophotometer. The organisms were collected and quantified by areal unit for its posterior identification.

The sediments distribution shows a definite pattern: more coarser in the area near of the lagoon mouth (Proximal zone), with the variation to silty sand (Intermedial zone) and to more fine textures in the interior of the water body (Distal zone).

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Universidad de Sonora, México.

⁽²⁾ Centro de Investigaciones Científicas o Tecnológicas, Universidad de Sonora, México.

In a wider sense the organic matter, sediments salinity and trace metals shows higher concentration in fine sediments (Distal zone). The carbonates distribution have an opposite behavior showing more porcentual contents in the Proximal zone.

Mineralogically the sediments in the lagoon show clastic features which are derived from volcanic rocks; their components are mainly quartz, feldspar and ferromagnesian minerals.

18 distinctive species were differentiated, significately predominant are Chione californiensis, Dosinia dunkerii, Tellina coani and Semele jovis. The best ecologic conditions for the development of the bivalves species found in this laggon are: medium grain sands, low contents of organic matter and water free circulation.

INTRODUCCION

En los últimos años se ha presentado un gran interés por conocer los procesos que ocurren en las zonas litorales, principalmente ciertos cuerpos costeros de agua (estuarinos, lagunas, bahías, etc.) ya que son de gran importancia desde el punto de vista pesquero, portuario, minero y turístico.

Particularmente importantes son los estuarios y lagunas que por sus características son un sitio deseable para su industrialización, ya que dichos cuerpos son un medio adecuado para el cultivo de algunas especies de moluscos, crustáceos y peces.

El Estado de Sonora, México cuenta con un litoral de aproximadamente 1000 Km, con importantes cuerpos costeros, los cuales a la fecha no han sido estudiados en una forma multidisciplinaria, aunque cabe mencionar estudios en forma aislada sobre las lagunas La Cruz, Cardonal, Tastiota, El Sargento, Algodones, Lobos, Santa Rosa, Guásimas, Morua y La Choya.

El presente trabajo pretende contribuir a un conocimiento más amplio en la naturaleza del medio sedimentario de un cuerpo de agua del litoral de Sonora, tomando en consideración elementos ambientales básicos como son: Fisiografía, geomorfología, materiales, energía, características físicas y químicas de los sedimentos y un análisis sobre organismos bentónicos (bivalvos).

AREA DE ESTUDIO

1. UBICACION Y ACCESO

La laguna El Soldado se localiza sobre las costas del Estado de Sonora, México a 130 km al Sur de la Cd. de Hermosillo, Sonora y a 12 Km al Noroeste de Guaymas, Sonora, México.

Las coordenadas geográficas que enmarcan a el área estudiada son: los meridianos 110°58'30", 110°57'30" y los paralelos 27°55'30", 27°57'30" (Fig. 1).

2. FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

El área de trabajo se encuentra incluida en la provincia fisiográfica de la Zona Desértica de Sonora (Alvarez Jr., 1969), y corresponden a la VII Unidad Morfotectónica definida por Carranza et. al. (1975).

La Laguna El Soldado corresponde a una típica laguna litoral la cual se comunica con el Golfo de California a través de una boca de 30 m de longitud, estructurada por dos barras litorales bien desarrolladas, cubiertas en parte por duna y mangle.

La deriva litoral más activa se observa que es la generada por las olas del sector NE, ya que de las dos barras que se orientan NE-SW, la que proviene del sector NE y crece al SW es más grande con una longitud de 700 m y 85 m de ancho como promedio. La otra barra es mucho mas pequeña, con solo 300 m de longitud y un ancho de 90 m.

La laguna tiene aproximadamente 1.3 km² de superficie y presenta orientación casi norte-sur. En su interior existen islotes de mangle y pequeñas porciones emergidas que son las que dan la estructura a los canales principales. La forma que posee esta laguna es irregular y semi-alargada, con 2200 m de longitud, 1350 m de ancho en su parte más amplia y menos de 100 m. en las más angostas.

Las profundidades medias para esta laguna son en general someras con 30 cm. en las partes más azolvadas que se encuentran cerca de la boca, y hasta 2 m. en zonas de canal y partes internas donde el aporte de materiales es mínimo.

La principal fuente de los sedimentos que son drenados hacia la laguna provienen seguramente de las amplias zonas aluviales ubicadas en las partes N, NE y W-NW respecto al cuerpo lagunar. Además existen materiales producto de la disgregación de los bordes de la misma laguna y cerros que la rodean.

El origen de esta laguna posiblemente está relacionado con la invasión por parte del mar durante la transgresión holocénica para las depresiones formadas por procesos no marinos y que han sido modificadas por los procesos de la zona litoral durante los últimos 5.000 años a partir de la estabilización del nivel del mar (Malpica-Cruz et.al., 1978).

En el área predominan rocas volcánicas terciarias (basaltos, latitas, riolacitas, traquiandesitas y tobas), que descansan discordantemente sobre un hornfels (Jurásico(?)), intrusionado por un cuerpo granodiorítico de edad Mesozóico (Johnpeer, 1977).

TRABAJOS PREVIOS

Existen publicaciones que incluyen parte de las fases que comprende este estudio. En las costas de Sonora, México se conocen algunas investigaciones sobre sedimentología y geología marina: Estero Morua (Sandusky, 1969), Estero La Choya (Rose, 1975), Lagunas Yavaros, Etchoropo y Moroncarit y en la región del estuario del río mayo (Ayala-Castañares et. al., 1980), Laguna La Cruz (De la O y Villalba, 1984), Laguna Tastiota (Villalba y De la O, 1986).

Existen también trabajos efectuados por investigadores del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (C.I.C.T.U.S.) en las lagunas costeras Algodones, Lobos, Guásimas, La Cruz, Santa Rosa, Sargento y El Soldado, sobre diversos aspectos físico-químicos, nutrientes, pigmentos, bio-ecología y experimentos sobre el cultivo de ciertas especies (Ortega, 1978, Chaparro y Villegas, 1983, Martínez, et. al., 1988).

METODOLOGIA

En campo se realizó un reconocimiento de las áreas a estudiar a fin de localizar las 18 estaciones de muestreo de sedimentos superficiales del interior de la laguna (Fig. 1)

En el laboratorio y gabinete se procedió a realizar una serie de análisis de los sedimentos. Con los datos obtenidos se procedió a preparar e integrar los resultados. A continuación se describen brevemente cada uno de los métodos utilizados en los análisis granulométrico, físico-químico, químico y cuantificación de organismos bentónicos (bivalvos).

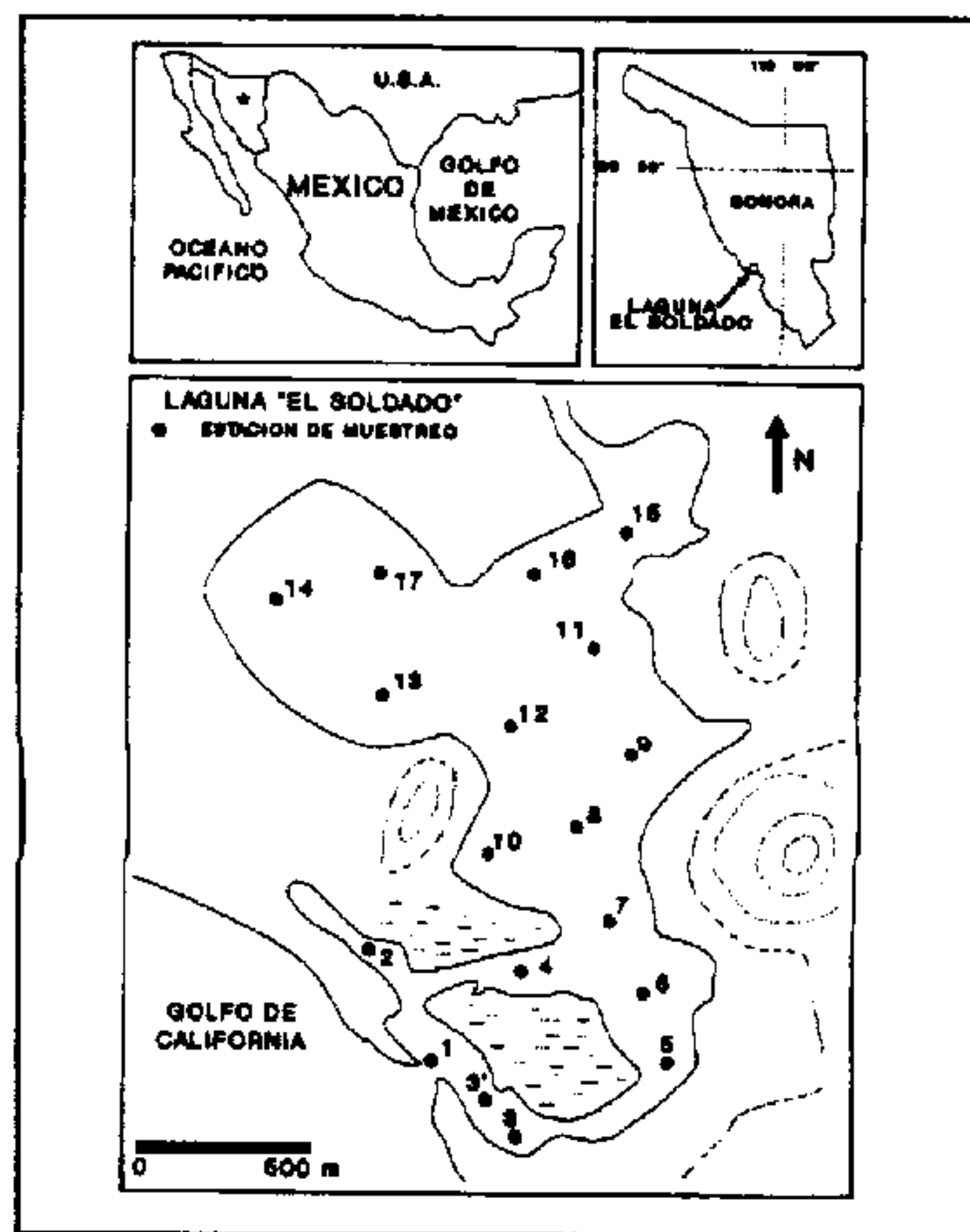


Figura 1. Localización de la laguna El Soldado y distribución de las estaciones de muestreo.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SEDIMENTOS

En este análisis se siguieron las técnicas descritas por Folk (1974). Para sedimentos menores de 0.0625 mm (fracción limo arcillosa) se utilizó el método de pipeta de acuerdo a los procesos definidos originalmente por Krumbein (1932), y para sedimentos mayores a 0.0625 mm y hasta 2.0 mm (fracción arenosa) se usó el tubo de sedimentación implementado por Emery 1938).

MATERIA ORGÁNICA, CARBONATOS, SALINIDAD Y pH EN LOS SEDIMENTOS.

Se determinó el contenido de carbonatos y materia orgánica mediante la técnica de pérdida por ignición con el método descrito originalmente por Dean (1974).

El procedimiento utilizado para la determinación de la salinidad contenida en los sedimentos en general consiste en la extracción del agua saturada de una parte de la muestra la cual se analiza por medio de un conductímetro (S.R. H., 1976).

En la medición del pH se utilizó un potenciómetro. La medición de este parámetro también se hacen sobre los extractos de saturación utilizados en la determinación de la salinidad de los sedimentos (S.R.H., 1976).

ANÁLISIS QUÍMICO Y MINERALÓGICO DE LOS SEDIMENTOS

El análisis químico para la determinación de los metales pesados totales (cobre, plomo, zinc, hierro, manganeso, cadmio, níquel, cromo y cobalto) se realizó mediante la técnica de absorción atómica (Loring y Rantala, 1977; Lively et. al., 1979).

También, se analizaron muestras representativas para determinar la composición mineralógica del sedimento arenoso y limo grueso. Esto se hizo por medio de láminas delgadas utilizando el microscopio petrográfico. Se elaboró una cuantificación directa de los minerales que componen el sedimento determinando los porcentajes de feldespatos, cuarzo, fragmentos líticos y fragmentos biógenos.

Con respecto a las muestras que en su composición presentan un alto contenido de fracción fina fueron analizadas por medio de difracción de rayos X.

ANÁLISIS DE ORGANISMOS BENTÓNICOS BIVALVOS

Fueron muestreadas 10 estaciones para obtener en general la distribución de organismos bentónicos (bivalvos). Las estaciones son algunas de las utilizadas para el análisis granulométrico y físico-químico de los sedimentos.

El muestreo se hizo sobre un área de 0.25 m² y 10 a 15 cm. de profundidad. Se eliminaron materiales finos y se cuantificaron e identificaron los organismos hasta donde fue posible (la mayoría hasta especie).

RESULTADOS

1. DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS

Los datos obtenidos a partir del análisis granulométrico de tamizado, tubo de sedimentación y pipeteo (Emery 1938; Krumbein 1932), se graficaron para obtener la información necesaria para el cálculo de los parámetros estadísticos; mediana (Md), moda (Mo), tamaño promedio (Mz), desviación estándar (σ), varianza (σ^2), sesgo (Sk) y curtosis (Kg) para el total de 18 muestras, con su respectiva caracterización según los límites propuestos por Folk (1974), (Tabla I y II).

Con el fin de agrupar la distribución de los sedimentos en el interior de la laguna estudiada se determinaron zonas texturales usando para tal efecto la conjunción de dos clasificaciones. Por un lado aplicando el diagrama ternario propuesto por Folk, (1974) (Fig. 2), donde los sedimentos son agrupados según los porcentajes de arena, limo y arcilla y, por otro lado aplicando el gráfico desarrollado por Inman y Chamberlain (1955) (Fig. 3), que separa grupos al correlacionar el tamaño medio de partícula con la desviación estándar (σ) y el coeficiente de asimetría (Sk).

Las zonas de sedimentación que se distinguieron son identificadas como a). proximal, b) intermedia y c) distal; (Fig. 4) Estas zonas fueron denominadas de acuerdo a la lejanía de la fuente de aporte y energía (boca lagunar) y caracterizada por medio de los parámetros estadísticos: Tamaño medio (Mz), desviación estándar (σ) y sesgo (Sk) (Tabla I y II), según el modelo de Inman y Chamberlain (1955). (Fig. 3).

a). **Zona proximal.**- A esta zona la constituyen un total de 11 estaciones las que se encuentran característicamente en las cercanías de la boca y en la parte media de la laguna (Fig. 4). Son muestras clasificadas como arenas (Folk, 1974) con un promedio de 98% de arena y menos de 2 % de lodos (Tabla III). Se definen como bien a moderadamente bien clasificadas con un coeficiente de desviación de 0.42 a 0.89 phi (Tabla II). Tomando en cuenta su sesgo, estos sedimentos generalmente son positivos variando de asimétricas a muy asimétricas hacia los finos o casi asimétricas con un coeficiente que va de 0.06 a 0.65 phi. La curtosis de esta zona es leptocúrtica a muy platicúrtica con valores que fluctúan entre 0.59 y 1.26 phi.

TABLA I. Parámetros estadísticos de los sedimentos de la laguna El Soldado y una clasificación en base a su asimetría según Folk (1974).

ESTACION	Mo	Md	$\sqrt{x^2}$	Sk	ASIMETRIA
S-1	0.75	1.06	0.21	0.65	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-2	1.50	1.40	0.22	0.16	ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-3	1.00	1.24	0.41	0.43	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-3	1.00	0.92	0.18	0.30	ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-4	1.75	1.58	0.42	0.06	CASI ASIMETRICA
S-5	1.00	1.18	0.19	0.35	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-6	1.00	1.18	0.41	0.35	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-7	1.25	1.39	0.40	0.24	ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-8	1.00	1.71	0.79	0.10	ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-9	1.50	1.60	0.30	0.14	ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-10	1.75	1.59	0.36	0.08	CASI ASIMETRICA
S-11	2.75	2.48	2.25	0.32	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-12	7.00	3.10	7.34	0.50	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-13	7.00	1.98	7.34	0.66	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-14	7.00	6.02	11.63	-0.15	ASIMETRICA HACIA LOS GRUESOS
S-15	9.00	7.16	13.10	-0.09	CASI ASIMETRICA
S-16	8.00	8.10	12.11	0.37	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS
S-17	7.00	6.63	41.99	0.54	MUY ASIMETRICA HACIA LOS FINOS

TABLA II. Parámetros estadísticos caracterizados en base a su desviación estandar ($\sqrt{x}$) y curtosis (Kg) según Folk (1974).

ESTACION	$\sqrt{x}$ CLASIFICACION	Kg CURTOSIS
S-1	0.46 BIEN CLASIFICADA	0.99 MESOCURTICA
S-2	0.47 BIEN CLASIFICADA	0.90 MESOCURTICA
S-3	0.64 MOD. BIEN CLASIFICADA	0.26 LEPTOCURTICA
S-3	0.42 BIEN CLASIFICADA	1.03 MESOCURTICA
S-4	0.65 MOD. BIEN CLASIFICADA	0.81 PLATICURTICA
S-5	0.44 BIEN CLASIFICADA	0.92 MESOCURTICA
S-6	0.64 MOD. BIEN CLASIFICADA	1.12 LEPTOCURTICA
S-7	0.63 MOD. BIEN CLASIFICADA	0.75 PLATICURTICA
S-8	0.89 MOD. BIEN CLASIFICADA	0.59 MUY PLATICURTICA
S-9	0.55 MOD. BIEN CLASIFICADA	1.03 MESOCURTICA
S-10	1.60 MOD. BIEN CLASIFICADA	0.87 PLATICURTICA
S-11	1.50 MAL CLASIFICADA	1.86 MUY LEPTOCURTICA
S-12	2.71 MUY MAL CLASIFICADA	0.88 PLATICURTICA
S-13	2.71 MUY MAL CLASIFICADA	0.76 PLATICURTICA
S-14	3.41 MUY MAL CLASIFICADA	1.61 MUY LEPTOCURTICA
S-15	3.62 MUY MAL CLASIFICADA	0.69 PLATICURTICA
S-16	3.48 MUY MAL CLASIFICADA	1.14 LEPTOCURTICA
S-17	6.48 EXTREMTE. MAL CLASIFICADA	2.05 MUY LEPTOCURTICA

TABLA III. Contenido de arena, limo y arcilla, clasificación textural y caracterización de los sedimentos en base al tamaño medio del sedimento (Folk, 1974).

ESTACION No.	(%) ARENA	(%) LIMO	(%) ARCILLA	CLASIFICACION TEXTURAL	TAMAÑO MEDIO (phi)	CARACTERIZACION (Folk, 1974)
S-1	99.59	0.311	0.099	ARENA	1.26	ARENA MEDIANA
S-2	99.69	0.244	0.066	ARENA	1.43	ARENA MEDIANA
S-3	98.99	0.928	0.082	ARENA	1.38	ARENA MEDIANA
S-3	99.13	0.090	0.780	ARENA	0.98	ARENA GRUESA
S-4	99.56	0.344	0.096	ARENA	1.60	ARENA MEDIANA
S-5	99.71	0.286	0.004	ARENA	1.28	ARENA MEDIANA
S-6	99.23	0.726	0.044	ARENA	1.29	ARENA MEDIANA
S-7	99.31	0.602	0.088	ARENA	1.49	ARENA MEDIANA
S-8	98.73	1.093	0.177	ARENA	1.78	ARENA MEDIANA
S-9	98.58	1.080	0.340	ARENA	1.63	ARENA MEDIANA
S-10	98.81	1.030	0.160	ARENA	1.61	ARENA MEDIANA
S-11	86.78	13.220	0.000	ARENA LIMOSA	2.60	ARENA FINA
S-12	67.61	31.437	0.953	ARENA LIMOSA	3.88	ARENA MUY FINA
S-13	71.18	28.342	0.478	ARENA LIMOSA	3.11	ARENA MUY FINA
S-14	46.82	52.595	0.585	LIMO ARENOSO	5.03	LIMO MEDIANO
S-15	48.56	31.692	19.748	LODO ARENOSO	6.72	LIMO MEDIANO
S-16	13.76	78.040	8.200	LIMO ARENOSO	9.14	ARCILLA
S-17	28.36	69.060	2.580	LIMO ARENOSO	8.46	ARCILLA

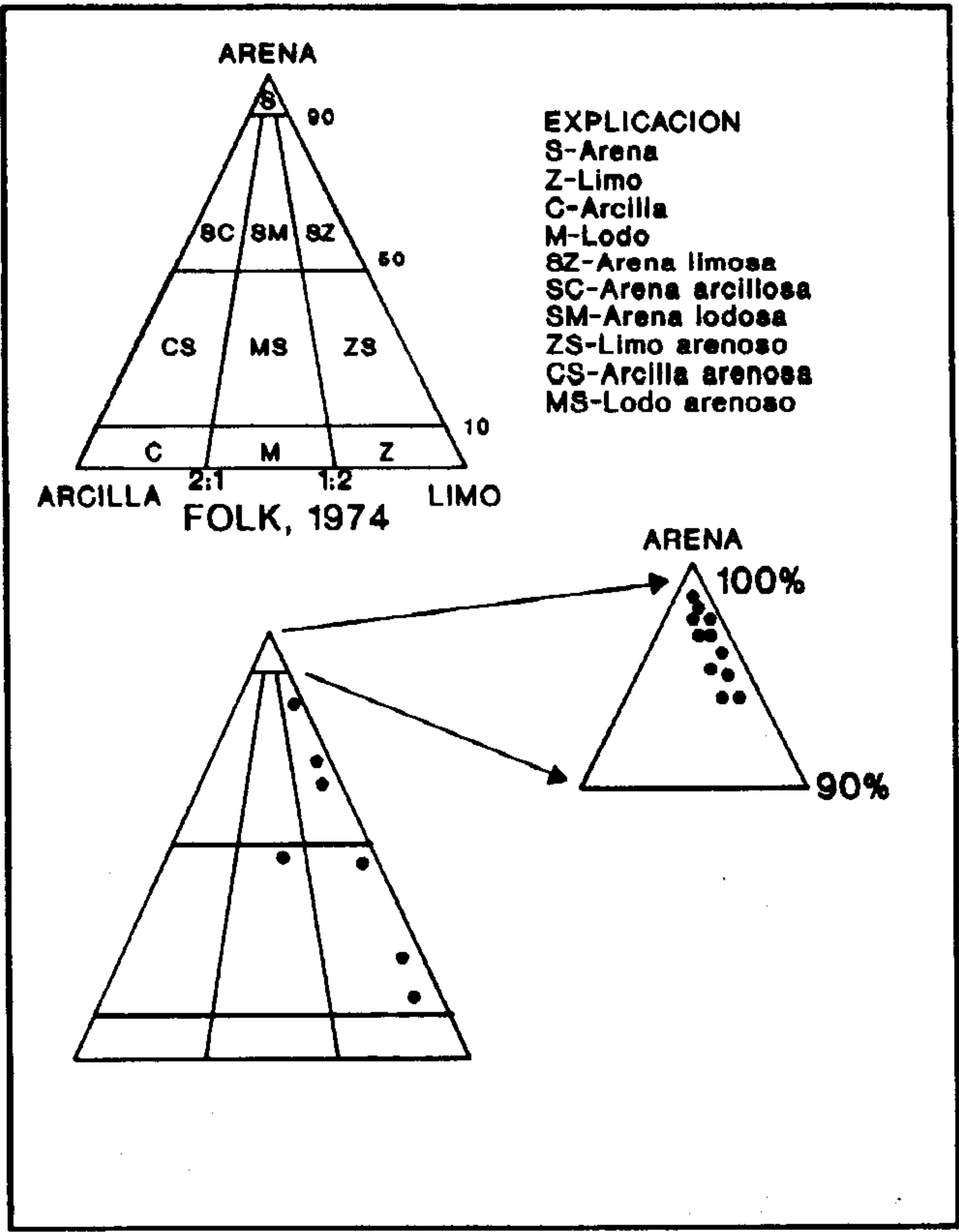


Figura 2. Diagrama Ternario para la nomenclatura de sedimentos terrigenos con la ubicación de las muestras analizadas.

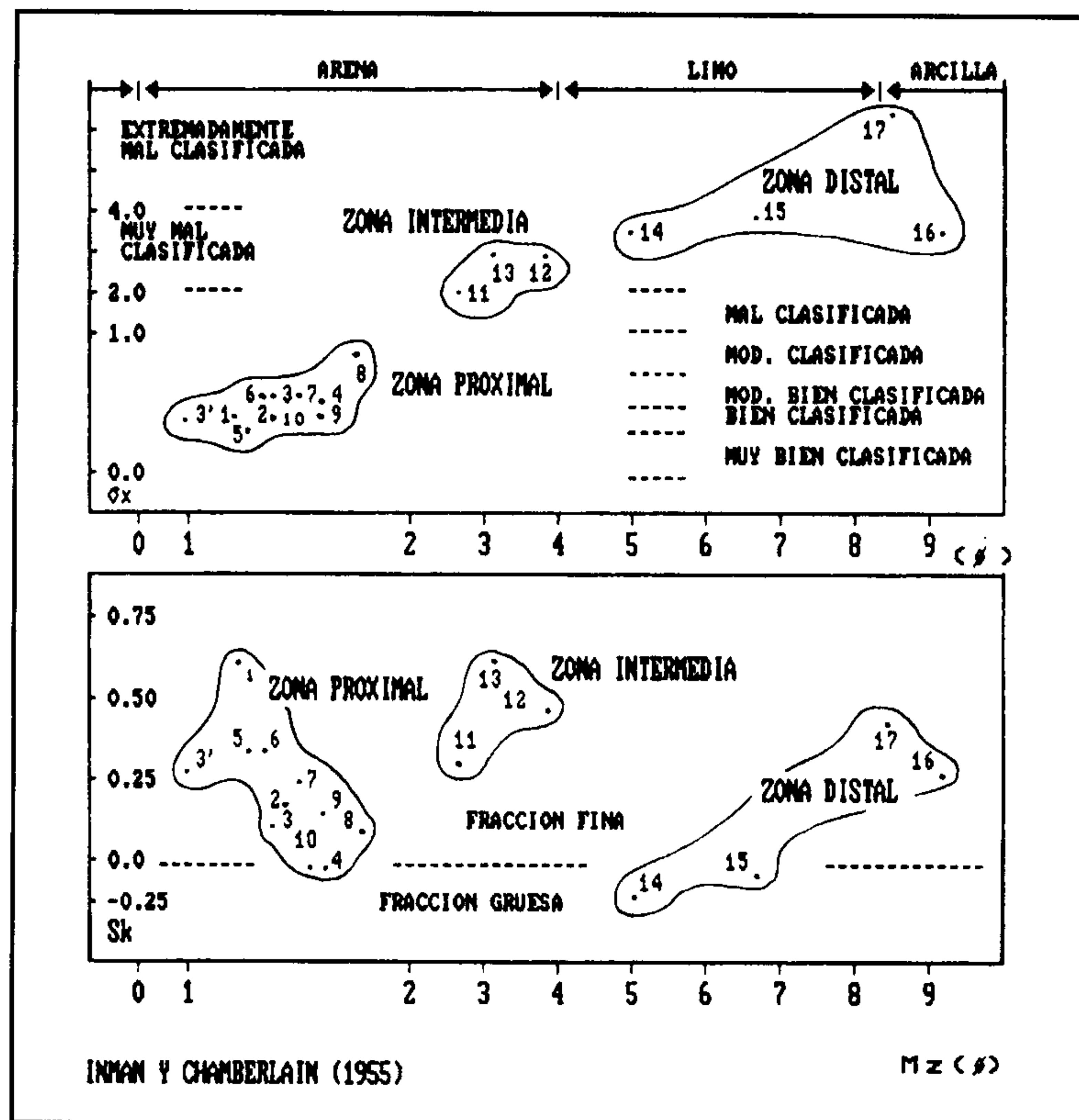


Figura 3. Correlación de parámetros estadísticos Mz , σ_x y Sk en grupos texturales (Inman y Chamberlain, 1955).

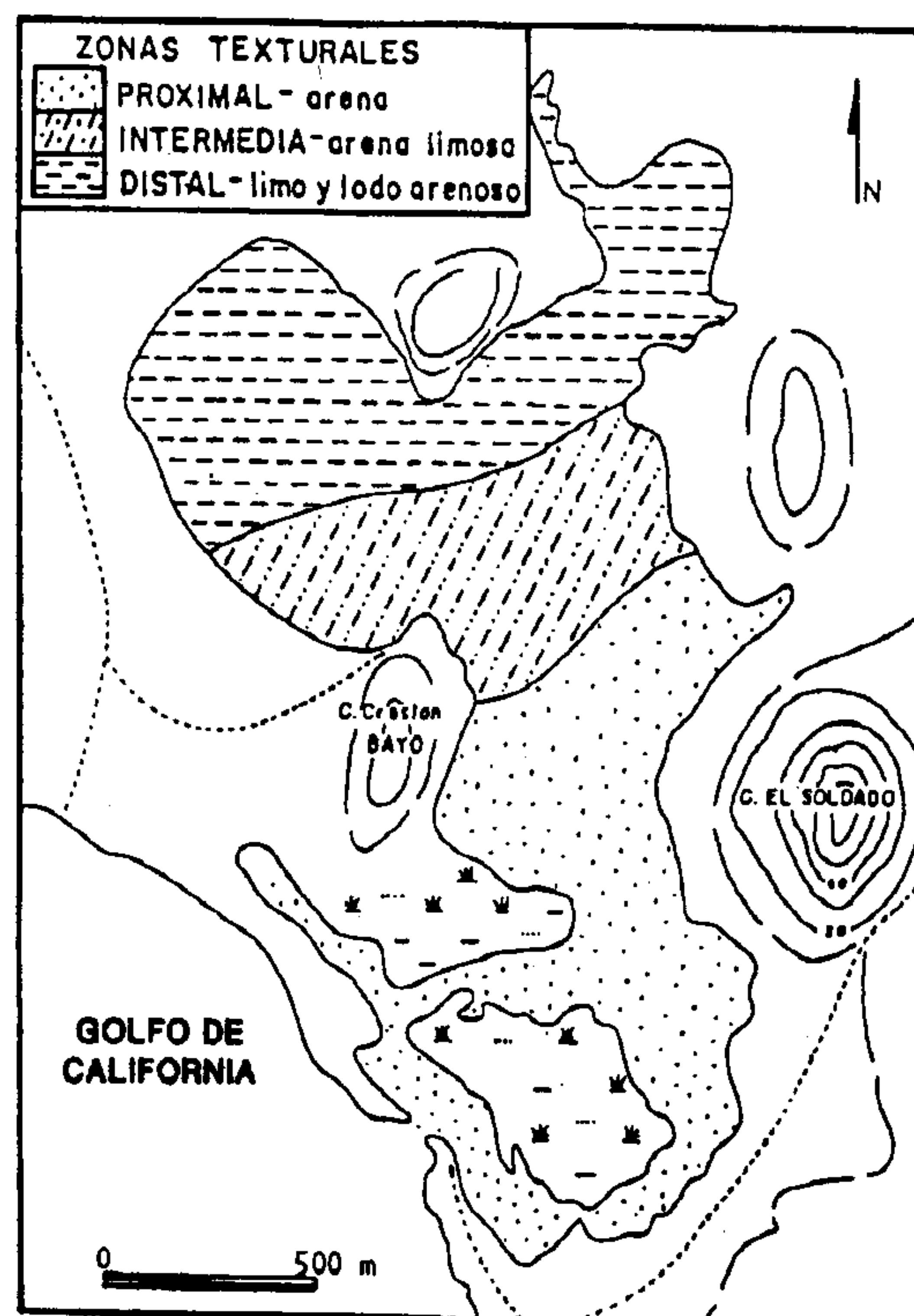


Figura 4. Distribución de las zonas de depositación en base a grupos texturales.

b). **Zona intermedia.** - Después de la zona proximal se encuentra una franja con tres estaciones (Fig. 4) clasificadas como arenas limosas las mismas que contienen de 70 a 80% de arena, 13 a 31% de limo y muy poca arcilla (Tabla III). Corresponden a sedimentos mal a muy mal clasificados con valores de desviación estandar entre 1.50 y 2.71 phi, y un coeficiente de asimetría de 0.32 a 0.66 phi caracterizándose como muy asimétricas hacia los finos. Los valores de curtosis en esta zona van de 0.76 a 1.86 phi, clasificadas como platicúrticas y muy leptocúrtica (Tabla I y II).

c). **Zona distal.** - Esta zona se compone por 4 estaciones caracterizadas como limos arenosos y una sola como lodo arenoso (Tabla IV). Se ubican en la porción más interna de la laguna (Fig. 4). Estos sedimentos son los que contienen la mayor cantidad de finos de todo el cuerpo lagunar. Se observa en algunas muestras porcentajes casi iguales de arena y limo; la arena es de 13 a 48%, el limo de 31 a 78% y las arcillas de 0.5 a 19% en las estaciones más internas (Tabla III). Según su sesgo se ubican como casi asimétricas a muy asimétricas hacia los finos y una sola como asimétrica hacia los gruesos, con coeficientes entre 0.54 y -0.15 phi. La homogeneidad de partículas tiene índice de 3.41 a 6.48 phi que las ubica de muy mal a extremadamente mal clasificadas. La curtosis de las muestras que constituyen esta zona es clasificada de platicúrtica a muy leptocúrtica con

valores que fluctúan entre 0.69 y 2.05 phi (Tablas I y II).

DISTRIBUCION DE MATERIA ORGANICA

En esta laguna se observan tres rangos porcentuales de materia orgánica dominantes. De 2 a 4% se encuentran en la porción mas cercana a la boca misma que contienen sedimento clasificado como arena y arena limosa. El segundo rango se relaciona con sedimentos que contienen entre 4 y 6% de materia orgánica, los que se ubican en la porción interior de la laguna clasificados como arena limosa, lodo arenoso y limo arenoso. Los máximos valores encontrados en esta laguna fluctúan entre 6 y 8%, (Tabla IV) y corresponden al tercer rango cuyas estaciones se ubican en la porción más interior de la laguna (Fig. 5).

DISTRIBUCION DE CARBONATOS

En general el porcentaje de carbonatos para las estaciones de la primera mitad de la laguna son bastante altos con una ligera concentración hacia las más cercanas a la boca; en la parte media el comportamiento es uniforme conservando valores altos (mayores al 10%). Hacia la parte media y hacia la parte más interna de la laguna se observa un cambio brusco en el contenido de los carbonatos disminuyendo hasta casi 5% como promedio (Tabla IV) (Fig. 6).

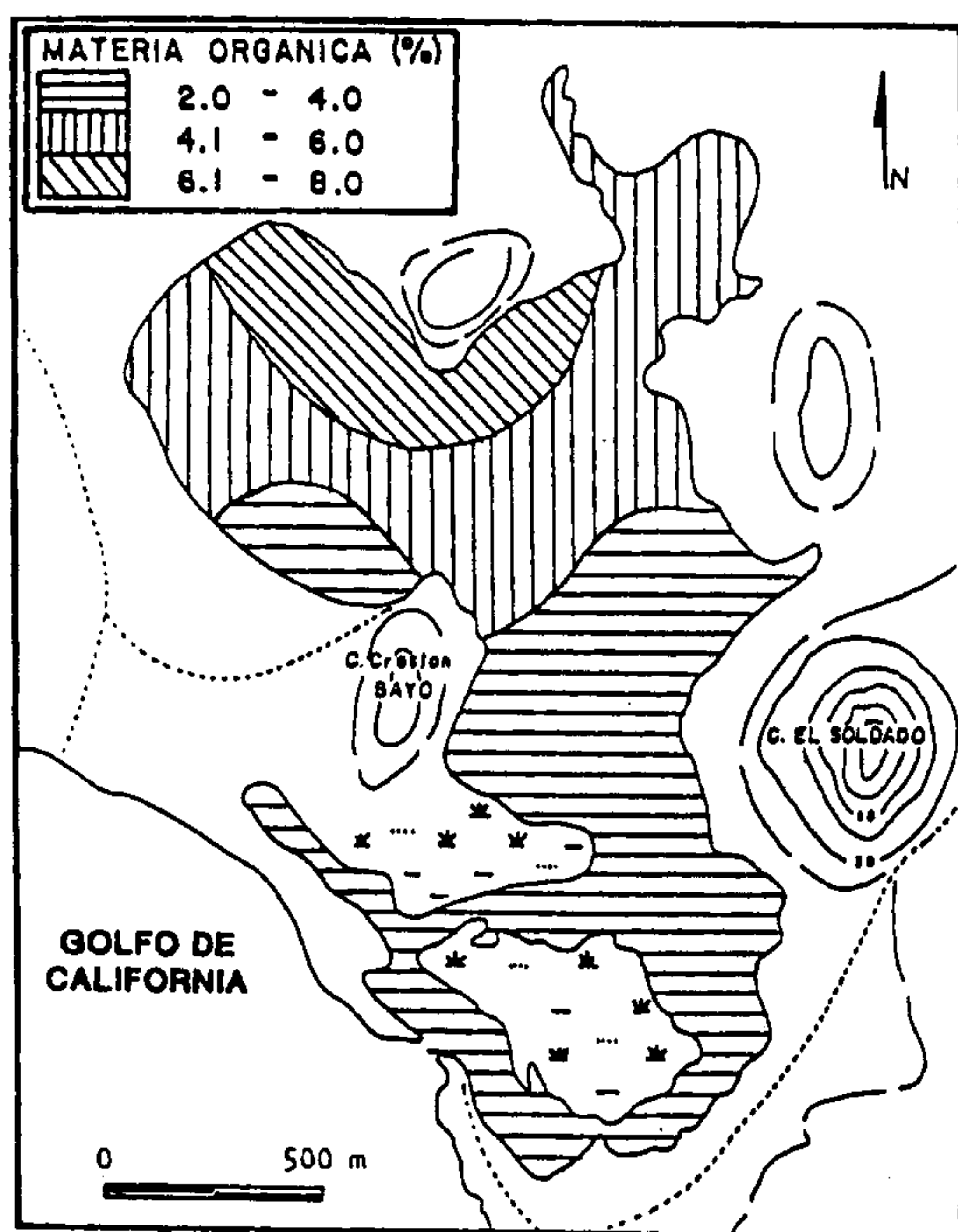


Figura 5. Distribución porcentual del contenido de Materia Orgánica en sedimentos de la laguna El Soldado.

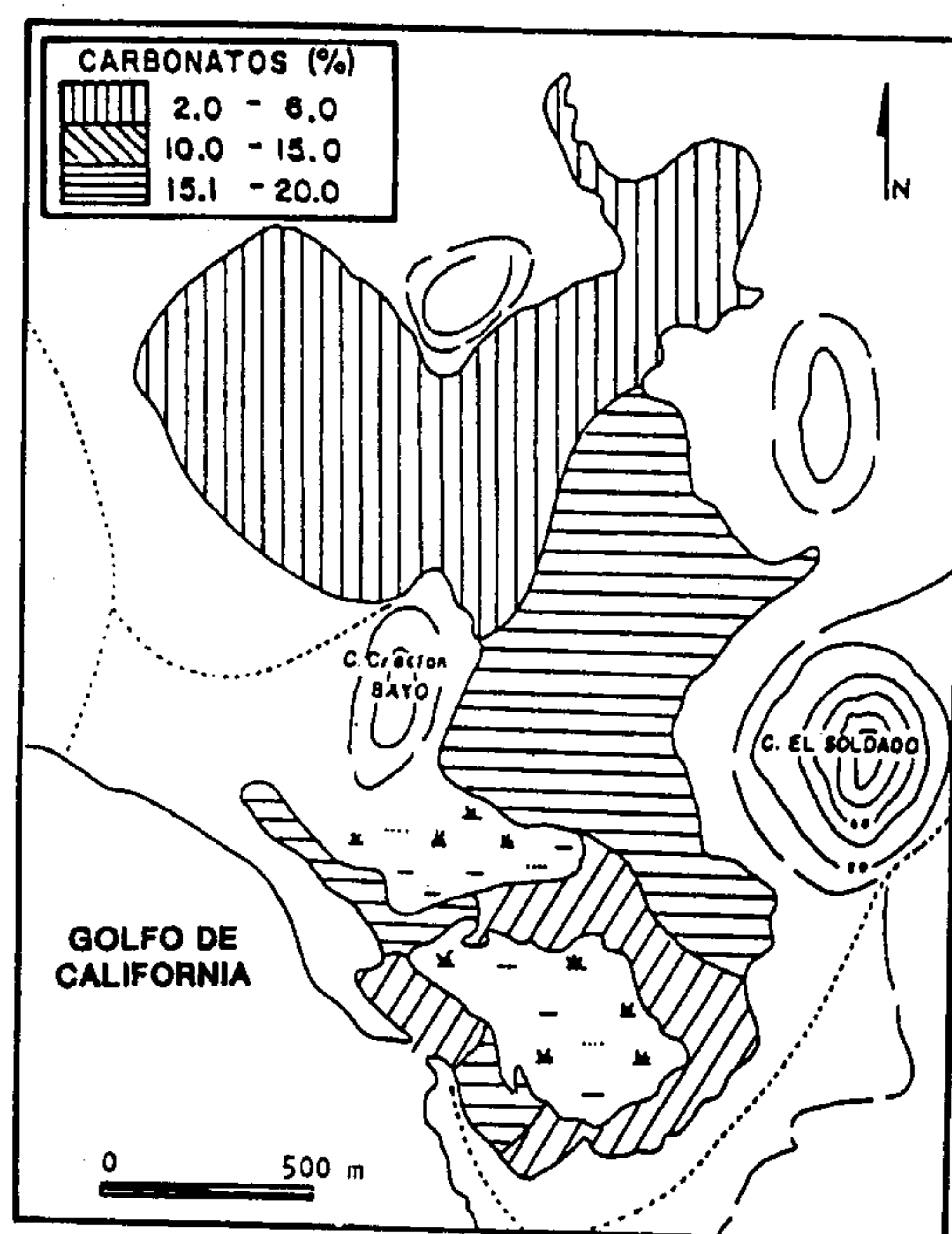


Figura 6. Distribución porcentual del contenido de carbonatos en sedimentos de la laguna El Soldado.

TABLA IV. Resultados de los parámetros físico-químicos y metales pesados registrados en los sedimentos de la laguna El Soldado.

ESTACION No.	MATERIA ORGANICA	CARBONATOS (%)	SALINIDAD (ppm)	pH	Fe %	Mn (ppm)	Cu (ppm)
S-1	3.32%	14.73	42.600	8.77	0.56	100.0	10.0
S-2	2.69 %	18.80	40.800	8.50	0.48	60.0	10.0
S-3	3.32 %	10.69	47.200	8.78	0.53	60.0	10.0
S-3'	3.30 %	18.40	48.400	8.61	0.54	60.0	10.0
S-4	3.42 %	14.19	39.200	8.66	0.48	60.0	10.0
S-5	3.40 %	13.80	35.200	8.71	0.51	70.0	10.0
S-6	3.50 %	16.17	48.800	8.53	0.53	60.0	10.0
S-7	3.39 %	16.07	38.400	8.63	0.55	80.0	10.0
S-8	3.63 %	15.00	44.800	8.35	0.54	60.0	10.0
S-9	3.61 %	15.58	47.600	8.50	0.55	70.0	10.0
S-10	3.94 %	15.71	46.400	8.89	0.58	70.0	10.0
S-11	4.08 %	15.61	50.400	8.47	1.09	130.0	20.0
S-12	4.47 %	3.42	52.000	8.20	1.66	210.0	20.0
S-13	3.00 %	2.27	50.200	7.70	1.28	180.0	20.0
S-14	4.59 %	2.60	49.600	8.07	1.80	230.0	20.0
S-15	4.83 %	2.83	53.600	7.96	2.50	310.0	30.0
S-16	6.76 %	3.14	56.800	7.11	2.54	330.0	30.0
S-17	6.43 %	3.09	52.000	7.89	2.28	310.0	30.0

ESTACION No.	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cd (ppm)
S-1	30.0	20.0	20.0	70.0	40.0	10.0
S-2	30.0	10.0	10.0	40.0	30.0	10.0
S-3	30.0	20.0	10.0	40.0	30.0	10.0
S-3'	30.0	20.0	10.0	50.0	40.0	10.0
S-4	30.0	20.0	10.0	40.0	30.0	10.0
S-5	20.0	20.0	10.0	50.0	40.0	10.0
S-6	30.0	30.0	10.0	50.0	40.0	10.0
S-7	10.0	20.0	20.0	50.0	40.0	10.0
S-8	20.0	20.0	20.0	40.0	40.0	10.0
S-9	10.0	30.0	20.0	50.0	40.0	10.0
S-10	10.0	20.0	20.0	40.0	40.0	10.0
S-11	0.0	30.0	40.0	45.0	50.0	10.0
S-12	0.0	50.0	60.0	40.0	40.0	10.0
S-13	0.0	40.0	40.0	50.0	40.0	10.0
S-14	210.0	60.0	60.0	50.0	40.0	10.0
S-15	0.0	60.0	70.0	60.0	50.0	10.0
S-16	210.0	80.0	70.0	60.0	40.0	0.0
S-17	180.0	80.0	70.0	60.0	40.0	0.0

SALINIDAD Y pH

Las concentraciones de salinidad más altas en esta laguna, se encontraron en las estaciones ubicadas en las porciones más internas de la laguna con niveles de concentración que fluctúan entre 50.2 y 56.8‰, donde el tamaño de grano es fino y el contenido de materia orgánica es alto (Tabla IV). Las menores concentraciones registradas, se encuentran en las estaciones ubicadas cerca de la boca las cuales presentan valores entre 35.2 y 42.6‰ caracterizadas por sedimentos con tamaño de grano mediano a grueso (Fig. 7).

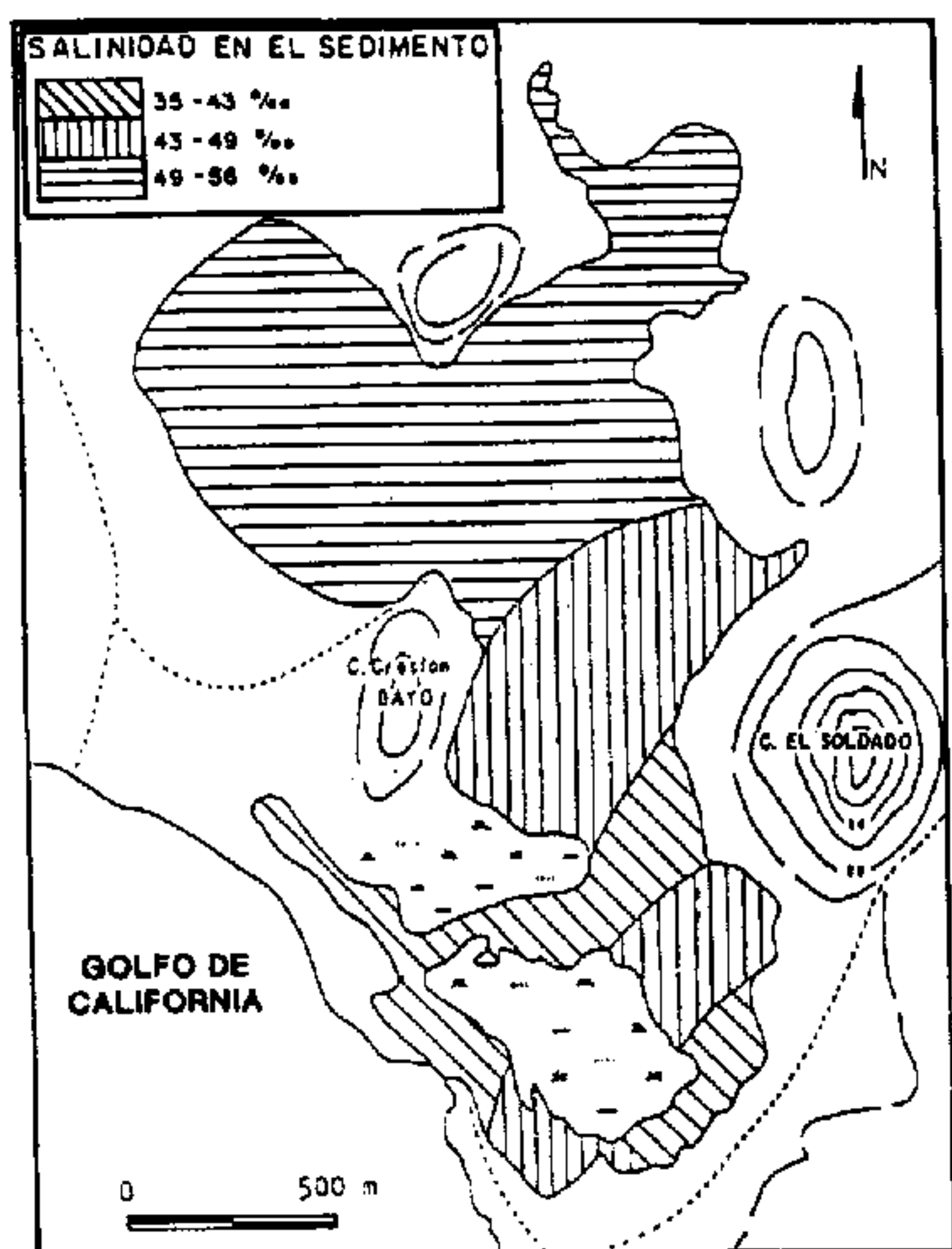


Figura 7. Distribución del contenido de salinidad en sedimentos de la laguna El Soldado.

El pH de los sedimentos varía de 7.11 a 8.90 (Tabla IV). Se encontró que los valores mas bajos se asocian a sedimentos finos y altas concentraciones de materia orgánica, esto es en la porción distal de la laguna. Los valores altos de pH se localizan en general hacia la zona proximal donde se encuentran sedimentos de grano mediano y grueso. En esta área las concentraciones de materia orgánica son bajas. (Fig. 8).

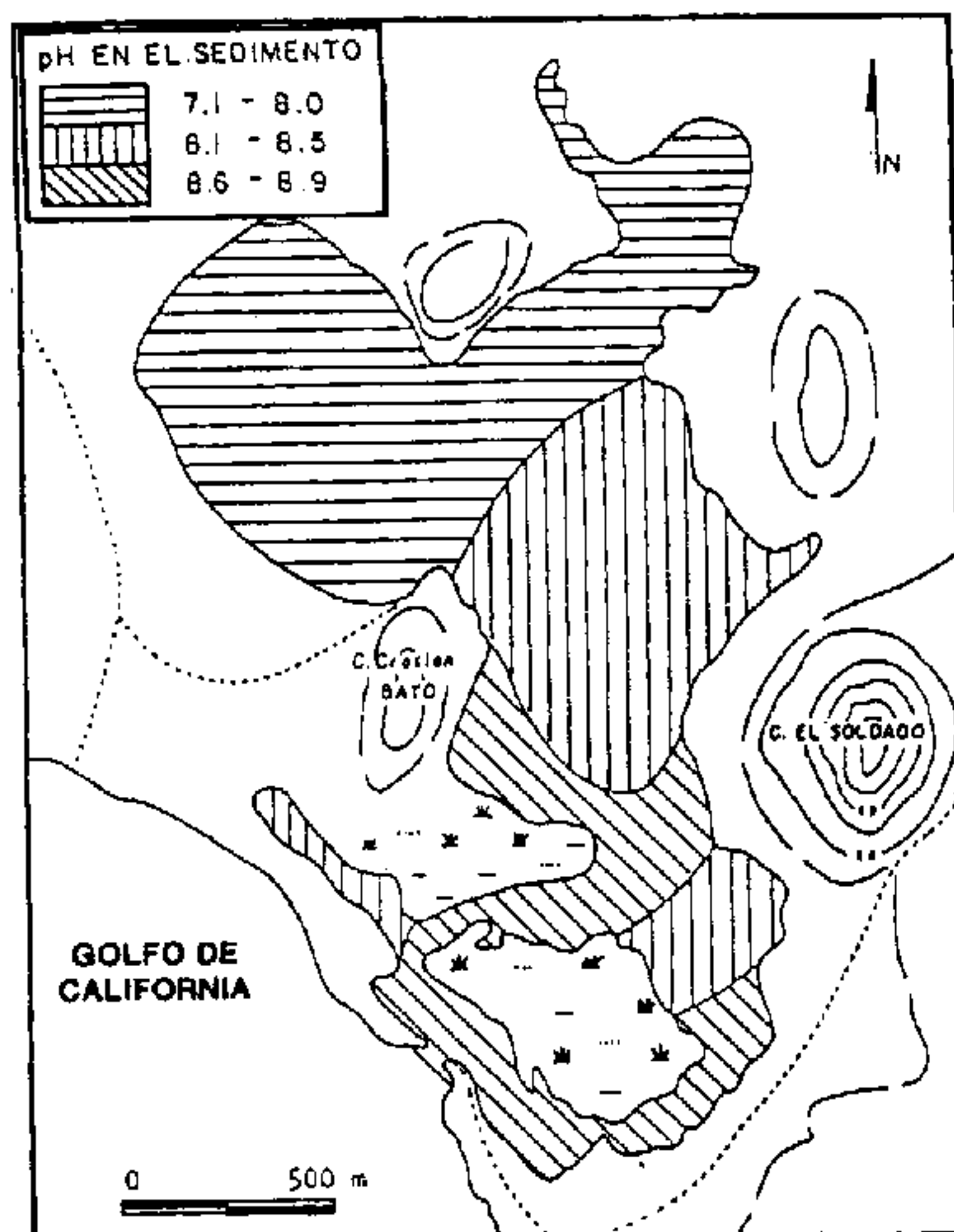


Figura 8. Distribución de los niveles de pH registrados en sedimentos de la laguna El Soldado

METALES TRAZA TOTALES

Hierro.- Este elemento es el que presenta las concentraciones más altas en toda la laguna. Se registran los valores más altos en las estaciones correspondientes a la zona distal con niveles entre 1.80 y 2.54%. En segundo término en cuanto a concentración, se tiene a la zona intermedia con 1.09 a 1.66% de Fe y el menor contenido de este elemento se registra en la porción correspondiente a la zona proximal con 0.48 a 0.58 % (Tabla IV).

Manganeso.- Las zonas intermedia y distal son las que contienen las más altas concentraciones de Mn (entre 130 y 330 ppm). Los más bajos contenidos son de 60 a 100 ppm correspondientes a la zona proximal (Tabla IV).

Cobre, cromo, zinc y plomo.- Estos elementos presentan un comportamiento similar al observado para Fe y Mn. El plomo muestra que su distribución es en parte distinta a la observada para los elementos Fe, Mn, Cu, Cr y Zn, con altas concentraciones en la zona distal, valores bajos en la zona proximal y más bajos en la zona intermedia (Tabla IV).

Niquel, cobalto y cadmio.- Estos tres elementos en general presentan valores de concentración homogéneos a lo largo de todo el cuerpo lagunar (Tabla IV).

COMPOSICION MINERALOGICA

En los estudios efectuados con el microscopio petrográfico se detectaron como principales constituyentes fragmentos líticos, cuarzo, fragmentos biógenos, feldespatos y minerales ferromagnesianos.

Los fragmentos líticos son producto de rocas volcánicas en su mayoría (andesitas) y raramente presenta fragmentos provenientes de rocas ígneas intrusivas de grano fino. En general los granos de cuarzo se encuentran muy angulosos y raramente redondeados, debido a la abrasión continua. Los feldespatos son menos abundantes que el cuarzo y se encuentran con superficies bien redondeadas y muy alterados a sericita. El tipo de feldespato identificado en los sedimentos del interior de esta laguna es ortoclasa, que evidencia una fuente plutónica. También se determinó que las plagioclasas en su mayoría son de la variedad andesina. Los fragmentos biógenos identificados son pequeñas conchas de pelecípodos, gasterópodos y restos de fibras vegetales. Los minerales ferromagnesianos detectados son ilmenita y magnetita.

La fracción fina es representada por montmorillonita la cual posiblemente se está formando en la cuenca de la laguna debido a que las condiciones para su formación son bastante favorables. Probablemente es producto de la alteración de cenizas volcánicas ya que en la región donde se ubica la laguna predominan ambientes volcánicos que aportan sus materiales de disgregación directamente en esta.

DISTRIBUCION DE ORGANISMOS BENTONICOS (Bivalvos)

En los sedimentos del interior de la laguna El Soldado fueron encontradas 18 especies distintas. La distribución de las especies se localiza exclusivamente en la zona proximal, cerca de la boca caracterizada por sedimentos clasificados como arena mediana a gruesa, porcentajes de materia orgánica de 2 a 4%, carbonatos de 13 a 19%, salinidad de 35.0‰ a 50.0‰, pH de 8.3 a 8.9, Fe de 0.50 a 0.56, Mn de 60 a 70 ppm y circulación libre de agua (Tabla Va y Vb).

La zona intermedia y distal de la laguna presenta escasez total de especies bivalvas.

De las especies que mejor distribución y población presenta es *Chione californiensis* con población en 5 de las 6 estaciones muestreadas en la zona proximal. Otras especies con buena distribución son *Dosinia dunkerii*, *Tellina coani* y *Semele jovis*.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En función de la distribución textural y granulométrica se establecieron 3 zonas de sedimentación proximal, intermedia y distal. La zona proximal está caracterizada por arena mediana, con una sola variante a arena gruesa. La zona intermedia presenta arenas finas a muy finas y la zona distal muestra sedimentos clasificados como limos medianos, limo fino y arcillas (Tabla III).

En el interior de la laguna se observó que los sedimentos gruesos permanecen cerca de la boca de la laguna. Son sedimentos bien clasificados que reflejan en cierta forma la influencia de las corrientes marinas. En las porciones más internas los materiales son más finos debido principalmente a la poca influencia de las corrientes, lo que produce zonas tranquilas que permiten el depósito de lodos que están siendo transportados en suspensión.

La materia orgánica se distribuye en relación directa al contenido de limos y en función inversa respecto al tamaño medio del sedimento (Fig. 9a). La materia orgánica al igual que los sedimentos finos son acumulados por efecto de la circulación restringida de las aguas en las zonas más internas de la laguna. La principal fuente de procedencia de este elemento en los sedimentos es el mangle.

Los carbonatos se comportan en función inversa respecto al limo y en relación directa con el tamaño de grano del sedimento (Fig. 9a). Los carbonatos se relacionan con los sedimentos arenosos de la zona proximal debido a la influencia de los fragmentos calcáreos que son los que regulan su distribución.

La salinidad, considerada en promedios por zona textural, indica una relación directa con materia orgánica e inversa con el tamaño medio del sedimento (Fig. 9b).

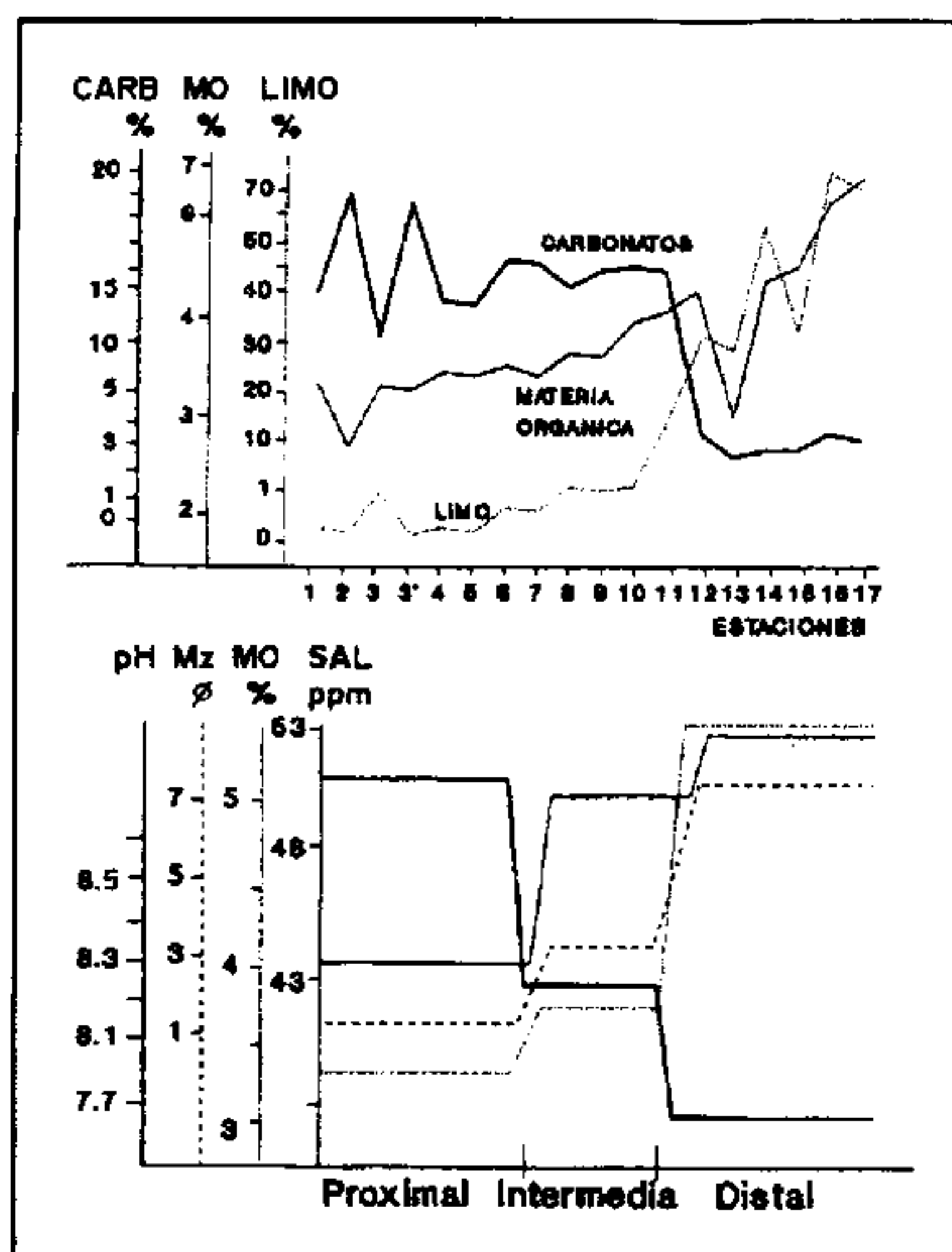


Figura 9. (a) Relación del porcentaje de materia orgánica con respecto al contenido de limo de los sedimentos. (b) Relación del contenido de salinidad y pH en promedios por zona textural con respecto al contenido de materia orgánica (M.O) y tamaño medio del sedimento (Mz) en promedios por zona textural.

El pH de los sedimentos en general se muestra en función inversa con el contenido de limo y materia orgánica (Fig. 9b). El pH es regulado en el interior de la laguna por efecto de las concentraciones de materia orgánica. En estas condiciones el medio es de características reductoras con la consecuente formación de ácidos que hacen disminuir el pH.

El hierro, manganeso, cobre, zinc y plomo son los elementos con mayor concentración en la laguna, los cuales definen una relación directa con el contenido de materia orgánica y limo, y una relación inversa con respecto al pH de los sedimentos (Fig. 10).

La concentración de metales depende principalmente del contenido de materia orgánica y limo en el sedimento. Otros elementos detectados en pequeñas proporciones son Cu, Cr, Co, Ni y Cd.

Mineralógicamente los sedimentos presentan en su composición fragmentos clásticos (principal-

mente volcánicos), cuarzo, feldespatos, biógenos y ferromagnesianos. Su distribución en el interior de la laguna es de composición homogénea en la primera mitad de la laguna y alterada en su porción interior por efecto del aporte de materiales de cerros que bordean esta zona. La fracción fina es representada por montmorillonita la cual posiblemente se está formando en la cuenca de la laguna debido a que las condiciones para su formación son bastante favorables.

Se diferenciaron 18 especies distintas de moluscos (bivalvos), destacando la distribución y población de *Chione californiensis*. Las especies bivalvas en esta laguna, se encuentran exclusivamente en la zona proximal caracterizada por sedimentos clasificados como arenas medianas, bajos contenidos de materia orgánica y circulación libre de agua (Tablas Va y Vb). Las zonas intermedia y distal ubicadas en la porción mas interna de la laguna no permiten fauna bentónica debido a las condiciones de pobre circulación y restricción de las aguas lo que invariablemente produce zonas con deficiencias de oxígeno.

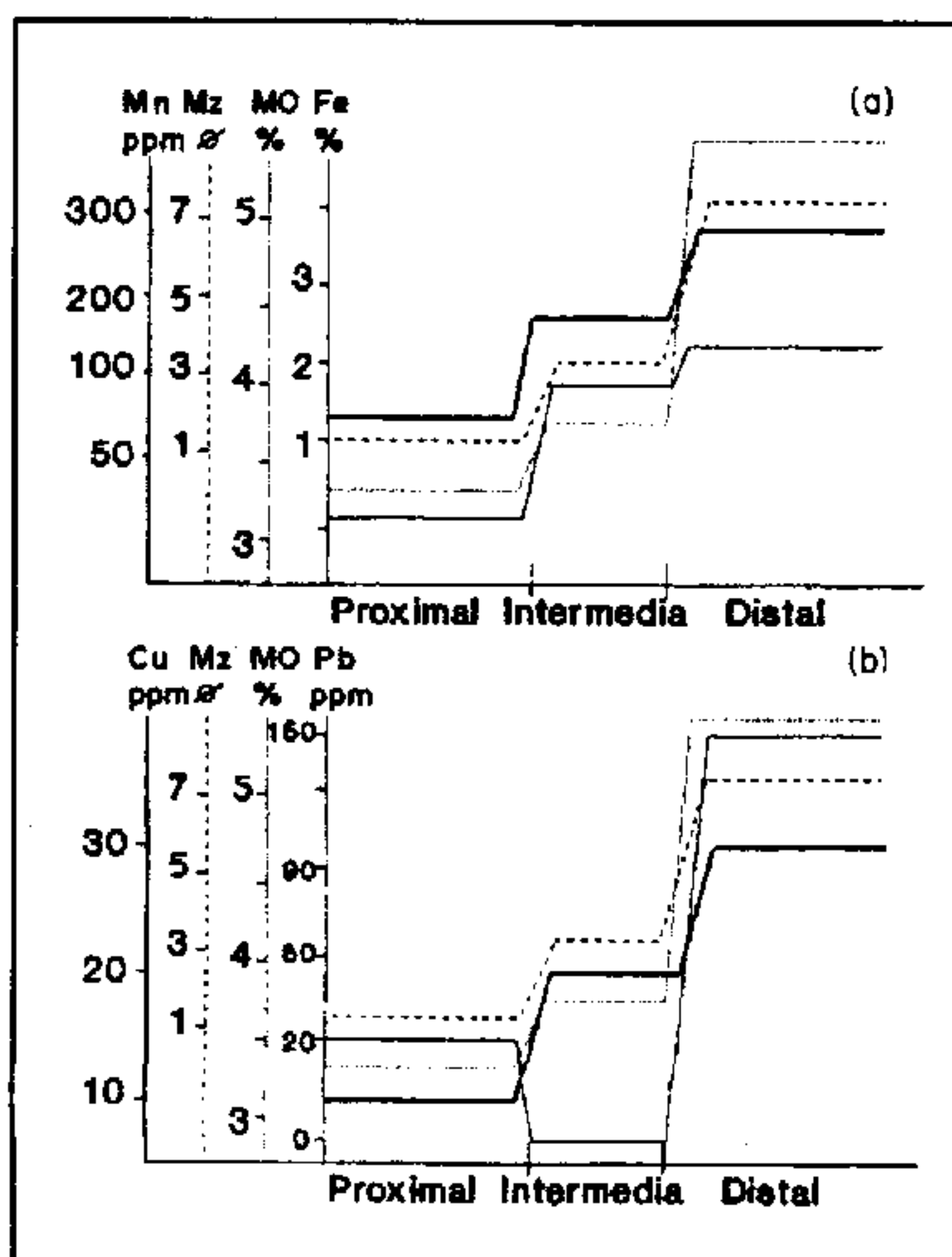


Figura 10. Relación del contenido de Fe, Mn, Cu y Pb con respecto al tamaño medio del sedimento (Mz) y porcentaje de materia orgánica (M.O.) en promedios por zona textural.

TABLA V. (a) Correlación de las especies de organismos bentónicos (Bivalvos) registrados en los sedimentos de la laguna El Soldado con respecto al tipo de sedimento, contenido de carbonatos y materia orgánica.
(b) Relación de organismos bentónicos (Bivalvos) con respecto a la salinidad, pH, Fe y Mn de los sedimentos de la laguna El Soldado.

CARACTERIZACION	Distribución de la especie con respecto al tipo de sedimento		CARBONATOS			MATERIA ORGANICA	
	Arena gruesa	Arena mediana	13-15%	15-17%	17-19%	2-3%	3-4%
<i>Chione californiensis</i>		x	x	x	x	x	x
<i>Dosinia dunkerii</i>		x	x	x	x	x	x
<i>Anadara grandis</i>		x	x	x			x
<i>Barbatia gradata</i>		x		x	x	x	x
<i>Megapitaria squalida</i>		x		x			x
<i>Chione fluctifraga</i>		x		x			x
<i>Chione sp.</i>		x			x	x	
<i>Macoma indentata</i>		x		x			x
<i>Chione gnidia</i>		x		x			x
<i>Petricola paralella</i>		x		x			x
<i>Tellina coani</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Semele jovis</i>		x	x	x			x
<i>Lucina aproximata</i>	x	x		x	x	x	x
<i>Tellina simulans</i>	x	x		x	x		x
<i>Tellina ochracea</i>	x	x		x	x		x
<i>Lucina mazatlanica</i>		x		x			x
<i>Tagelus affinis</i>		x		x			x
<i>Semele guaymensis</i>		x	x				x

CARACTERIZACION	SALINIDAD en miles de ppm			pH			Hierro (en %)			Mn en ppm	
	35-40	41-45	46-50	8.3-8.5	8.5-8.7	8.7-8.9	0.48 a 0.50	0.51 a 0.55	0.56 a 0.59	60	70
<i>Chione californiensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Dosinia dunkerii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Anadara grandis</i>	x	x	x	x	x	x		x		x	x
<i>Barbatia gradata</i>	x	x	x	x	x		x	x		x	x
<i>Megapitaria squalida</i>		x	x	x	x			x		x	
<i>Chione fluctifraga</i>			x			x			x		x
<i>Chione sp.</i>		x		x			x		x		
<i>Macoma indentata</i>		x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Chione gnidia</i>		x		x				x		x	
<i>Petricola paralella</i>		x		x				x		x	
<i>Tellina coani</i>	x	x	x	x	x	x		x		x	x
<i>Semele jovis</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Lucina aproximata</i>	x	x	x		x		x	x	x	x	x
<i>Tellina simulans</i>		x	x	x	x			x		x	
<i>Tellina ochracea</i>			x		x	x		x	x	x	x
<i>Lucina mazatlanica</i>			x			x			x		x
<i>Tagelus affinis</i>			x	x					x		x
<i>Semele guaymensis</i>	x					x		x			x

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México el apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación (PCCNCNA-0500350). Igualmente expresamos nuestro reconocimiento al Sr. Director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, por permitirnos publicar este artículo en su revista científica: "Acta Oceanográfica del Pacífico". Así mismo, al Dr. César Jacquez Ayala, por sus sugerencias y revisión del manuscrito y al Biól. Fernando Enriquez Ocaña por su gran aportación científica en relación a las especies biológicas que se reportan.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, Jr, 1969.** Provincias fisiográficas de la República Mexicana, Bol. Soc. Geol. Mx., Vol. 24 (2), pp. 3-20.
- Ayala Castañares A., Malpica-Cruz V.M. y Gutiérrez E.M., 1980.** Geología marina de la región de Yabaros, Sonora, México, al SE del delta del río Mayo en las lagunas de Yabaros, Etchoropo y Moroncarit, al estero Moroncarit y al antiguo y actual estuario del Río Mayo. Anales del centro de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M., Rev., Vol. 7, No. 2, pp. 275.
- Chaparro, P. R y Villegas C., 1983.** Efecto de la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto en el crecimiento del ostión japonés (*Crasostrea gigas*), cultivado en Bahía de Kino, Sonora. Tesis Profesional, UNI-SON, Hermosillo, Sonora, México.
- Dean, W.E., 1974.** Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Jour. of Sed. Petrology, Vol. 44, No. 1, pp 242-248.
- De la O, V.M. y Villalba, A. I., 1984.** Estudio sedimentológico interior y geología aledaña de la laguna costera La Cruz, Bahía Kino, Sonora y su relación con la distribución de organismos bentónicos (bivalvos). Tesis profesional. Unison, Dpto. de Geología, Hermosillo Sonora, México.
- De la O.V.M. y Villalba, A., 1986.** Distribución de los sedimentos y su relación con algunos parámetros geoquímicos en la laguna costera Tastiota, Sonora. Departamento de Geología, Universidad de Sonora (Inédito).
- Emery, K. O., 1938.** Rapid method of mechanical analysis of sand. Journal of Sed. Petrol., V. 8, pp. 105-111.
- Folk, R. L., 1974.** Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill, Publ. Co. Austin, Texas. 82 p.
- Inman, D. L. y Chamberlain, K., 1955.** Particle size distribution in nearshore sediment. Soc. Econ. Paleont. Min., Special publication. 3, pp. 106-126.
- Johnpeer, G.D., 1977.** Reconnaissance geology and petrology of the Guaymas Area, Sonora, México. (M.S. Thesis), Arizona State University. Tucson, Arizona, USA.
- Krumbein, W.C., 1932.** The mechanical analysis of fine grained sediments, Jour. of Sed. Petrol., Vol. 2, pp. 140-149.
- Loring, D. H. and Rantala R. R., 1977.** Geochemical analysis of marine sediments and suspended particulate matter fisheries and marine services technical, Canada. Report 700, pag. 58.
- Ortega, R. P., 1978.** Determinación de pigmentos y otros parámetros Físico-Químico como una medida indirecta de la productividad primaria bruta en la Laguna La Cruz, Bahía Kino, Sonora, Tesis profesional, UNI-SON. Hermosillo, Sonora, México.
- Rose, M.W., 1975.** Sedimentology of estero La Cholla, NW coast of Sonora, México, (M.S. Thesis), Arizona State University, Tucson, Arizona, USA.
- S.R.H., 1976.** Manual para el análisis de aguas. Centro de Capacitación en Irrigación y Drenaje. El Carrizo, Sinaloa, México, pp. 241.
- Sandusky, C. L., 1969.** Sedimentology of Estero Morua, Sonora, México. (M.S. Thesis), Arizona State University, Tucson, Arizona USA. 84 p.
- Villalba A. y De la O, M., 1986.** Ambientes sedimentarios recientes diferenciados en dos sistemas costeros del Estado de Sonora. Bol. del Dpto. de Geología, UNI-SON, Vol. 3, No. 1 pp. 1-10.

EL NIÑO

Por: EDUARDO ZAMBRANO Q. ⁽¹⁾

RESUMEN

En el presente trabajo se explican ciertos conceptos frecuentemente empleados por oceanógrafos y meteorólogos en sus investigaciones relativas a El Niño. Se hace una breve revisión histórica de la evolución del nombre de este evento de interacción océano-atmósfera y se explica el probable mecanismo de formación del mismo, así como los esfuerzos que a nivel nacional e internacional se llevan a cabo, con el propósito de entender y llegar a pronosticar el evento de El Niño.

ABSTRACT

On this paper some concepts frequently used by oceanographers and meteorologists during their research related to El Niño are explained. We make a short historical review about the evolution of the name of this event of ocean-atmosphere interaction and try to explain the probable set up mechanism and the national and international effort in order to understand and predict the El Niño event.

INTRODUCCION

El término El Niño se relaciona a una serie de eventos oceánicos y atmosféricos caracterizados por el anómalo calentamiento del Pacífico tropical, el cual no tiene un período exacto de ocurrencia pudiendo ser entre dos y diez años; en otras palabras se podría decir que en promedio ocurren dos El Niño cada 10 años. El océano, la tierra y la atmósfera se interactúan de una manera compleja ocasionando severos impactos en lo económico y climático alrededor del planeta; en algunas ocasiones los efectos son débiles como en 1986-87 y en otras extremadamente fuertes tal como ocurrió en 1982-83.

En este punto es importante detenerse y diferenciar dos términos que a pesar de tener la misma forma de escritura se refieren a dos aspectos diferentes de la oceanografía ecuatorial.

El primero La Corriente de El Niño es un término que se lo ha venido empleando desde el siglo pasado entre los pescadores del sur de Ecuador y norte del Perú, para indicar en el mes de diciembre (época de Navidad) la presencia de un flujo de aguas cálidas provenientes del norte y que alcanza la costa

norte del Perú; dada la época de aparición de esta cálida corriente del norte y a la gran religiosidad de aquellos pueblos es que originalmente toma el nombre de Corriente de El Niño Jesús, para posteriormente quedar como Corriente de El Niño. Esta corriente de carácter anual, marca el inicio de la estación cálida y húmeda en la región costera (denominada invierno), y también señala el cambio estacional en la composición y distribución de la biomasa marina.

Por otro lado de tiempo en tiempo se presentan una serie de anomalías oceánicas y atmosféricas de gran escala, de ocurrencia aperiódica y de intensidad variable, alcanzando las aguas cálidas ($>25^{\circ}\text{C}$) posiciones tan al sur como el puerto de El Callao (Lima, Perú), produciendo fuertes precipitaciones y en general cambios notables en el clima y las pesquerías, principalmente en los países ribereños del Pacífico Sur Oriental; por lo que la comunidad científica decidió emplear el término de Fenómeno de El Niño para designar este conjunto de anomalías océano atmosféricas extremadamente fuertes de escala global. Es así como se empieza a utilizar el término de Fenómeno de el Niño para designar a los eventos anómalos de interrelación océano-atmósfera que tienen su origen en el Pacífico

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, P. O. BOX 5940; Guayaquil-Ecuador

Ecuatorial Occidental y Central, con severas repercusiones en el clima mundial y con una periodicidad no definida.

En la década de los 70 se manifestaba que El Niño era una respuesta local al debilitamiento de los vientos alisios frente a la costa del Perú. En abril de 1978 se reunió el Comité Internacional de Científicos dedicados a las Investigaciones Oceanográficas (SCOR) grupo 55, y define a El Niño como la masiva presencia de aguas cálidas frente a las costas de Ecuador y Perú tan al sur como Lima (12° S), con anomalías de 2° C o más. Posteriormente en 1983 este mismo grupo de trabajo se reúne en la ciudad de Miami y efectúa algunas modificaciones al concepto anterior señalando que en lugar de anomalías de 2° C se hable de 1 desviación estándar y que las mismas permanezcan por no menos de 4 meses.

Wyrtki (1975) define a El Niño como la respuesta dinámica del océano Pacífico al forzamiento prolongado de los vientos ecuatoriales; constituyendo El Niño el ejemplo más espectacular de interacción océano-atmósfera.

Cada El Niño es diferente uno del otro, en otras palabras tiene su propia personalidad con características particulares como: iniciación, duración, finalización, intensidad, localización de las anomalías e impacto socio económico y ecológico lo que ha determinado que se establezca una clasificación para los El Niño que incluye cuatro categorías: fuerte, moderado, débil y muy débil. Sin embargo debido a El Niño que ocurrió en 1982-83 se tuvo que añadir una quinta clasificación de extraordinario. T. Rivera (1987) preparó un cuadro con la clasificación anual en relación a eventos cálidos y fríos del presente siglo. (Al final del presente trabajo se presenta el cuadro con información actualizada a la fecha).

Oceanógrafos norteamericanos después de efectuar estudios de varios eventos El Niño ocurridos durante el período de 1950 a 1975, llegaron a determinar a El Niño canónico caracterizado por:

- 1) Fuertes anomalías positivas de temperatura superficial del mar que extendiéndose desde Galápagos hacia el este hasta alcanzar las costas de Sudamérica de enero a junio y mas débil pero coherentemente espaciados, el incremento de la temperatura superficial del mar extendiéndose a través de todo el Pacífico

Ecuatorial al este de 170° E, aproximadamente en el mes de octubre.

- 2) Abundantes precipitaciones a lo largo de la costa de Ecuador, Perú y sobre el Pacífico Ecuatorial Central y,
- 3) Pronunciado descenso del Índice de Oscilación del Sur.

El fenómeno de El Niño es tal complejidad que aún no puede ser predicho a causa de la gran cantidad de variables que involucra la relación océano atmósfera.

A fines de la década pasada se inician los trabajos de modelaje y simulación numérica de la relación océano-atmósfera, aplicando una teoría ondulatoria en el mecanismo de generación de los eventos El Niño, por medio de la cual, a consecuencia del debilitamiento de los vientos ecuatoriales, en el Pacífico Central se genera una onda subsuperficial ecuatorialmente atrapada denominada onda Kelvin y que tarda alrededor de dos meses en arribar a nuestras costas. Cuando estas ondas alcanzan la costa de Sur América se bifurcan en dos porciones que se dirigen hacia el sur y norte del continente, ocasionando un incremento del nivel medio del mar y una profundización de las capas de aguas frías.

La contraparte atmosférica de El Niño la constituye la Oscilación del Sur (OS); reconocida como la variación coherente de la presión atmosférica en intervalos interanuales la cual está relacionada con los fenómenos atmosféricos que se suceden a escala global particularmente en los trópicos y subtropicos.

La Oscilación del Sur, Zambrano (1986) manifiesta que se refiere a la relación inversa que existe entre la región de baja presión atmosférica, dominada por la convección (ascenso de aire y elevada nubosidad) y lluvias con la región de alta presión atmosférica caracterizada por la subsidencia (descenso de aire) y condiciones secas. La diferencia de las anomalías de la presión atmosférica entre la región de alta presión (estación TAHITI) y la región de baja presión (estación DARWIN, en Australia) dan un valor conocido como Índice de Oscilación del Sur (IOS) el cual se vuelve negativo durante los años de El Niño, figura 1. Esta relación de El Niño Oscilación del Sur es frecuentemente llamada como episodio ENSO.

INDICE DE OSCILACION SUR (IOS)

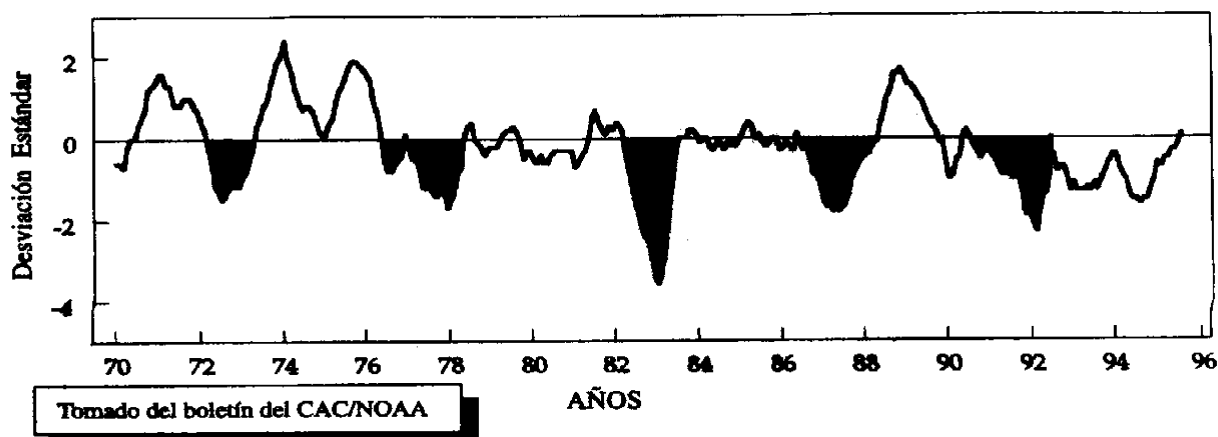


Figura 1. Índice de Oscilación Sur. Diferencia de presión atmosférica a nivel del mar entre Tahití y Darwin. La curva representa a la media corrida de 5 meses. Los valores sombreados corresponden a los años de "El Niño"

La relación entre El Niño y la Oscilación del Sur ocasiona cambios climáticos en lugares distintos y lejanos de donde estos se producen conociéndose los como Teleconexiones, de tal manera que durante un evento ENSO tenemos sequía en Australia, Indonesia, Noreste del Brasil, África Ecuatorial entre otros lugares, mientras que se producen copiosas lluvias en Ecuador, Perú, California por mencionar algunos.

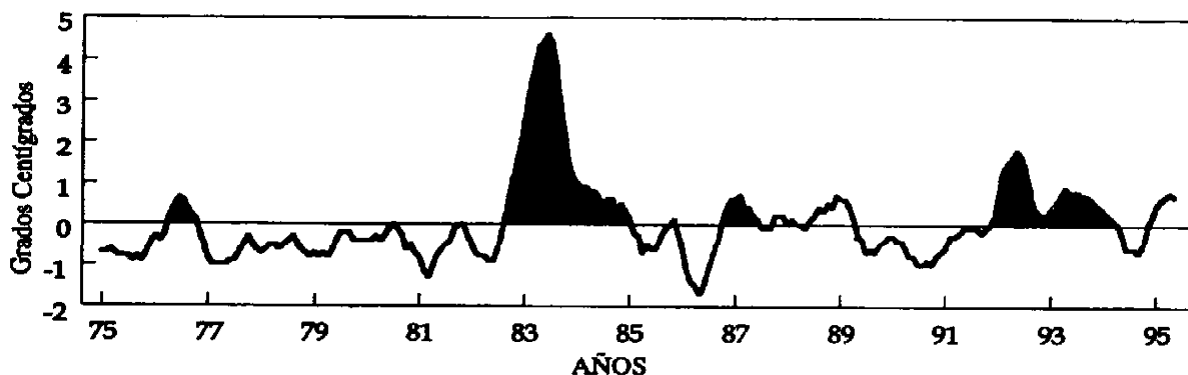
Se reconocen cuatro fases durante un episodio ENSO:

a) **Fase Precursora**, durante esta fase presentan fuertes vientos ecuatoriales de este a oeste así como corrientes ecuatoriales de superficie transportando agua hacia la región occidental del Pacífico (región Australiana), la presencia de estos vientos favorece el ascenso hacia la superficie del mar de aguas frías y ricas en elementos nutritivos; el transporte de agua hacia la margen occidental del Pacífico incrementa el nivel medio del mar en ese lugar mientras que disminuye en la margen oriental (frente a las costas de Ecuador y Perú); la temperatura del mar disminuye, se intensifica la corriente fría de Humboldt, el IOS se incrementa (valores positivos) y se presentan bajos valores de lluvias (tendencia a la sequía) en la costa de Sur América mientras que en la región de Australia y Nueva Zelanda se presentan lluvias torrenciales.

b) **Fase de Inicio**, alrededor del mes de octubre en el Pacífico Ecuatorial Central se debilitan los vientos del Este y aparecen vientos del Oeste, eliminándose el ascenso de aguas frías hacia la superficie del océano, apareciendo en su lugar valores altos de temperatura superficial del mar: el IOS desciende a valores negativos, la zona convectiva de alta pluviosidad inicia su desplazamiento hacia el Este, mientras que frente a Ecuador y Perú se inicia el ascenso del nivel medio del mar y la profundización de las capas de aguas frías, la corriente de Humboldt se debilita y no alcanza las costas del Ecuador.

c) **Fase Madura**, altas temperaturas superficiales del mar alcanzan la costa de América entre los meses de diciembre a enero, al tiempo que el nivel del mar aumenta notablemente (figuras 2 y 3) y se profundizan las aguas frías incrementándose el contenido de calor en las capas superficiales; las altas precipitaciones se generalizan en toda la costa del Ecuador, mientras que en la región de Australia y Nueva Zelanda se presentan severas y prolongadas sequías; el IOS continúa negativo, (la presión es mucho más alta que el promedio en Darwin y mucho mas baja que el promedio en Tahití) pudiendo incrementarse dependiendo de la magnitud del evento El Niño. Esta fase puede durar entre 10 y 15 meses.

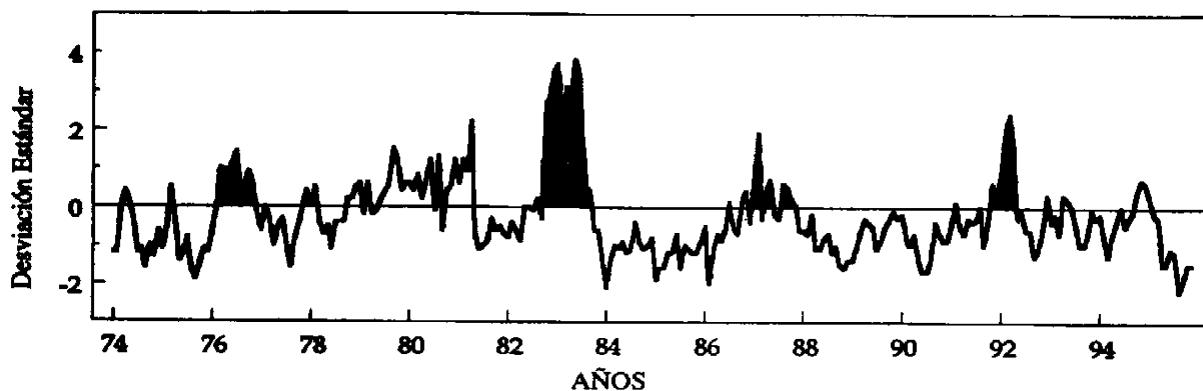
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (ANOMALIAS)



Estación: LA LIBERTAD
Fuente: INOCAR

Figura 2. Anomalía de la temperatura superficial del mar en la Estación "La Libertad". Los valores sombreados corresponden a los años de El Niño.

NIVEL MEDIO DEL MAR (ANOMALIAS NORMALIZADAS)



Estación: LA LIBERTAD
Fuente: INOCAR

Figura 3. Anomalías normalizadas del nivel del medio del mar en la Estación "La Libertad". Los valores sombreados corresponden a los años de El Niño.

- d) **Fase de Decaimiento**, en el Pacífico Central se comienza a debilitar los vientos del Oeste, mientras que en el Pacífico Oriental desciende la temperatura superficial del mar al igual que el nivel medio del mar, y se fortalecen las corrientes ecuatoriales; el IOS recupera sus valores normales al igual que el patrón de precipitación y en general el Pacífico Tropical retorna a sus condiciones normales.

PROGRAMAS DE INVESTIGACION RELATIVOS A EL NIÑO

Para comprender mejor el sistema acoplado océano tropical-atmósfera y sus efectos en el clima en las latitudes superiores, en 1985 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO dan inicio a un programa de 10 años denominado "Océanos Tropicales y la Atmósfera Global" (TOGA). Gracias al programa TOGA se dispone actualmente de un sistema observacional capaz de vigilar en tiempo real los cambios océano atmosférico que se producen en los océanos tropicales, utilizando con este fin satélites, estaciones meteorológicas costeras e insulares, buques mercantes de oportunidad y boyas a la deriva para observaciones de corrientes; al momento este programa ha llegado a su finalización y en su lugar se está implementando un nuevo programa con una duración de 15 años, denominado CLIVAR destinado al estudio de la variabilidad climática y la predictividad, y la respuesta del sistema climático al forzamiento antropogénico.

El CLIVAR tiene los siguientes objetivos:

- Describir y entender los procesos físicos responsables de la variabilidad climática, y su predictividad en escalas de tiempo estacionales, interanuales, decadales y centenales, a través de la colección y análisis de observaciones, en cooperación con otros relevantes programas de observación e investigación climática.
- Extender los registros de la variabilidad climática sobre escalas de tiempo de interés a través del ensamble de un set de datos e instrumental calificados y controlados.
- Extender el rango y exactitud de la predicción climática mediante el desarrollo de modelos de predicción globales acoplados.
- Entender y predecir la respuesta del sistema climático al incremento de la radiactividad activa de gases y aerosoles y comparar estas predicciones

predicciones a los registros climáticos observados a fin de detectar la modificación antropogénica de los signos naturales del clima.

A nivel regional, patrocinado por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), existe el programa denominado Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) en la cual intervienen los países de Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Este programa desarrolla una constante vigilancia de las condiciones oceánicas y atmosféricas frente a las costas de Sudamérica y mensualmente elabora y difunde un Boletín de Alerta Climática (BAC) con información regional y extraregional.

En el Ecuador las instituciones que se dedican al estudio del océano y la atmósfera han desarrollado e implementado varios programas de investigación; además con el propósito de coordinar la ejecución de estos trabajos así como el análisis de los resultados, en 1990 se conformó un grupo de trabajo nacional denominado Secretaría de Asuntos Técnicos Científicos integrado por el Instituto Nacional de Pesca (INP), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía (INAMHI), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Centro de Levantamiento Integrado por Sensores Remotos (CLIRSEN) y la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos (FCHD); de manera que la información tanto nacional como la extraregional sea analizada en conjunto desde varios puntos de vista.

El Instituto Oceanográfico de la Armada con el apoyo de su buque Hidrográfico y Oceanográfico, B/I ORION, anualmente efectúa tres cruceros oceanográficos cubriendo un área desde 1°N a 4°S y desde la costa continental del Ecuador hasta 92°W; además a lo largo de la costa continental e insular del Ecuador mantiene, una red de estaciones costeras oceanográficas y meteorológicas las cuales efectúan observaciones diarias para el seguimiento de las condiciones oceánicas-atmosféricas; también utilizando buques de turismo, se ejecuta un programa de muestreo de la temperatura subsuperficial del mar en la ruta Guayaquil-Galápagos. A nivel internacional el INOCAR participa activamente en el programa TOGA, en el acopio de información batitermográfica y lances de boyas a la deriva, de igual manera el INOCAR es una de las partes ejecutoras del programa ERFEN (componente oceanográfico) de la CPPS y miembro del comité científico de dicho programa regional.

CLASIFICACION ANUAL EN RELACION A EVENTOS CALIDOS Y FRIOS DEL PRESENTE SIGLO

AÑOS MUY FRIOS:	1935, 1938, 1950
AÑOS FRIOS:	1933, 1934, 1936, 1937, 1954, 1955, 1962 1964, 1967, 1968, 1970, 1971, 1974, 1975, 1985
AÑOS NORMALES:	1928, 1932, 1939, 1942, 1944, 1945, 1946, 1947, 1949, 1952, 1956, 1959, 1960, 1961, 1963, 1966, 1977, 1978, 1980, 1981, 1984
EL NIÑO DEBIL:	1927, 1943, 1948, 1953, 1958, 1969
EL NIÑO MODERADO:	1929, 1951, 1965, 1976, (1987)
EL NIÑO FUERTE:	1925-1926, 1930-1931, 1940-1941, 1957-1958, 1972-1973, (1991-1992)
EL NIÑO EXTRAORDINARIO:	1982-1983

Tomado de Torcuato Rivera. Boletín ERFEN No. 21, 1987

Los valores entre paréntesis fueron agregados por el autor del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Enfiel, D., 1989:** El Niño, Past and Present. Rev. Geophys., pp 27,1, 159-187.
- Quinn, W., 1974:** Monitoring and Predicting El Niño Invasions. J. Appl. Meteor., vol. 13, No. 7, pp 825-830.
- Quinn, W. D. O. Zopf, K. S. Short and R.T.W. Kuo Yang 1978:** Historical Trends and Statistics of the Southern Oscillation, El Niño and Indonesian Droughts. Fish. Bull. 76, 663-678.
- Rivera, T., 1987:** Nomenclatura de El Niño según el número índice de cinco estaciones costeras. CPPS Boletín ERFEN No. 21, 9-18.
- SCIENTIFIC COMMITTEE ON OCEANIC RESEARCH, SCOR** Proceedings Vol 19 París Sep. , 1983.
- Wyrtki, K., 1975:** El Niño-The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. J. Phys. Oceanogr., 5, p 572-584.
- Zambrano, E. 1986:** El Fenómeno El Niño y la Oscilación Sur (ENSO). Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Vol. 3 No. 1.

EL NIÑO Y SUS IMPLICACIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Por: JORGE ESPINOZA A.⁽¹⁾

RESUMEN

Se presentan en forma sencilla y clara, los aspectos más relevantes del origen y desarrollo de un «El Niño» y sus principales relaciones y efectos sobre las tres grandes áreas del ambiente: el ambiente natural, el ambiente humano y los recursos naturales.

Como resultado de un excesivo y anómalo calentamiento de las aguas superficiales del Océano Pacífico Tropical, en el ambiente natural se producen grandes alteraciones en las condiciones atmosféricas de todo el mundo, sin embargo, las mayores repercusiones de un «El Niño» se dan en el ambiente humano. En el Ecuador, los efectos sobre las diferentes áreas estratégicas del ambiente humano, perduran por mayor tiempo que la presencia del fenómeno debido al carácter multiplicador de dichos efectos, disminuyendo la calidad de vida de los habitantes especialmente en las zonas rurales de las áreas afectadas.

Para actividades de prevención y atención de emergencias, se debe tener presente que «El Niño» es repetitivo pero no cíclico, y que dentro de una década se pueden presentar al menos dos El Niño; además en años no El Niño, el territorio nacional puede ser afectado por fuertes precipitaciones debido a la actividad convectiva de la hoya amazónica. De las medidas preventivas que se plantean para minimizar los efectos de próximos eventos, debe ponerse especial atención en la educación ambiental, en la capacitación y en la actualización del sector público y privado sobre los problemas ambientales originados por condiciones climáticas anómalas.

ABSTRACT

The most relevant factors in reference to the origin and development of "El Niño", are presented in a clear and simple manner, as well as its relationship to and effect on the three principal areas of the environment: the natural environment, the human environment and the natural resources.

As a result of an excessive and anomalous warming of tropical Pacific Ocean surface waters, large alterations in the natural environment are produced in the atmospheric conditions all over the world, however, the greatest repercussions of "El Niño" are observed in the human environment. In Ecuador, the effects on the different strategic areas of the human environment, have lasted far longer than the presence of the phenomena due to the multiplying character of the effects, lowering the quality of life of its inhabitants, especially in the rural zones of the affected areas.

In all activities for emergency prevision and attention, it must be remembered that "El Niño" is repetitive but not cyclical and at least two "El Niño" occur in a decade; also in years when "El Niño" is not present, Ecuador may be affected by heavy rains due to the convective activity of the amazon basin. Among the preventive actions to be undertaken, it is proposed that special attention be placed on environmental education and on the training and the bringing up to date of the public and private sectors on environmental problems that originate from anomalous climatic conditions to minimize future effects.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR, P. O. Box 5940. Guayaquil-Ecuador

INTRODUCCION

Este artículo no está destinado a los especialistas ya que en él no encontrarán nada nuevo, la idea de escribirlo tiene otros objetivos: facilitar a muchos funcionarios de los diferentes organismos del estado y a jóvenes estudiantes, el entendimiento de este difícil tema; tratar de explicar las dificultades que se presentan para identificarlo y estudiarlo, e insistir sobre la necesidad de estar prevenidos para enfrentar emergencias de origen océano-atmosféricos.

Cada cierto tiempo las actividades humanas y económicas de un gran sector de ecuatorianos, se ven dramáticamente afectadas por un comportamiento atmosférico y oceánico anómalo, a tal punto que en varias ocasiones, el gobierno se ha visto en la necesidad de declarar el estado de emergencia debido a los graves daños en los diferentes sectores de la economía y en la calidad de vida de los pobladores, afectando en forma directa e inmediata, el bienestar y desarrollo del país. De los comportamientos anómalos, «El Niño» o fenómeno «El Niño», es el evento más conocido y que tiene efectos generalizados en todo el país, con repercusiones en los tres grandes campos en que se puede dividir el ambiente: el humano, el natural y los recursos naturales renovables.

La presencia continua de eventos anómalos de origen océano-atmosféricos en nuestro país, nos ha enseñado que los efectos más amplios se dan en el ambiente humano debido al carácter multiplicador que tienen sus repercusiones, sin embargo, no solo El Niño logra alterar el medio ambiente a tal punto que puede originar una emergencia, sino también comportamientos anómalos atmosféricos provenientes de la hoya amazónica, aunque estos efectos son más localizados en ciertos lugares del país y pueden tener un tiempo menor de permanencia.

El Niño de 1982-83, fue catalogado como un fenómeno extraordinario debido a los grandes y espectaculares cambios en las condiciones naturales oceánicas-atmosféricas, a lo amplio de sus efectos que cubrió todo el globo terrestre, al tiempo prolongado que duró el fenómeno (cerca de un año) y a los aún más espectaculares y graves daños en el ambiente. En el Ecuador, durante este fenómeno, se experimentó notables y drásticos cambios en el comportamiento atmosférico en especial en las precipitaciones, en Guayaquil durante los meses que

duró el fenómeno cayó un total de 4.162,2 mm. (noviembre-julio) contra 1.808,4 mm. que era el record anterior correspondiente a «El Niño» de 1972-73 (Moreano, et. al., 1986), como resultado, durante varios años se pudo observar algunos puentes destruidos por la crecida de los ríos en la carretera Puerto Inca-Machala. Durante El Niño de 1991-92, además de las inundaciones, los muros de muchas piscinas camaroneras se destruyeron perdiéndose el producto debido a la presencia simultánea de una Onda Kelvin y de las mareas de sicigia. Pero no solo durante El Niño se presentan excesivas precipitaciones, en el invierno de 1993 ocurrieron también fuertes lluvias con inundaciones de poblados, destrucción de carreteras, puentes y sembríos como resultado de una fuerte actividad convectiva de la hoya amazónica que alteró el clima inclusive hasta el sur de la región litoral.

El fenómeno El Niño no solo se presenta y repercute en el Ecuador y sudamérica, se presenta también en todo el globo terrestre asociado con alteraciones en el clima. Aún no está claro si esta alteración global del clima se debe a El Niño o si El Niño se debe a esta alteración climática, lo que sí se conoce es que existe una relación estrecha entre el comportamiento del océano y el de la atmósfera.

Sea cual fuere el origen de una emergencia, es necesario conocer el comportamiento y las consecuencias de estos eventos y aceptar que una vez terminada una emergencia, la población y el estado debe inmediatamente prepararse para enfrentar la siguiente. En este contexto, se reconoce que la prevención es prioritaria por los grandes beneficios sociales y económicos que resultan de una buena y oportuna aplicación de dichas medidas, las cuales como instrumento sustancial deben contar con la información adecuada para los organismos responsables en la toma de decisiones.

HISTORIA Y DEFINICIONES

Se llama «El Niño o fenómeno El Niño», a una alteración a gran escala del equilibrio natural de la interacción existente entre el océano y la atmósfera, de manera que se altera el clima de diferentes maneras afectando las actividades económicas y humanas de varias regiones del mundo. En nuestra región, El Niño está asociado a la invasión cada cierto tiempo y en los primeros meses del año, de aguas superficiales más cálidas y menos salinas en lo normal desde el lado occidental del Océano Pacífico

(Polinesia) hacia el lado oriental (Ecuador), permaneciendo estas aguas unos pocos meses a lo largo de las costas de Ecuador, Perú y norte de Chile.

En cambio, se le da el nombre de "Corriente de El Niño", a una presencia normal de aguas superficiales cálidas provenientes del norte (cuenca de Panamá) y que bañan, aproximadamente en cada mes de diciembre hasta abril, las costas del Ecuador hasta el norte de Perú; este nombre fue usado por los pescadores de la región fronteriza de Ecuador y Perú desde el siglo pasado, su origen se debe a que estas aguas cálidas se presentan cada año cerca de la época de Navidad en que se recuerda el nacimiento del Niño Jesús.

El flujo anual de aguas cálidas provenientes del norte, da inicio a la estación cálida y húmeda en la región costera del Ecuador, época conocida como estación invernal. Sin embargo, cada cierto número de años el flujo de aguas cálidas hacia el Ecuador, se presenta más cálido aún, alcanzando posiciones tan al sur como las costas norte de Chile, alterando notablemente el clima y las pesquerías de la región afectando a amplios sectores productivos y humanos. Este comportamiento del océano y de la atmósfera, y más aún por sus efectos, ha llamado la atención de los investigadores de todo el mundo, quienes empezaron a llamar Fenómeno El Niño a este comportamiento más fuerte que lo normal.

En los últimos años se han dado algunas definiciones acerca de la presencia de estas aguas cálidas y se ha observado también, que dichas condiciones anómalas están conectadas con otras manifestaciones que ocurren en la atmósfera en diversas partes del mundo. Cuando el «efecto» de dicha condición se produce a gran distancia de la «causa», se dice que estas relaciones o alteraciones oceánicas-atmosféricas de alguna manera están teleconectadas.

Científicamente El Niño es definido como la respuesta dinámica del Océano Pacífico al forzamiento prolongado de los vientos ecuatoriales, constituyendo el ejemplo más espectacular de la interacción oceánica-atmosférica. Mientras tanto, el Grupo de Trabajo No. 55 del Comité Científico para las Investigaciones Oceánicas (SCOR), definió a El Niño como una afluencia de aguas cálidas hacia las costas de Ecuador y Perú, que pueden avanzar tan al sur como los 12° S y que poseen anomalías positivas de temperatura, de por lo menos una desviación estándar, permaneciendo esta anomalía no menos de cuatro meses. Sin embargo, conforme se presentan

nuevos El Niño y se progresan en las investigaciones, se encuentra que estas definiciones no se encuadran en los procesos de formación y desarrollo de un nuevo El Niño. En lo que sí se concuerda es que El Niño expresa, a través de un complejo mecanismo de formación y desarrollo, una alteración a gran escala del equilibrio natural existente entre el océano y la atmósfera.

CONDICIONES NORMALES Y DE EL NIÑO EN EL AMBIENTE NATURAL

El ambiente natural está formado por los dos grandes espacios geográficos donde se forma y se desarrolla un evento El Niño: el océano y la atmósfera. Por su particular posición geográfica el Ecuador está influenciado por la circulación atmosférica y oceánica tanto del Pacífico norte como del Pacífico sur, puesto que se encuentra en la zona limítrofe de ambos hemisferios a lo largo de la cual, se desarrollan las principales y más complejas interacciones entre la atmósfera y el océano.

El aporte de la atmósfera al desarrollo del clima, se manifiesta a través de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), mientras que el aporte del océano se manifiesta por medio del Frente Ecuatorial, ambos aportes se desarrollan hacia los lados de la latitud 0° llamada también ecuador geográfico. En consecuencia la región del Pacífico Tropical Oriental, limitada entre la costa occidental de América y los 100° W y desde las costas de México hasta el norte de Chile (30°N-30°S), se constituye en un importante escenario de eventos oceánicos-atmosféricos, dentro de esta región se encuentra la zona marítima ecuatoriana.

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la Circulación Atmosférica.— La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) llamada también ecuador meteorológico, se la puede definir como una ancha banda sinusoidal alrededor del mundo formada por nubes convectivas de desarrollo vertical. En las imágenes satelitarias se observa que sobre el Ecuador, esta banda se sitúa normalmente hacia el lado norte del ecuador geográfico (0°), sin embargo en condiciones anómalas logra pasar hacia el sur, (Regalado, J., comunicación personal).

La circulación atmosférica normal puede ser resumida de un trabajo realizado por Moreano, (1983): La circulación atmosférica en el Pacífico norte está dominada por un centro de alta presión localizado alrededor de los 35° N y 140° W, durante el año este centro se mueve en una trayectoria elíptica

encontrándose más cerca del continente en el mes de diciembre, desplazado hacia el sur en el mes de febrero, alejado del continente en julio y desplazado al norte en septiembre. En el Pacífico sur la circulación atmosférica está dominada por un centro de alta presión ubicado alrededor de los 30°S y 90° W, su movimiento durante el año es menor que el del norte, encontrándose al suroeste en febrero-marzo, hacia el norte en julio y más cerca del continente por septiembre. En el período diciembre-febrero, en que el centro de alta presión del Pacífico Norte está cerca del continente desplazándose hacia el sur, y el centro de alta del Pacífico Sur desplazado hacia el suroeste, los vientos alisios del noreste se intensifican mientras que los alisios del sureste se debilitan, debido a esta diferencia de fuerzas la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) es desplazada hacia el sur llegando a los 2° N. A mediados de año la situación se invierte desplazándose la ZCIT hacia el norte y es en octubre que alcanza su máxima

posición más allá de los 10° N.

Como consecuencia del movimiento normal de la ZCIT, el clima de la región costera del Ecuador presenta al año dos estaciones bien diferenciadas, la estación seca y fría entre mayo/junio y noviembre/diciembre cuando la ZCIT se desplaza hacia el norte sobre América Central y la estación húmeda y cálida entre diciembre/enero y abril/mayo cuando la ZCIT se sitúa sobre el Ecuador.

La estación seca, caracterizada por la ausencia de lluvias, está asociada a un decrecimiento notable de la temperatura del aire de alrededor de 21°C, la ZCIT está desplazada más al norte (10-20°N), los vientos alisios del sur aumentan su intensidad y se debilitan los del norte, Fig. 1, se forma una capa de nubes estratos que cubre toda la costa ecuatoriana extendiéndose hacia el occidente y sobrepasando las Islas Galápagos. La estación húmeda, caracterizada

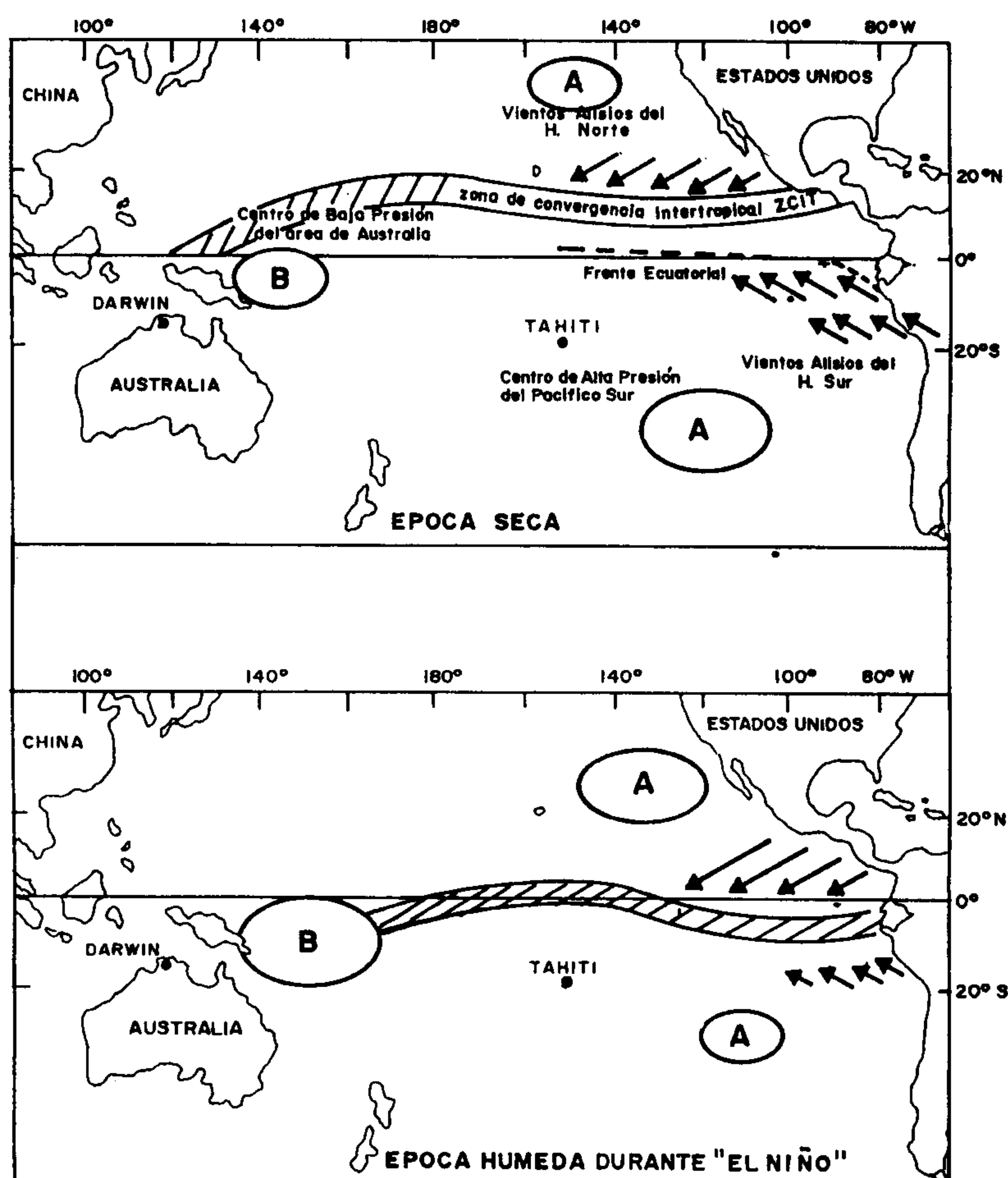


Figura 1. Sistemas de vientos y presión atmosférica del Pacífico Tropical

por fuertes precipitaciones, está asociada a un alto índice de humedad, altas temperaturas de alrededor de 25°C y nubosidad compuesta principalmente por cúmulos, estratocúmulos y cúmulo nimbus; existe además un debilitamiento de los vientos alisios del sur y una intensificación de los alisios del norte, siendo los alisios del sur los más dominantes durante el año. Cuando coincide el desplazamiento hacia el sur de la ZCIT con la presencia de aguas más cálidas que lo normal frente a las costas ecuatorianas, la ZCIT logra pasar hacia el sur de la latitud 0°, Fig. 1, los valores de precipitación y de temperatura del aire durante este período, aumentan extraordinariamente.

En condiciones atmosféricas normales, la superficie del mar en el lado este del Pacífico es relativamente fría, Fig. 2 (Diagrama A), los vientos soplan hacia el continente asiático donde se encuentra una zona de altas precipitaciones, Fig. 3. En los años en que ocurre El Niño, la presión atmosférica aumenta de manera inusual en el lado oeste del Pacífico y la superficie del mar del centro y del lado este el Pacífico tiende a calentarse de manera insólita, Fig. 2 (Diagrama B), los vientos que se dirigen hacia el oeste disminuyen o cambian de dirección, la zona de convección atmosférica se desplaza hacia el este,

produciéndose sequías en Indonesia y Australia e inundaciones en América del Sur, Fig. 4.

Frente Ecuatorial.- El frente ecuatorial consiste de un conjunto de corrientes y contracorrientes, superficiales y subsuperficiales, que se mueven a lo largo y a ambos lados del ecuador geográfico; la posición latitudinal del frente sigue un movimiento cíclico anual que, una vez más, responde principalmente al resultado del sistema de fuerzas entre los vientos alisios del norte y alisios del sur.

En ambos lados del ecuador geográfico se desplaza la Corriente Ecuatorial Sur (CES) y en el lado norte la Corriente Ecuatorial Norte (CEN). Estas dos corrientes son superficiales, con dirección hacia el lado oeste del Pacífico y con velocidades proporcionales a la velocidad del viento superficial. En cambio, con dirección hacia el lado este del Pacífico, se desplazan la Contracorriente Ecuatorial Norte (CCEN) que se presenta superficial o subsuperficial, la Contracorriente Ecuatorial Sur (CCES), que es superficial, y la Corriente de Cromwell que se sitúa exactamente sobre el ecuador geográfico y que es subsuperficial. Estos tres

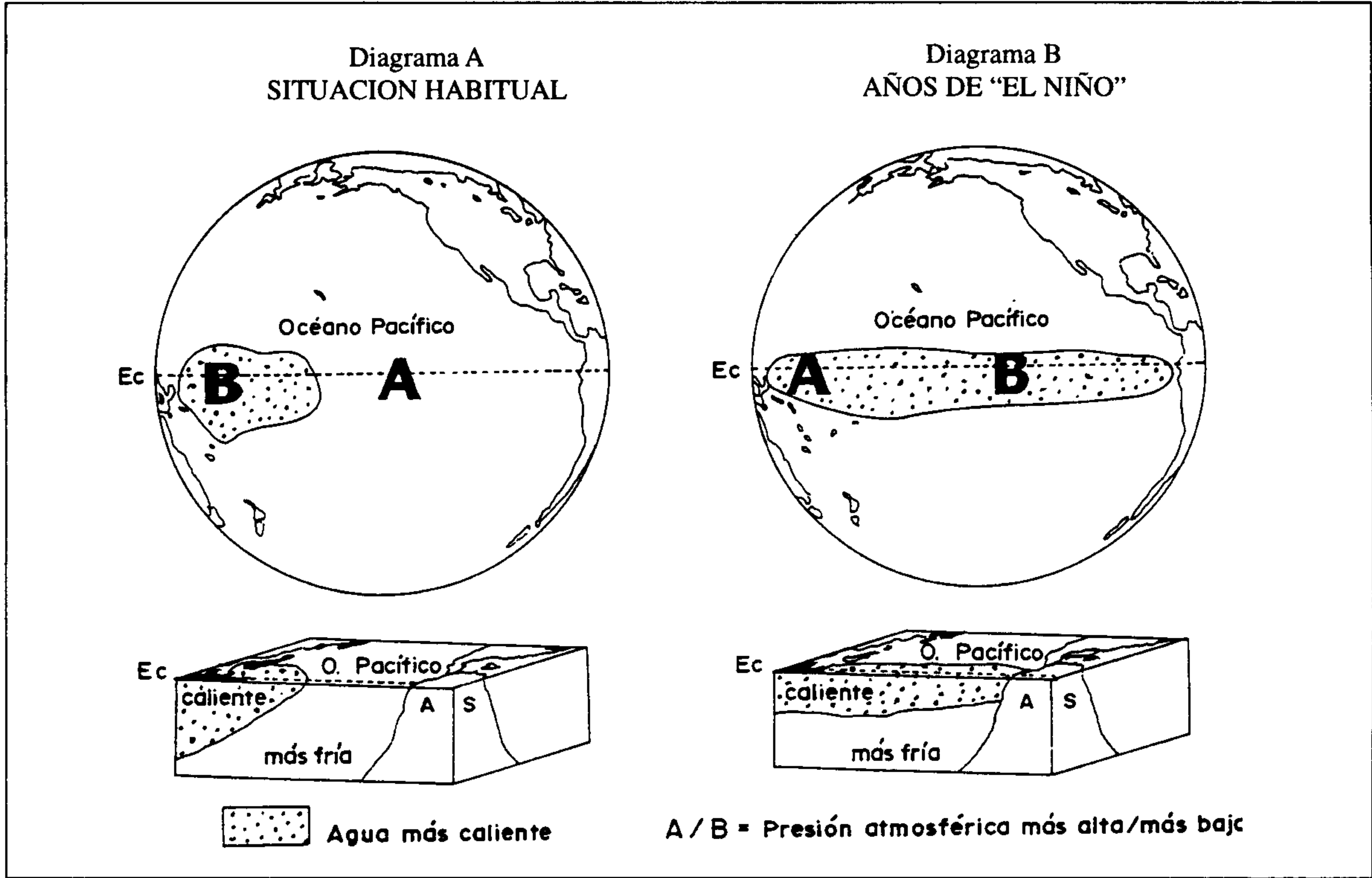


Figura 2. Condiciones de la temperatura superficial del mar en época normal y en época "El Niño"

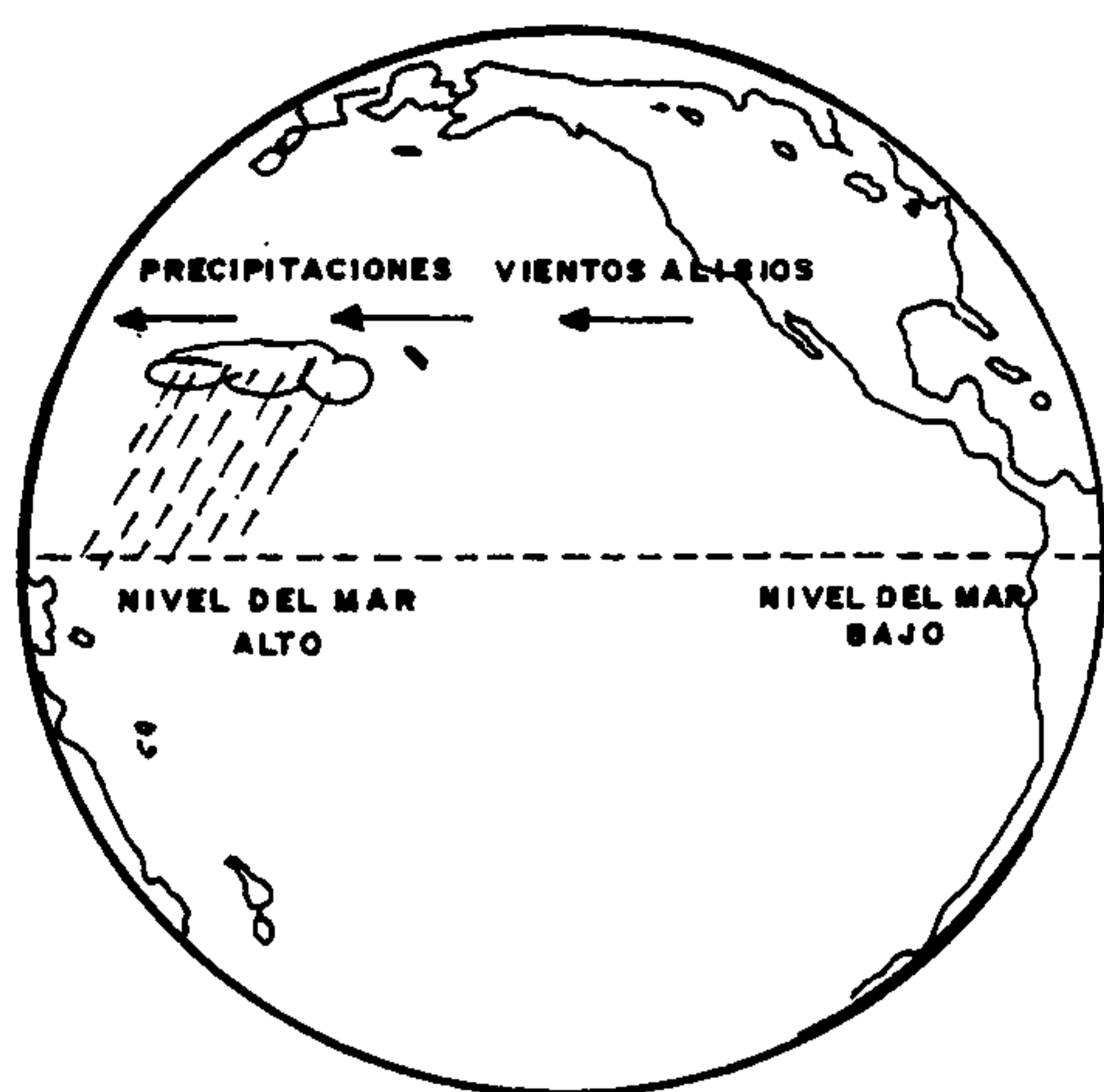


Figura 3. EPOCA NORMAL

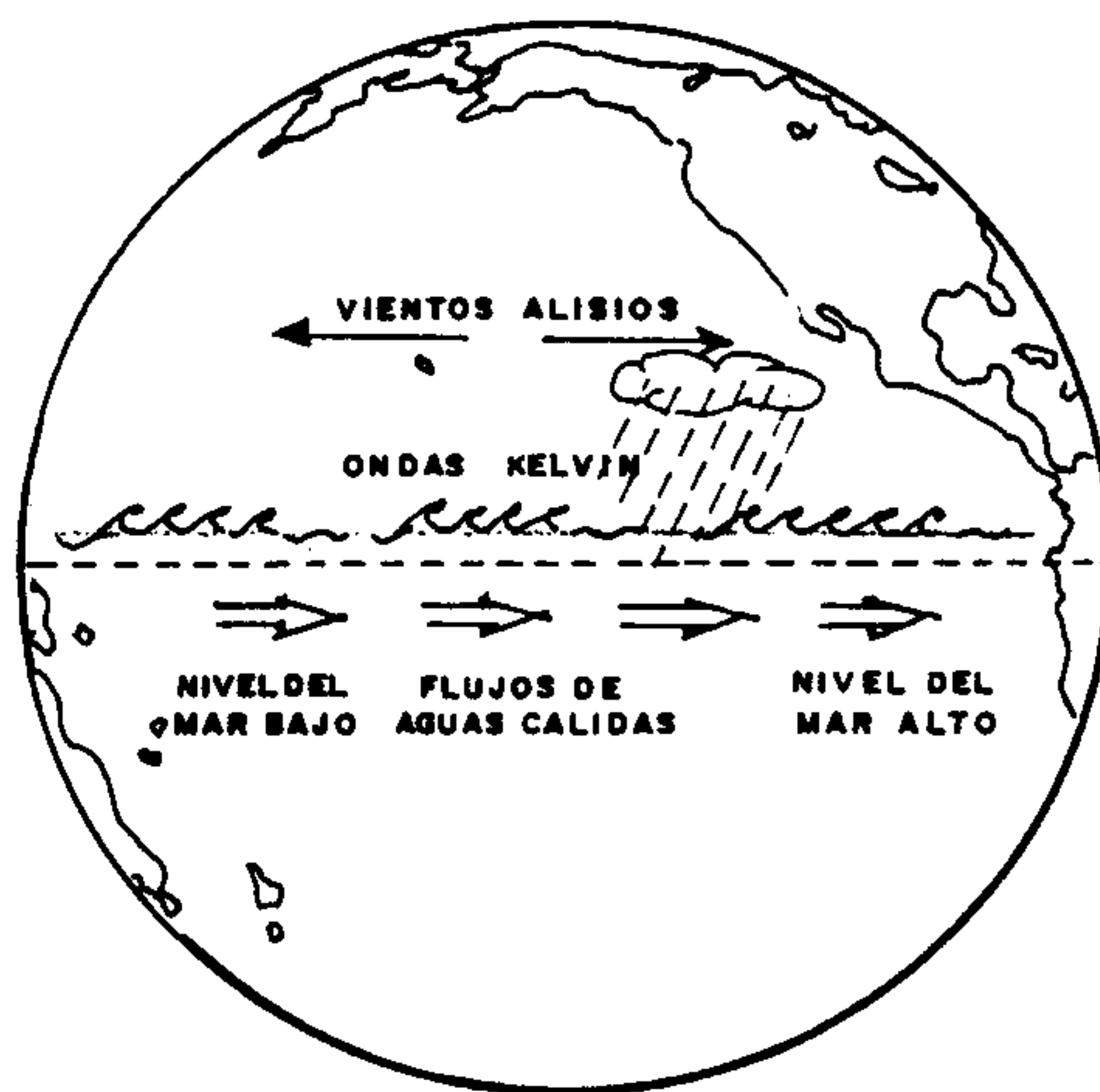


Figura 4. EPOCA "EL NIÑO"

Condiciones oceánicas y atmosféricas en época normal y época "El Niño"

sistemas de contracorrientes se encargan de transportar hacia el lado este el agua acumulada, por la corriente Ecuatorial Norte y la Corriente Ecuatorial Sur, sobre el Pacífico oeste y central. Fig. 5

Cuando se presenta un El Niño, el sistema de las cinco corrientes que forman el Frente Ecuatorial experimentan cambios en su posición y fuerza, resultando en un debilitamiento de las corrientes y una intensificación de las contracorrientes, estas últimas se encargan de transportar inusitadas cantidades de agua hacia el lado este del Pacífico Tropical (costa de Ecuador) (Miller, F.).

Corriente de Humboldt. Además de las grandes corrientes del Frente Ecuatorial, existe la Corriente de Humboldt de influencia regional, que bordea sudamérica dirigiéndose de sur a norte desde Chile hacia el Ecuador, una característica normal de esta corriente es su baja temperatura y su movimiento cíclico anual de avance y retroceso en concordancia con el debilitamiento y fortalecimiento, en su orden, de los vientos alisios. Se debilita y retrocede hacia el sur, aproximadamente en el mes de diciembre de cada año, debido al avance de las aguas cálidas de la corriente de El Niño desde el norte del Ecuador hacia

el Perú, se intensifica y avanza hacia el norte hasta el sur del Ecuador, aproximadamente al inicio del segundo semestre, normalmente la Corriente de Humboldt gira hacia el oeste a la altura del Golfo de Guayaquil alimentando a la Corriente Sur Ecuatorial, durante un El Niño se debilita aún más que lo normal y su giro hacia el oeste se ubica bien al sur del Golfo de Guayaquil. Fig. 5

Como consecuencia del movimiento combinado de avance y retroceso del sistema oceánico-atmosférico formado por la ZCIT, el Frente Ecuatorial y la Corriente de Humboldt, y como resultado de la diferencia de fuerzas entre los vientos alisios del norte y los alisios del sur, el clima de la región costera del Ecuador está estrechamente ligado a la interacción océano-atmósfera, puesto que responde a cualquier cambio que se da en dicho sistema. Por esta razón, INOCAR mantiene un constante monitoreo de las condiciones de este sistema a través de una extensa red de estaciones meteorológicas costeras, la realización de cruceros oceanográficos periódicos y el análisis de información proveniente del exterior obtenida por satélites especializados.

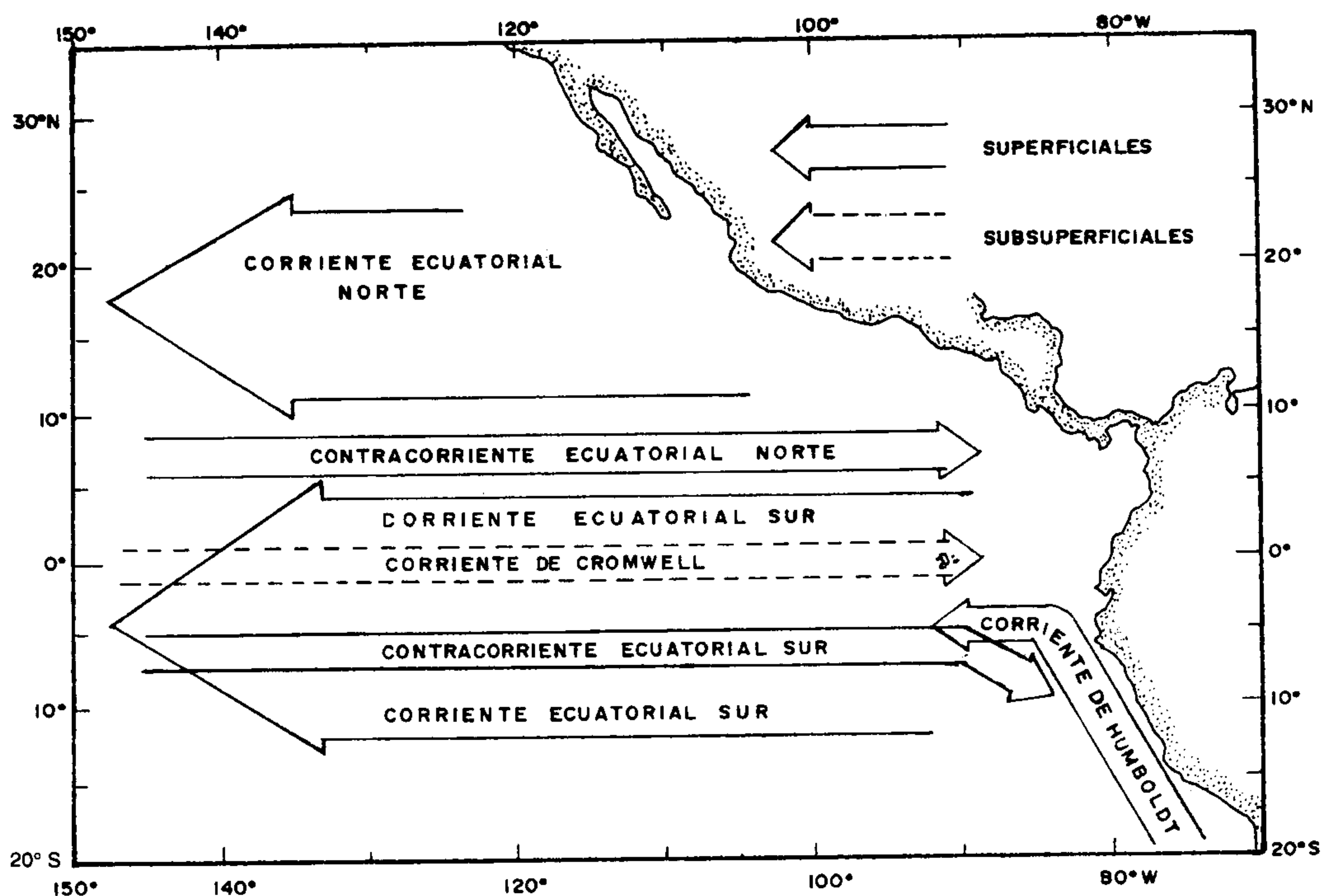


Figura 5. Representación esquemática del sistema de corrientes en el Pacífico Tropical Central Oriental

Las cartas de distribución de la temperatura superficial del mar obtenidas por satélites, son una buena muestra de los varios productos que en la actualidad se utilizan para estudiar los cambios en las condiciones oceánicas. En las Figs. 6 y 7 se muestra la distribución superficial de la temperatura

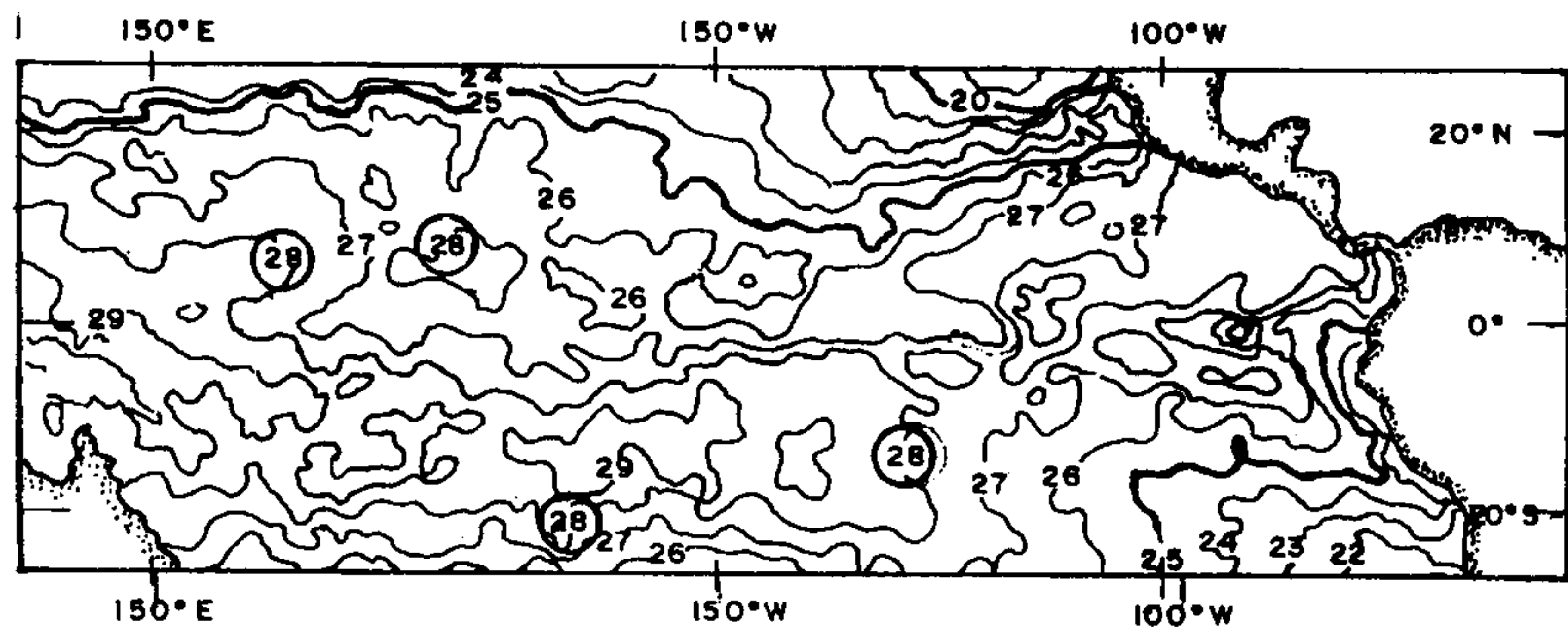


Figura 6. Distribución de la temperatura superficial del mar durante el mes de marzo en época normal.

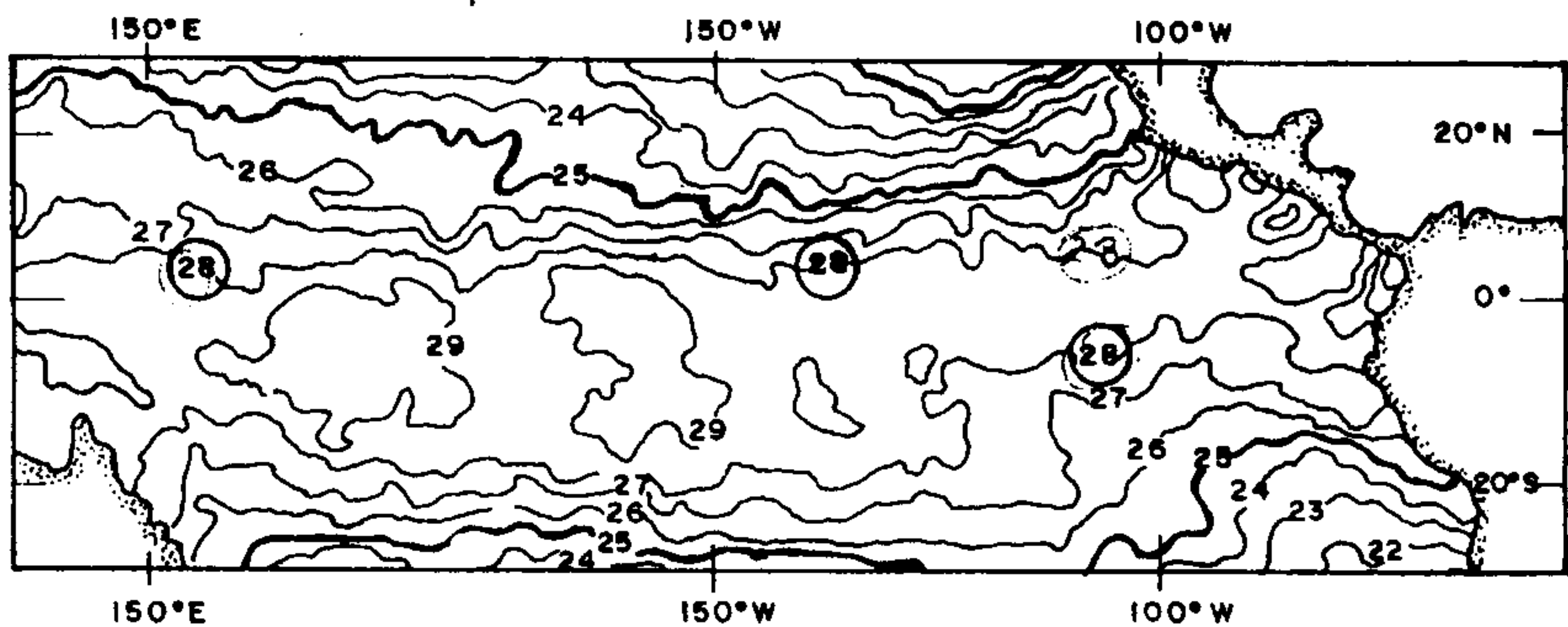


Figura 7. Distribución de la temperatura superficial del mar durante el mes de marzo en época "El Niño".

del mar, en la región del pacífico central, durante el mes de marzo en época normal y en época El Niño respectivamente, se observa que durante la época normal las aguas cálidas de 28°C llegan hasta los 130°W , mientras que en época El Niño estas aguas cálidas han avanzado hacia el este hasta las costas del continente sudamericano, produciendo notables cambios oceánicos-atmosféricos y en las condiciones de vida de los habitantes de esta región.

Los Episodios ENSO.- Las investigaciones realizadas en los últimos años han demostrado que El Niño no es un fenómeno regional propio de las costas de Ecuador y Perú, sino que es parte de un complejo sistema de variabilidad climática global llamado la Oscilación del Sur (OS).

La OS es la «contraparte atmosférica de las variaciones oceánicas», está dada por la relación inversa entre una región de baja presión atmosférica y otra de alta presión (Zambrano E. 1986), la primera está localizada en Darwin, Australia, que se caracteriza por el ascenso de aire, elevada nubosidad (convección) y lluvias, y la segunda está localizada en Tahití, Islas Sociedad, que se caracteriza por el descenso de aire (subsistencia) y condiciones secas. La diferencia de las anomalías de la presión atmosférica entre ambas regiones, da un valor que se lo llama Índice de Oscilación del Sur, el cual se hace negativo durante un El Niño, Fig.8. En la actualidad la Oscilación del Sur ha sido relacionada con el Fenómeno El Niño, esta relación El Niño-Oscilación del Sur se conoce como Episodio ENSO, (El Niño-Southern Oscillation).

MANIFESTACIONES DE EL NIÑO EN AGUAS ECUATORIANAS

Varias son las manifestaciones que se dan en aguas ecuatorianas como resultado de la presencia de un El Niño, entre ellas se puede mencionar la Onda Kelvin, el aumento del nivel del mar, las marejadas, el aumento de la temperatura superficial del mar y algunas otras manifestaciones o cambios que se dan en las condiciones oceánicas y meteorológicas que afectan al clima, a la biota marina y terrestre, así como a las diversas actividades del desarrollo económico y social; algunas de estas manifestaciones o cambios, así como sus efectos, no son mensurables, evidentes o espectaculares por lo que muchos de ellos pasan desapercibidos para la gran mayoría.

La Onda Kelvin: Es ampliamente aceptado que durante un El Niño, en pocas semanas se produce un transporte de energía o calor a lo largo del Pacífico Ecuatorial (5°N - 5°S), desde el lado del Pacífico Occidental (Polinesia) hacia el lado Oriental (Ecuador). El principal responsable de este transporte de energía, sería la propagación en dicha dirección, de una onda ecuatorial de baja frecuencia llamada Onda Kelvin. A este mecanismo se le atribuye el origen de las situaciones anómalas propias de El Niño que se presenta frente a las costas sudamericanas, como el aumento de la temperatura de las aguas superficiales y el aumento del nivel medio del mar.

(CORTESIA DE E. ZAMBRANO)

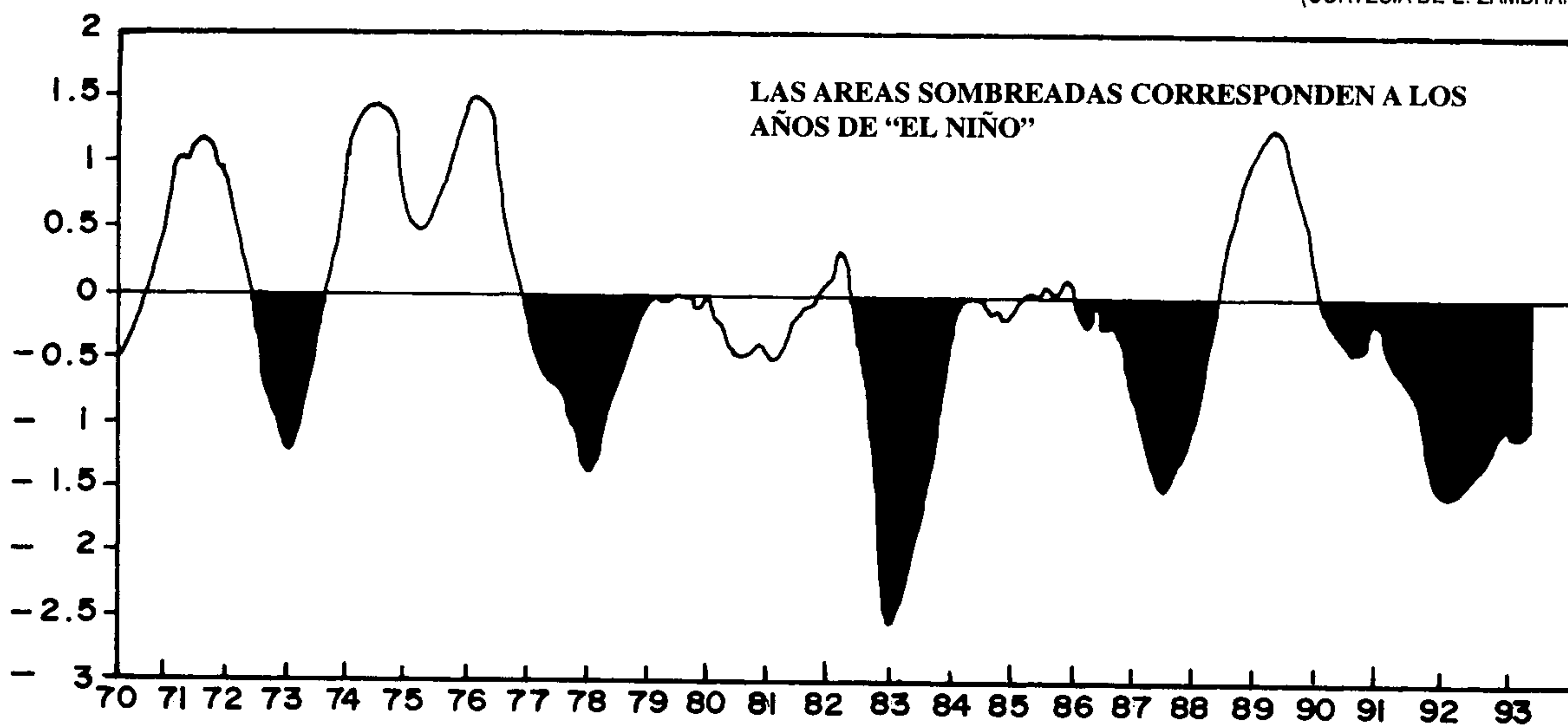


Figura 8. Índice de Oscilación Sur

Aumento del Nivel del Mar: Durante un El Niño se ha notado que el Nivel Medio del Mar aumenta paulatinamente en el lado de sudamérica mientras disminuye en el lado de la Polinesia. El origen de este efecto sería la intensificación de las contracorrientes que se encargan de transportar grandes cantidades de agua desde el lado occidental hacia el lado oriental del Pacífico, a la propagación en la misma dirección de la Onda Kelvin y al cambio en la dirección de los vientos.

El aumento del nivel del mar se refleja en la ausencia de playa durante la pleamar o en una playa angosta durante la bajamar, otra manifestación es la entrada de agua de mar a lugares que anteriormente eran secos y la erosión acelerada de la línea de costa; frente a nuestras costas se produce la profundización de las aguas menos frías lo que gráficamente se refleja en el hundimiento de las líneas de igual temperatura del mar llamadas isotermas.

En relación al aumento del nivel del mar, Moreano et. al., (1986) indica, entre otras cosas, que durante El Niño 82-83, el mareógrafo de La Libertad registró drásticos aumentos del nivel del mar desde los primeros días de octubre 82, en enero 5 de 1983 el nivel del mar alcanzó su máxima altura con 47 cm. sobre el nivel medio posiblemente asociado con el arribo de la cresta de una Onda Kelvin a las costas ecuatorianas, en agosto el nivel del mar registra por primera vez, después de 10 meses, valores negativos hasta fines de año. En la Fig. 9 se reproduce la variación del nivel medio del mar durante los años 1982-83 presentada por dicho autor, en la curva se observan otros dos picos cercanos a los 40 cm. en los meses de marzo y mayo, en total aproximadamente unos 7 meses de los 10 el nivel del mar se

mantuvo sobre los 20 cm.

Se ha observado que el aumento del nivel del mar se propaga desde el Ecuador hacia ambos lados de la costa americana, disminuyendo paulatinamente hasta las costas de California y Chile.

Marejadas: De las observaciones realizadas en la costa ecuatoriana durante los últimos El Niño, se conoce que generalmente a la elevación del nivel del mar por la presencia de una Onda Kelvin, se pueden sumar otros dos efectos que normalmente se dan. Uno de ellos se presenta por la formación de otros fenómenos naturales como la intensificación de las tormentas en el Pacífico Norte debido a las anómalas condiciones atmosféricas y el otro efecto se debe a la presencia de fenómenos naturales normales que se dan regularmente en nuestras costas durante todo el año, como las mareas de sicigia; como resultado de la coincidencia en fechas o superposición de estos tres fenómenos (Onda Kelvin, tormentas en el Pacífico Norte y mareas de sicigia) se forman fuertes marejadas en las costas de Ecuador así como en las de Colombia y Perú. La fuerza de estas marejadas depende de la cercanía en fecha de la presencia de las mareas de Sicigia con la formación de las tormentas en el Pacífico Norte así como de la cercanía a nuestras costas de la cresta de la Onda Kelvin, mientras más cercanas son las fechas y la cresta de la onda, más fuerte es la marejada. Estas marejadas se caracterizan por presentar olas altas con mayor frecuencia, las mismas que se encargan de producir cambios en las playas, en la línea de costa y aún ocasionar graves daños sobre las estructuras costeras y viviendas que han quedado o se han construido cerca de la playa.

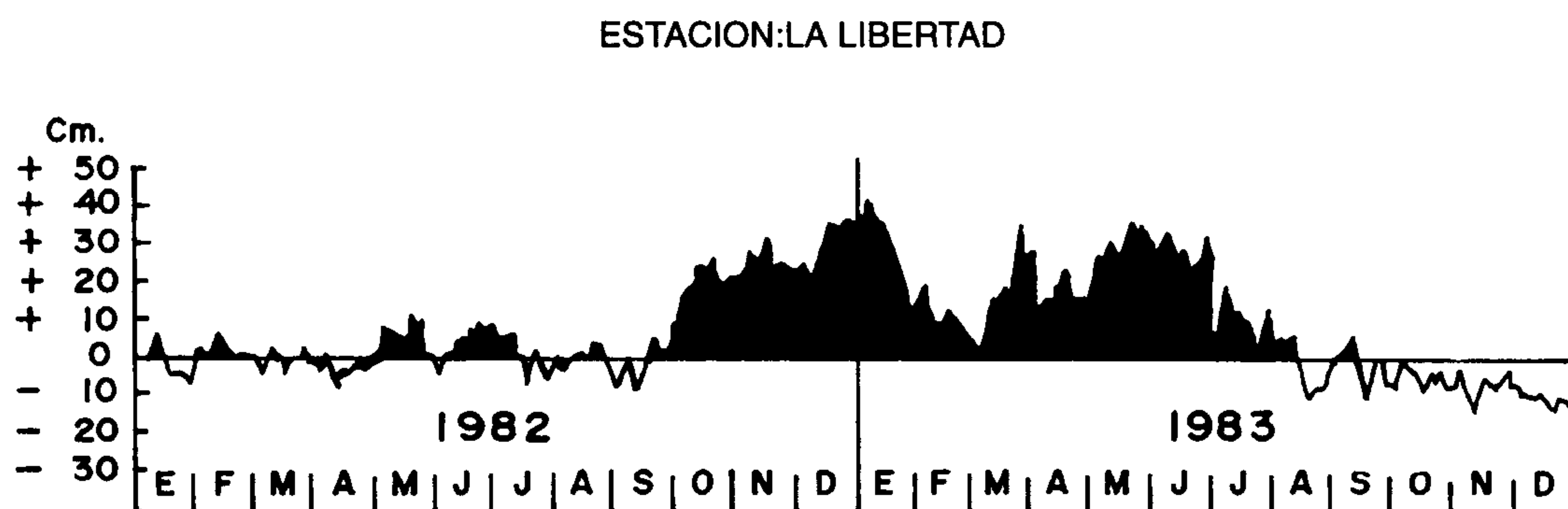


Figura 9. Variación del nivel medio del mar durante los años 1982-1983 en la Estación La Libertad.
(Tomado de Moreano H. et. al. 1986)

Temperatura Superficial: Otra manifestación de un El Niño en aguas ecuatorianas asociada al arribo de una Onda Kelvin, es el cambio de las temperaturas de las aguas subsuperficiales debido a la profundización de las aguas relativamente frías como consecuencia de la presencia de una capa más gruesa de aguas cálidas en la superficie. Esta profundización se la puede observar en el hundimiento de las isothermas (líneas que representan aguas de igual temperatura) a profundidades mayores de lo normal. Para el análisis de las condiciones anteriores se acostumbra tomar como referencia las isothermas de 20° y 15° C. En las Figs. 10 y 11 se presentan las estructuras termal subsuperficiales para los primeros meses del año en condiciones normales y en condiciones El Niño. En la Fig. 10 se observa que en épocas normales la isoterma de 15°C se encuentra entre 60-80 m., mientras que la de 20°C se encuentra entre 20-30 m. En la Fig. 11, que corresponde a épocas El Niño, todas las isothermas se han profundizado de tal manera que la isoterma de 15°C se encuentra cerca de los 200 m., mientras que la de 20° C llega hasta los 90 m. de profundidad.

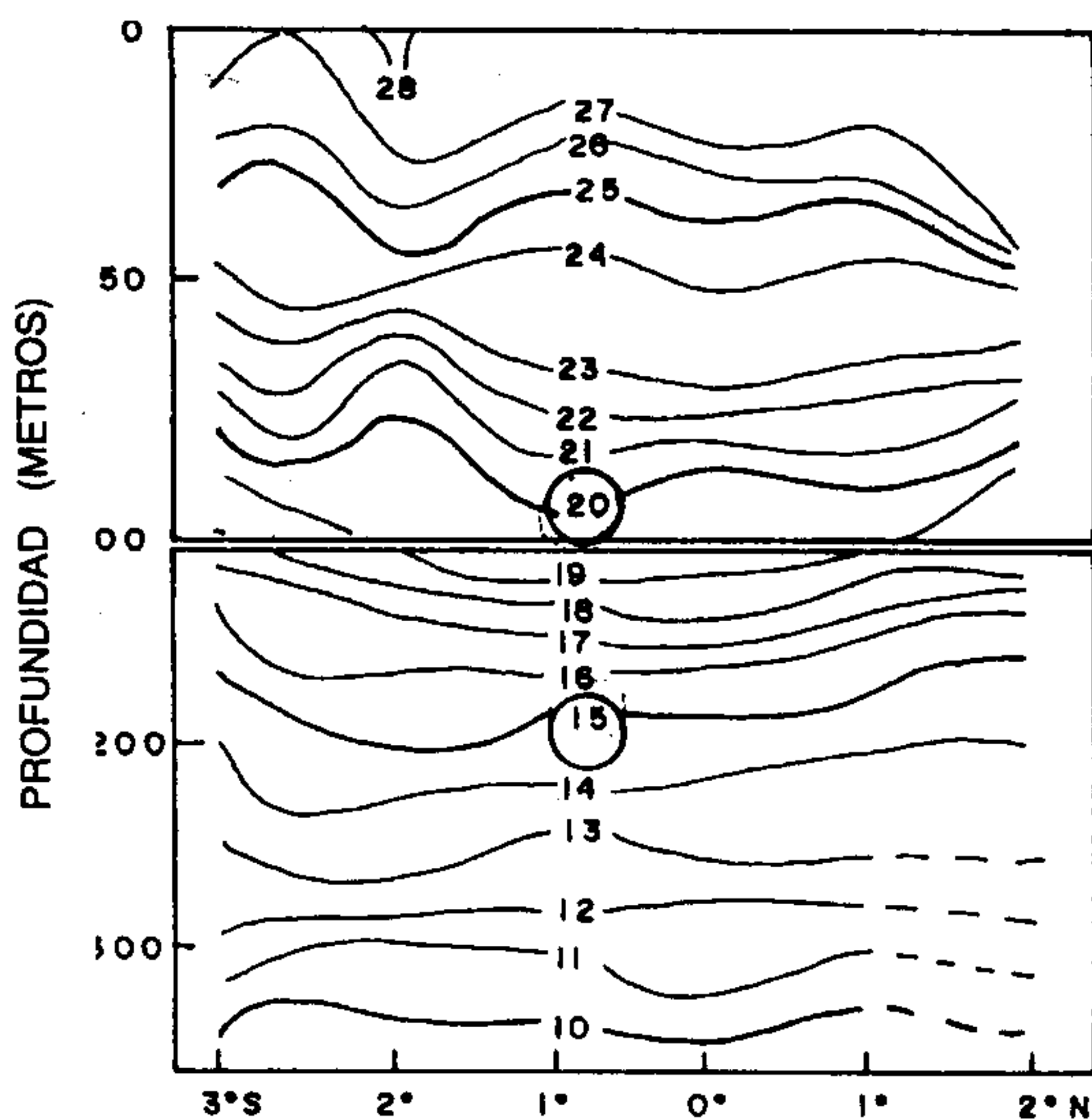


Figura 11. Estructura termal subsuperficial en época "El Niño"

IMPORTANCIA Y REPERCUSIONES DE EL NIÑO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

La importancia del Fenómeno El Niño radica en los daños ocasionados por las diversas manifestaciones del fenómeno en varias regiones del mundo. Un episodio ENSO provoca cambios climáticos-ambientales a escala global de efectos opuestos: por ejemplo sequías e inundaciones, de tal manera que se pueden presentar sequías en Australia, Indonesia, Noreste del Brasil, África Ecuatorial, mientras que se producen excesivas precipitaciones en Ecuador, norte del Perú, California entre otros lugares. En la Fig. 12 se presenta en forma general, las diferentes regiones del mundo donde pueden ocurrir sequías o inundaciones por efectos de un ENSO.

Como resultado final de un ENSO, las mayores y más amplias repercusiones de un El Niño sobre el medio ambiente, se pueden observar principalmente en el ambiente humano y en menor grado, en los recursos naturales renovables. Aún se recuerda el episodio ENSO de 1.982-83 que produjo los más grandes efectos destructivos no solo en el Ecuador sino también en el mundo entero. En relación a los efectos alrededor del mundo, se presentó una extensa sequía alrededor del globo, la que se inició a principios de 1982, prolongándose en muchos lugares hasta la primavera de 1983. En la parte oriental de Australia ocurrió la peor sequía en 200 años seguida por grandes incendios a principios de 1983. En Indonesia, Nueva Guinea y las Filipinas

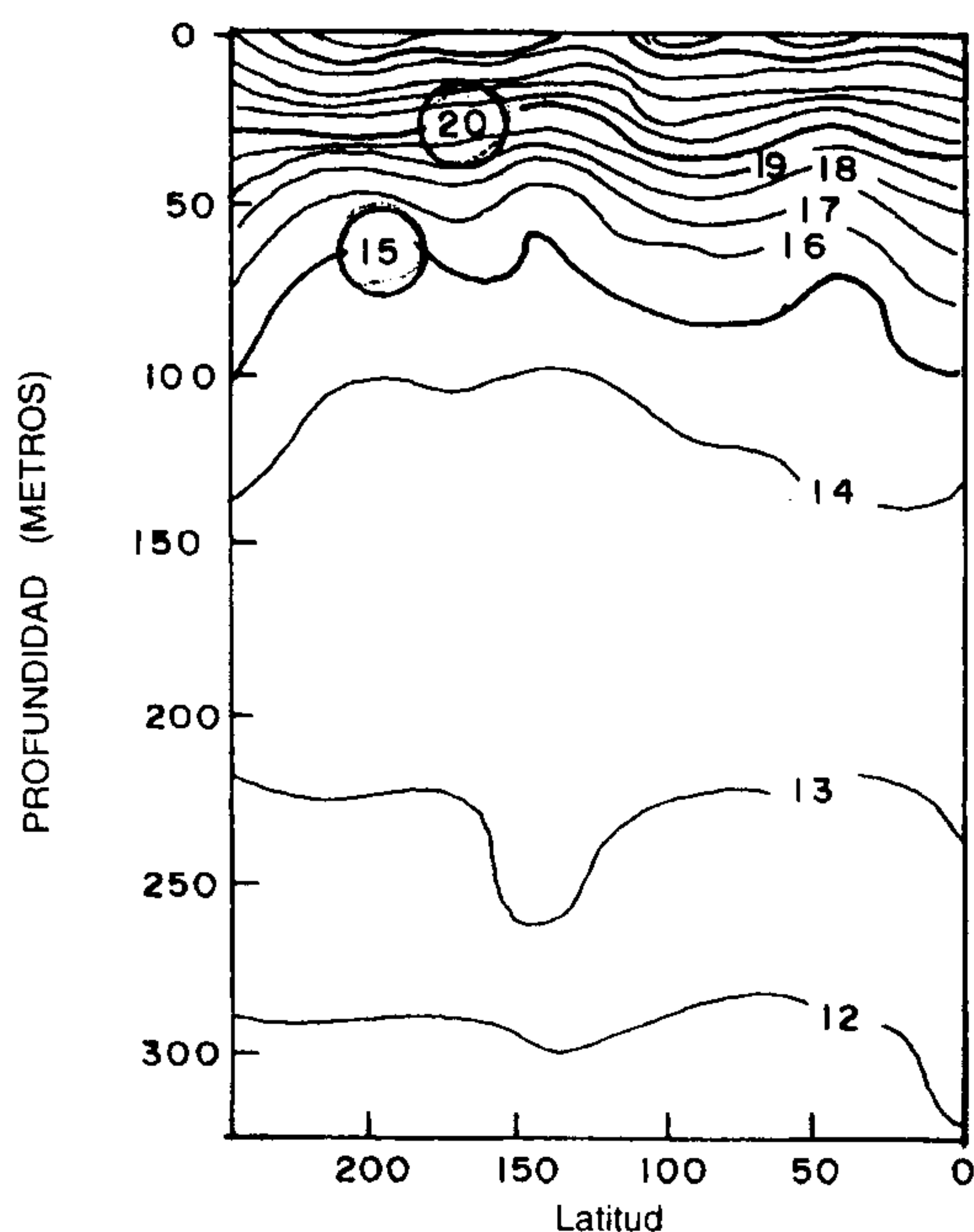


Figura 10. Estructura termal subsuperficial en época normal.

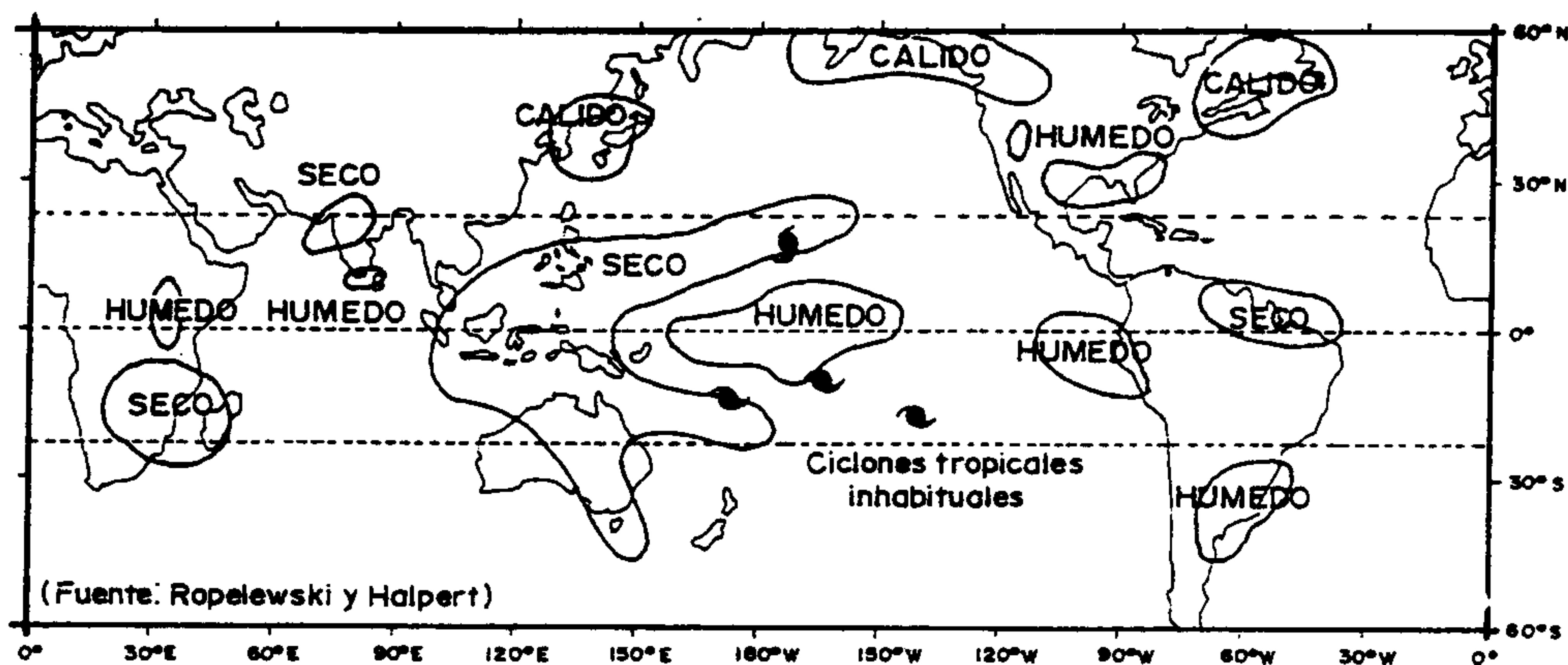


Figura 12. Regiones del mundo donde se producen sequías e inundaciones durante un "El Niño"

se presenta-ron también sequías con pérdida de vidas humanas y grandes daños. La India meridional sufrió la sequía más severa de la que se tiene memoria. La parte noroeste de África y la mayoría del sur de África experimentaron severas y prolongadas condiciones de sequía. Se presentó también sequía en 1982 y a principios de 1983, en el hemisferio occidental en la parte noroeste de Brasil, en Panamá y Costa Rica y más recientemente en la parte central del sur y sudeste de los Estados Unidos. En contraste, otras regiones del mundo sufrieron fuertes lluvias inusitadas y tormentas severas durante El niño 1982-83. Se formaron tres huracanes al este de Tahití y las Islas Cook y Sociedad. La Polinesia Francesa sufrió 6 tormentas tropicales grandes. En 1982, un gran número de tormentas tropicales ocurrieron en el Pacífico Oriental Tropical. Las lluvias tardías del invierno y la primavera, causadas por tormentas tropicales ocurrieron en el pacífico oriental tropical. Las lluvias tardías del invierno y la primavera, causadas por tormentas más severas de lo común, afectaron la parte central y sudoeste de los Estados Unidos. La región septentrional de la Argentina y la parte meridional de Brasil sufrieron fuertes lluvias e inundaciones. Cayeron lluvias extremadamente fuertes en el Ecuador y el norte de Perú, lo que causó grandes inundaciones desde octubre de 1982 hasta mayo de 1983.

Un informe de las Naciones Unidas y CEPAL sobre "Los Desastres Naturales de 1982-1983 en Bolivia, Ecuador y Perú" presentando en diciembre de 1983, indica que El Niño afectó a estos tres países en forma e intensidad diferente, en primer lugar ocurrieron intensas y persistentes precipitaciones que ocasionaron extensas inundaciones en las zonas costeras bajas del Ecuador y del norte del Perú así

como en el oriente de Bolivia, mientras que en casi todo el altiplano boliviano-peruano se produjo una severa sequía, Fig. 13. En segundo lugar, en algunos puntos de la costa, la crecida de los ríos coincidieron con fuertes oleajes y con las más altas mareas del año, mientras que se presentaron notables ascensos de la temperatura del mar y descensos en su salinidad, hasta latitudes varios grados al sur del ecuador geográfico.

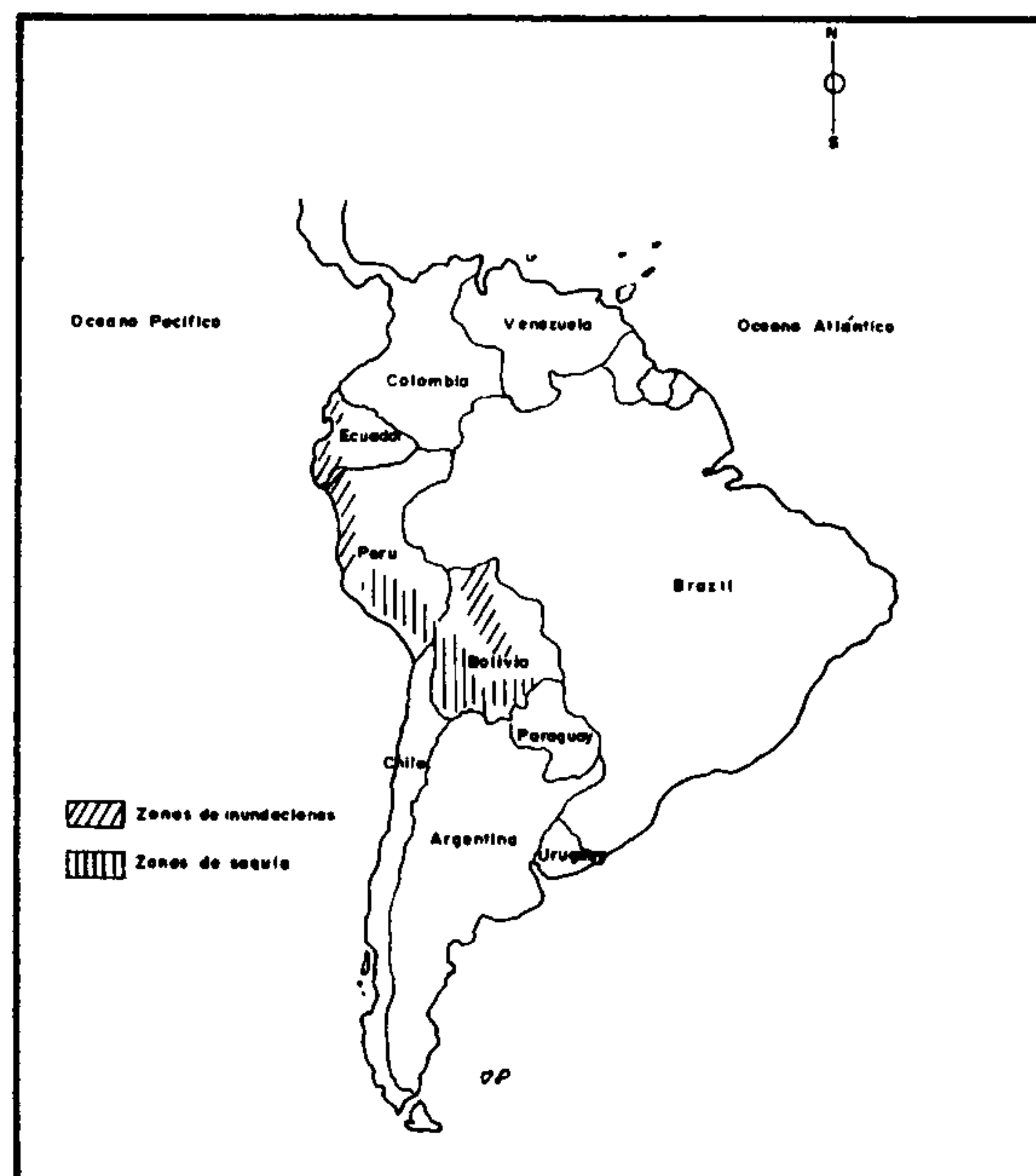


Figura 13. Regiones de Sudamérica donde ocurrieron inundaciones durante "El Niño" 1982-1983
(Tomado de Naciones Unidas-CEPAL Publicación E/CEPAL/6 1274)

Moreano, et. al., (1986), de la presencia de este episodio en el Ecuador dice: "En la segunda quincena de octubre de 1982, la costa ecuatoriana sentía las primeras lluvias de lo que sería uno de los inviernos más crudos en las últimas décadas. Esta particularidad no se había observado desde el año 1972, cuando las lluvias aparecieron durante el último trimestre del año como una consecuencia del fenómeno El Niño. Para noviembre de 1982 las lluvias se habían generalizado y alcanzaban valores significativos para toda la costa nacional, a tal punto que para el mes siguiente, las precipitaciones eran tan fuertes que comenzaron los desbordes de los ríos e inundaciones de ciudades, poblados y de gran parte de las zonas agrícolas, sobre todo de aquellas provincias ubicadas en el centro del litoral ecuatoriano. Decenas de vidas y miles de hectáreas de sembríos de maíz, arroz, caña de azúcar y otros productos se perdían por el temprano invierno y lo abundante de las lluvias, situación que se agravaba aún más por la destrucción de puentes, caminos vecinales y carreteras que componen la red vial de la costa lo que dificultaba las comunicaciones y el normal abastecimiento e intercambio de productos; en fin, el impacto y el perjuicio social-económico que sufría la nación como causa de las circunstancias climáticas que vivía el litoral ecuatoriano a fines de 1982, tenían características de catástrofe al punto que el gobierno tuvo que declarar el estado de emergencia en todas esas provincias".

Efectos similares se observaron también en las Islas Galápagos, donde además los daños sobre la biodiversidad son de especial interés debido a la importancia científica de muchas especies. Las islas normalmente áridas habían cambiado su aspecto, las aguas del océano se encontraban pobres con muy pocos nutrientes para las especies. La alteración del clima afectó grandemente el tamaño de las poblaciones de algunos organismos, (Fundación Charles Darwin, 1985)

Lo anteriormente descrito da la tónica de los variados y amplios efectos que se presentan, en mayor o menor grado, en el mundo, en la región de sudamérica y en el territorio ecuatoriano durante todo episodio ENSO debido al aumento significativo de las precipitaciones o a la ausencia de ellas. Entre los últimos episodios en el Ecuador se pueden mencionar a los ocurridos en los años: 1991-92 (?), 1986-87, 1982-83, 1976, 1971-72

Se debe indicar que no todo invierno con

precipitaciones fuertes en algunos sectores del litoral ecuatoriano es consecuencia de un episodio ENSO. En imágenes satelitarias obtenidas en INOCAR, se ha observado que en esta época se puede desarrollar una fuerte actividad de la zona convectiva de la amazonía, afectando durante todo el invierno principalmente a la zona interandina, en forma ocasional ciertos ramales avanzan hasta la zona litoral ocasionando fuertes precipitaciones; ejemplo de lo anterior fueron las ocasionales precipitaciones excesivas en la costa sur del Ecuador durante el invierno de 1993 en que un ramal de la zona convectiva de la amazonía avanzó incluso hasta el Golfo de Guayaquil, (INOCAR, boletines de prensa).

Un acumulado de las precipitaciones de la época invernal, puede ser un buen indicativo de la presencia o no de un El Niño en nuestro país, como ejemplo, en la Fig. 14, se presentan los datos de lluvia de la estación meteorológica de Guayaquil hasta el mes de marzo de 1993, se puede observar que el valor acumulado está por debajo de la normal manteniéndose esta tendencia aún con las precipitaciones de abril, es decir que durante el invierno de 1993, las lluvias no mostraron la presencia de un evento El Niño, sin embargo los diferentes medios de comunicación hacían conocer en esas fechas, que las ocasionales precipitaciones fuertes habían afectado parte del sistema vial, además algunos ríos se desbordaron afectando a las poblaciones y a la agricultura.

Como ya se ha indicado, otro efecto que se presenta durante un ENSO, es el aumento del nivel del mar en varios centímetros, debido al avance de aguas cálidas hacia las costas del continente sudamericano y a la coincidencia, en fecha, de otros fenómenos naturales ya indicados (marejadas y mareas de sicigia), lo que facilita a que las olas puedan avanzar tierra adentro afectando a las estructuras que se han construido o han quedado cerca de la línea de costa como consecuencia de eventos anteriores. En varios informes internos y reportes de observaciones de campo realizadas por INOCAR durante los primeros meses de 1983, se encuentra que durante El Niño de 1982-83, las marejadas destruyeron muchas viviendas a lo largo de las costas del Ecuador, debido a una acelerada erosión de la línea de costa y de acantilados ocupados con viviendas; estos efectos fueron catastróficos en las poblaciones de San Jacinto y San Clemente en la Provincia de Manabí, donde casi todas las viviendas de la primera fila de manzanas fueron destruidas, un

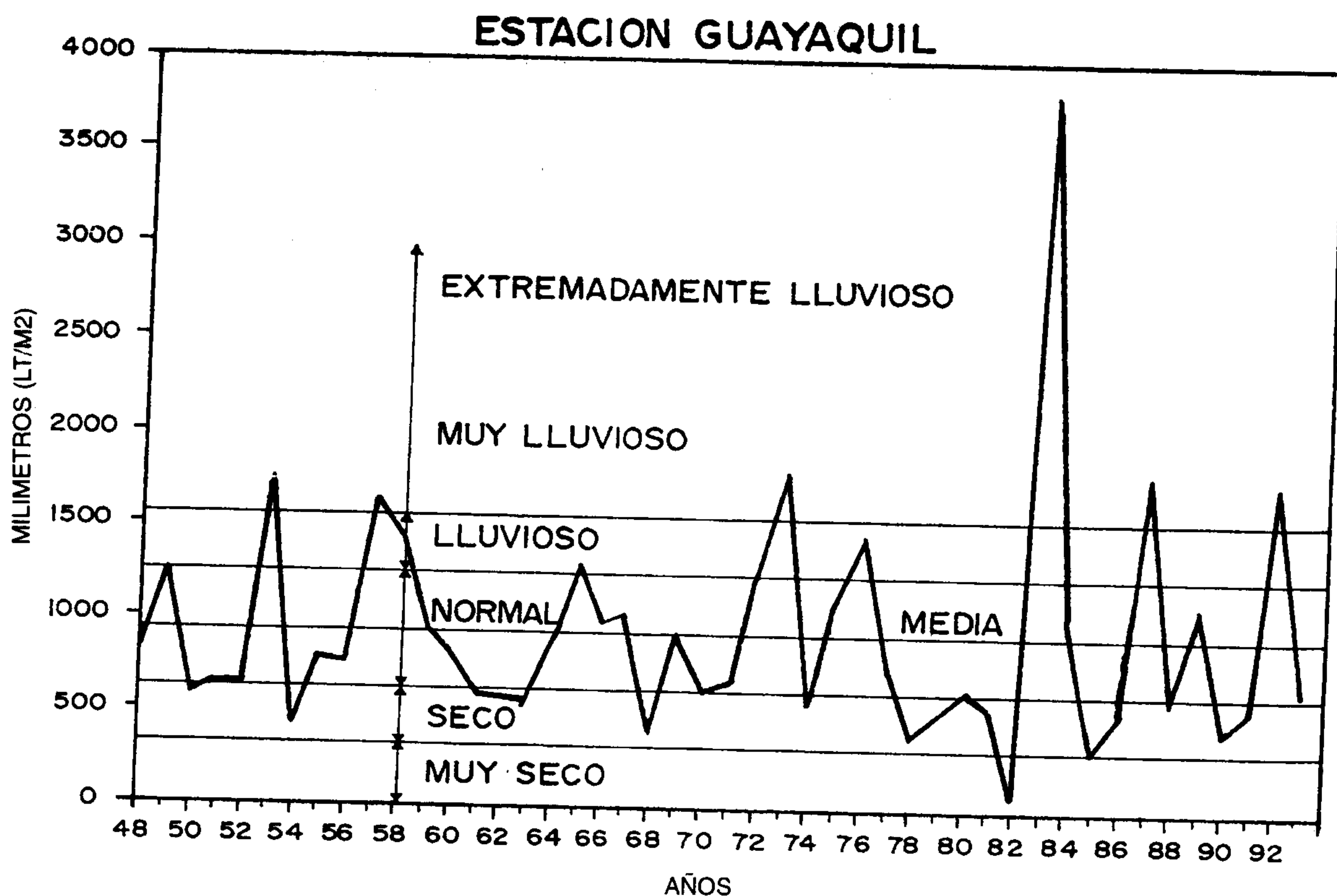


Figura 14. Clasificación de los periodos de lluvias
(Precipitaciones acumuladas anuales hasta marzo 18/93)

número menor de viviendas se destruyeron o quedaron afectadas en Manglaralto, Punta Blanca, La Libertad, Salinas y Jaramijó, en esta última población colapsaron los acantilados junto con las viviendas. En Salinas ocurrió una apreciable acreción de la playa como un efecto opuesto a la erosión de las playas ubicadas hacia el norte, en algunos lugares la playa se elevó entre 2 y 3 m. debido a la acumulación de arena y conchilla dañando temporalmente las playas turísticas.

Del ya mencionado informe de las Naciones Unidas-CEPAL y de las observaciones realizadas por INOCAR, para el Ecuador se puede puntualizar y resumir los daños en las siguientes áreas estratégicas del medio ambiente:

Repercusiones en el ambiente humano: Un El Niño tiene efectos directos y amplios sobre algunas de las áreas que conforman el ambiente humano, entre las más afectadas se encuentran: Población, Sector social y calidad de vida (vivienda, alimentación y nutrición, salud, saneamiento básico,

educación, empleo e ingreso (pobreza) y transporte. Actividad productiva (sector pecuario, agrícola, pesquero, industrial y turismo) y Evolución económica.

a. Población. Los pobladores de las provincias costeras de Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro, así como de Los Ríos, Azuay, Cañar, Cotopaxi y Loja, se ven afectados directa o indirectamente al perder sus viviendas o el menaje de sus casas, por las excesivas precipitaciones, inundaciones, avalanchas de lodo y/o el deslizamiento de los cerros. Los pobladores rurales son los más afectados debido, además, al deterioro de sus limitados servicios. En la línea de costa los pobladores son amenazados o afectados por el aumento temporal del nivel de mar y por las fuertes marejadas. En 1982-83 se estimó que unas 950.000 personas fueron afectadas.

b. Sector Social y calidad de vida. En este sector se produce un significativo deterioro en los niveles de vida de la población afectada, que ven

reducida su calidad por un período mucho mas largo que la duración del fenómeno mismo. Los sectores más afectados son los de vivienda y nutrición, salud y saneamiento básico, educación, empleo e ingreso y transporte.

Vivienda: Numerosas unidades habitacionales resultan destruidas o averiadas en las zonas urbanas y rurales. Las viviendas son dañadas por las inundaciones excepcionales, por las avalanchas de lodo que ocurren en algunos lugares cercanos a la sierra por las fuertes marejadas a lo largo de la línea de costa. En todas ellas se pierde una parte o todo el menaje de casa al ser anegado o arrastrado por las crecientes.

Se estima que durante El Niño 82-83, unas 5.700 viviendas de tipo mínimo o marginal se destruyeron por completo o se dañaron parcialmente en la zona urbana, en las zonas rurales se afectaron unas 8.000 viviendas más. Inspecciones de campo realizadas por INOCAR, estimaron que a lo largo de la línea de costa, no menos de unas 600 viviendas fueron destruidas por las marejadas después de los malecones o los muros de defensa de las poblaciones.

Alimentación y nutrición: Los niveles de alimentación y nutrición, especialmente infantil, se sitúan, aún más, por debajo de los límites recomendables en numerosas comunidades afectadas, debido a la pérdida de cosechas y al retraso de la siembra de algunos cultivos, produciéndose por algunos meses un desabastecimiento de alimentos.

Salud y saneamiento básico: La salud y el saneamiento básico se ven afectados especialmente en las regiones de inundación, tanto por ausencia de agua potable y el consumo de agua insalubre como por los daños en la infraestructura hospitalaria, centros de salud, sistemas de agua potable y redes de alcantarillado. Aparecen enfermedades gastro-intestinales, respiratorias y dermatológicas así como algunas que se las considera erradicadas como la malaria.

Educación: La educación recibe daños directos e indirectos, los primeros se deben a la destrucción de los locales por las avalan-

chas, lluvias e inundaciones afectando incluso el mobiliario y material didáctico, los indirectos se deben a los daños causados por la ocupación temporal de los locales por los damnificados.

Empleo e ingreso: La pobreza aumenta ya que el empleo e ingreso, especialmente para los pobladores del sector costero, se contrae aún más debido a la caída de la producción agrícola, pesquera e industrial, aumentando la tasa de subempleo especialmente en las zonas rurales.

Transporte: Se producen daños significativos en la infraestructura y en los servicios de transporte debido a las fuertes precipitaciones, las crecidas de los ríos, algunas avalanchas y a las marejadas. Sufren daños directos la red fundamental de carreteras, los caminos vecinales, las vías férreas, la vialidad urbana y la infraestructura aeroportuaria. Estos daños inciden aumentando los costos del transporte y dificultando el tráfico de pasajeros y de la producción a los centros de consumo.

c. Actividad Productiva. El sector pecuario, la agricultura, la pesca y la industria, se ven fuertemente afectadas por las intensas y persistentes lluvias, las inundaciones, las fuertes marejadas y los cambios en la temperatura y salinidad en el agua de mar.

Sector pecuario: En el sector pecuario se pierde parte del ganado vacuno y porcino por las inundaciones, mientras que el hato restante sufre una reducción de peso por la falta o pérdida de alimentos. La actividad avícola, ubicada principalmente en la Provincia de Manabí, se ve gravemente afectada por la falta de alimentos concentrados.

Sector agrícola: El adelanto de las fuertes precipitaciones sobre los productos de consumo interno y de exportación, causa la pérdida total o parcial de algunas cosechas, retrasan la siembra de ciertos cultivos y reducen el rendimiento de otros debido al exceso de precipitación y/o humedad, algunos productos se pierden por la dificultad de movilizarse a los centros de consumo o comercialización por los daños en las vías de

comunicación. La infraestructura agrícola sufre daños de importancia al efectuarse las obras de protección de inundación así como las obras de riego y drenaje debido a la erosión o sedimentación.

Sector pesca: En el sector pesca se observan daños tanto en la producción como en la infraestructura. Las extremadamente altas temperaturas y la menor salinidad del agua del océano, alejan a muchas especies o inciden en su ciclo reproductivo, disminuyendo, inmediatamente, en los volúmenes de captura de algunas especies.

El aumento del nivel del mar, la presencia de las mareas de sicigia y la crecida de los ríos, rompen o rebasan los diques de muchas piscinas camaroneras perdiéndose el producto. Muchos productos se pierden al no poderse transportar a los centros de consumo por los daños en las vías de comunicación. La captura para fines industriales se ve reducida, sin embargo, la producción de camarón capturado en el mar se incrementa significativamente.

Sector industrial: En el sector industrial se experimentan pérdidas en la infraestructura y en la producción por causas directas e indirectas. La infraestructura de algunas fábricas en los parques industriales y las granjas avícolas en las zonas rurales, se dañan considerablemente al ser arrastradas o anegadas por las inundaciones; adicionalmente a esto, la producción se ve reducida debido a la poca disponibilidad para el procesamiento de insumos de origen agrícola y pesquero.

Turismo: El sector turístico en todo el país se reduce dramáticamente debido a los peligros y a la dificultad de transportación, a la reducción de los servicios turísticos necesarios y al deterioro de los servicios básicos de salubridad. El turismo hacia las playas, que tiene su máxima expresión durante los primeros meses del año, se ve drásticamente reducido.

d. Evolución económica. El efecto final del fenómeno sobre las diferentes áreas estratégicas del medio ambiente, se manifiesta en la evolución

económica ecuatoriana, la misma que es calificada como grave por los analistas económicos, puesto que se nota inmediatamente algunas repercusiones que pueden ser severas según la situación económica del país. Entre los indicadores económicos que son afectados por un ENSO, se encuentran: el descenso del producto interno bruto (PIB) debido a la escasa producción de la pesca, la agricultura y la industria; disminución de las exportaciones debido a la necesidad de la implantación de medidas restrictivas impuestas por el Gobierno, necesidad de nuevos empréstitos para reactivar la economía, aumento inmediato del índice general de precios debido especialmente a un drástico aumento de los precios de los alimentos como resultado de la especulación y la pérdida de la producción.

Repercusiones en los Recursos Naturales.

De las diferentes áreas estratégicas que conforman los recursos naturales, el suelo es el más afectado por las repercusiones visibles y espectaculares que muchas veces ofrece; en el recurso océano, el sector pesca es el más afectado.

a. Suelo: Las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro, Los Ríos, Azuay, Cañar, Cotopaxi (lado occidental) y Loja, son afectadas por intensas precipitaciones, inundaciones, deslizamientos y/o avalanchas. La línea costera sufre los efectos de fuertes

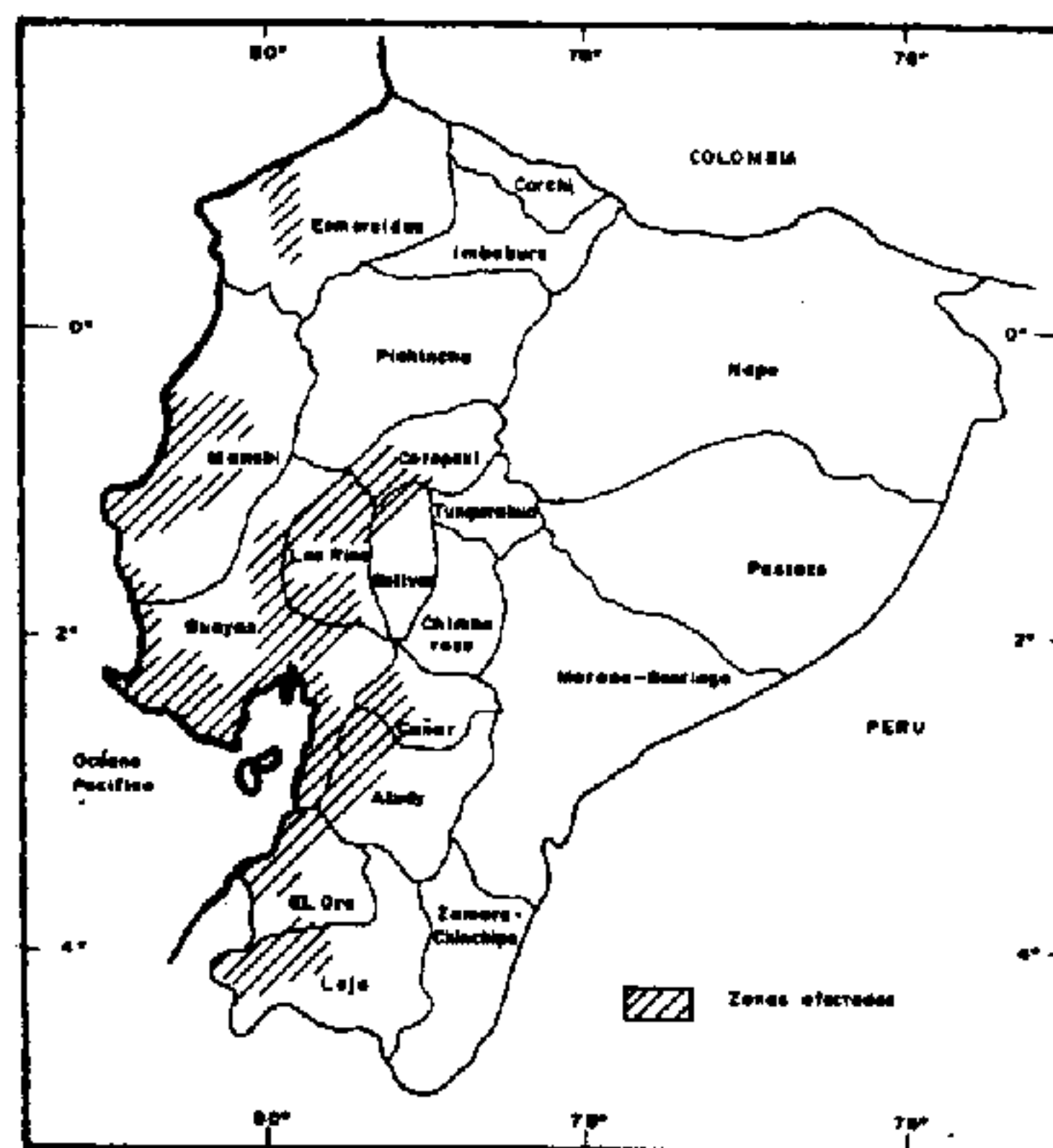


Figura 15. Zonas afectadas por las inundaciones durante "El Niño" 82-83
Tomado de CEPAL. Naciones Unidas. Publicación E/CEPAL/6 1274)

marejadas y del aumento del nivel del mar, que en muchos casos coinciden con las más altas mareas del año y con la crecida de los ríos. En muchas ocasiones, la morfología del sector afectado cambia drásticamente, obligando a sus habitantes ocupar otros sitios para sus viviendas y actividades.

En 1982-83 la superficie total afectada representó entre un 12 y 15% del territorio nacional total, Fig.15. Casi todas las poblaciones costeras al norte de la Puntilla de Santa Elena sufrieron el embate de fuertes marejadas con olas que en algunos casos alcanzaron los 5 m de altura de rompiente, erosionando la línea de costa y destruyendo estructuras costeras y viviendas, (INOCAR, 1983, informes internos).

b. Bellezas Escénicas: No se conoce de un estudio o inventario de los daños ocasionados en el patrimonio natural y cultural, ni en las áreas de interés escénico, turístico o recreacional. Las playas y sitios costeros de bellezas escénicas son los mayores recursos costeros para sustentar una actividad turística altamente rentable. Del fenómeno de 1982-83, algunos reportes de campo de INOCAR, indican que algunas playas turísticas fueron afectadas por las fuertes marejadas y el aumento del nivel del mar; en Manglaralto las playas fueron erosionadas descendiendo su nivel entre uno y dos metros, efectos similares pero menos intensos, se dieron en otras playas al norte de la Península de Santa Elena hasta Esmeraldas, en Salinas las playas se acrecentaron aumentando su nivel en cerca de dos metros, en las playas cercanas se dieron efectos similares pero de menor intensidad.

c. Pesca: El recurso natural pesca se ve afectado por los cambios en las características ambientales de las aguas debido a variaciones en las condiciones físicas, químicas y biológicas de las masas de agua en el pacífico tropical oriental.

Como referencia de las repercusiones económicas, en la tabla 1 se presenta un resumen de los daños ocasionados por el fenómeno El Niño 82-83, catalogado por los expertos como extraordinario.

En el análisis de éste cuadro la CEPAL indica

lo siguiente: El monto total de daños ascendió a los 641 millones de dólares, de los cuales 534 millones (83%) representan a los daños directos en la infraestructura y la producción, y el resto, 107 millones (17%), representan a los daños indirectos originados por ingresos no percibidos o productos no procesados por los sectores secundarios. Sin lugar a dudas las pérdidas mayores ocurrieron en los lugares productivos y la infraestructura, puesto que juntas abarcan el 96% de los daños. Sin embargo, los daños a los sectores sociales aunque tengan un valor material bajo, son de especial importancia pues han afectado adversamente las condiciones de vida de un importante grupo de ecuatorianos.

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MANIFESTACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE

De la amplia información existente y de varios informes internos de INOCAR, se puede resumir para el Ecuador las principales y más evidentes manifestaciones de un El Niño con algunos de sus efectos, estos se pueden hacer extensivos para Chile y Perú debido a que el fenómeno afecta a toda la región costera inclusive a Bolivia que se encuentra en el interior:

- Incrementos de la temperatura superficial y subsuperficial del mar, especialmente en las zonas costeras, con efectos en las pesquerías y ecosistemas costeros.
- Aumento de la evaporación y formación de nubes convectivas que incrementan las precipitaciones con efectos en el desborde de ríos, extensas inundaciones, derrumbes de cerros, daños en el sistema vial, entre otros.
- Sequías severas fuera del cinturón de influencia de la Zona de Convergencia Intertropical con efectos negativos en la agricultura y provisión de agua para consumo humano.
- Presencia de tormentas eléctricas y vientos huracanados con efectos sobre poblaciones y zonas agrícolas.
- Aumento del nivel del mar y formación de marejadas con efectos en las características de los procesos costeros como olas y corrientes que erosionan o acrecientan la línea de costa.
- Deterioro del ambiente y la calidad de vida por daños en el equipamiento de las

TABLA I

RESUMEN DE DAÑOS CAUSADOS POR LOS DESASTRES NATURALES (Millones de dólares)				
Sector y Subsector	Total	Directo	Indirecto	Componente Externo*
TOTAL	640.6	533.9	106.7	106.7
Sector social	23.6	16.7	6.9	
Vivienda	6.3	6.3	---	1.2
Salud	10.7	4.6	6.1	7.0
Educación	6.6	5.8	0.8	1.1
Transporte	209.3	164.3	45.0	
Transp. carretero	162.0	126.4	35.6	77.3
Transp. ferroviario	16.7	14.9	1.8	0.5
Vialidad Urbana	26.5	18.9	7.6	13.1
Infraestructura Aeroportuaria	4.1	4.1	---	1.9
Sector Productivo	405.6	351.4	54.2	
Agricultura	202.7	202.1	0.6	94.3
Ganadería	31.1	22.1	9.0	4.5
Pesca	117.2	117.2	---	2.2
Industria	54.6	10.0	44.6	23.2
Otros daños	2.1	1.5	0.6	0.6
Fuente: Estimaciones de la CEPAL con base en cifras oficiales y observaciones propias				
*Incluye importaciones y/o reducción de exportaciones.				
(Tomada de Naciones Unidas-CEPAL "Los desastres naturales de 1982-83 en Bolivia, Ecuador y Perú. E/CEPAL/G. 1274)				

poblaciones con efectos negativos en la salud y pérdida de vidas humanas.

- Deterioro de la actividad socio-económica con retracción y/o destrucción de la producción con daños en la agricultura, ganadería, vivienda, vialidad, etc.

Se debe notar que algunos de los efectos indicados, pueden ocurrir también en condiciones climáticas anómalas con origen en la hoya amazónica, que pueden hacer pensar en la presencia de un fenómeno de origen océano-atmosférico.

RECURRENCIA DE LOS EVENTOS
EL NIÑO

El Niño es un fenómeno repetitivo pero no cíclico que, como se ha indicado, se manifiesta como parte del complejo sistema de variabilidad climática global conocido como ENSO, Una característica de los ENSO, es el aumento significativo de la temperatura superficial y subsuperficial del mar (TM). Este parámetro es de gran importancia en los estudios oceanográficos por su fácil medición ha servido para intentar una clasificación de los eventos

cálidos y en consecuencia se han obtenido también los eventos fríos a escala global.

La temperatura del aire (TA), es un parámetro que responde inmediatamente a los cambios de la temperatura del mar, por lo que su medición refleja muy bien los cambios en la temperatura del océano y da buenas correlaciones cuando se la compara con otros parámetros océano-meteorológicos. Por ejemplo, existe una buena correlación en el comportamiento de la precipitación y la temperatura del aire de la estación de Guayaquil, encontrándose que a los años secos le corresponden los años fríos y a los años húmedos le corresponden los años cálidos. Por otra parte, los eventos fríos y cálidos presentan también una fuerte correlación con las variaciones del nivel medio del mar en los puertos del Ecuador. Sobre el comportamiento de éstas correlaciones entre los eventos fríos y cálidos con los secos y húmedos respectivamente, así como con otros parámetros meteorológicos y oceanográficos, falta aún investigar en el país.

En la tabla 2 se presenta una clasificación realizada por Torcuato Rivera desde el año de 1925 hasta 1985, en la que aparecen los años considerados como normales, cálidos y fríos. De una rápida observación entre las clasificaciones débil, moderada, fuerte y extraordinaria de los eventos cálidos, se puede notar que en todas las décadas se ha presentado al menos dos ENSO (excepto en la década del 30 en que al parecer se presentó solo uno), de los ENSO uno ha sido clasificado como fuerte y solo en la década del 80 se presentó un evento clasificado como extraordinario que corresponde a El Niño de 1982-83.

De la estadística presentada, se nota que al menos dos El Niño se han presentado en cada década y que esto seguirá ocurriendo en el futuro como un proceso inevitable y que por lo tanto inevitables serán los daños y efectos en nuestro país y en la región. En consecuencia, tomando en cuenta que en la presente década ya se presentó un El Niño en los años 1991-92, se esperaría que dentro de los próximos 5 años que faltan para terminar la presente década, se presente al menos un El Niño más. Predecir con exactitud y con cierto tiempo de anticipación en qué años dentro de una década se presentará un El Niño, es el objetivo de los extensos, variados y costosos programas de investigación en el mundo, pero esto es aún imposible.

TABLA II

CLASIFICACION ANUAL EN RELACION A FENOMENOS CALIDOS Y FRIOS (Tomado de Torcuato Rivera, Boletín ERFEN No. 21.)	
EXTRAORDINARIOS:	(1982) 1983
FUERTES:	1925 (1926), 1930 (1931), (1940) 1941, 1957 (1958), 1972 (1973)
MODERADOS:	1929, 1951, 1965, 1976
DEBILES:	1927, 1943, 1948, 1953, 1958, 1969
NORMALES:	1928, 1932, 1939, 1942, 1944, 1945 1946, 1947, 1949, 1952, 1956, 1959 1960, 1961, 1963, 1966, 1977, 1978, 1980, 1981, 1984.
FRIOS:	1933, 1934, 1936, 1937, 1954, 1955 1962, 1964, 1967, 1968, 1970, 1971, 1974, 1975, 1985
MUY FRIOS:	1935, 1938, 1950

PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Se justifica mantener permanentemente medidas de prevención y atención si se tienen presentes tres condiciones:

- a-. No es posible aún conocer en qué año se presentará un El Niño como para “planificar y ejecutar”, medidas preventivas con suficiente anticipación, pero sí se conoce que en una década se presentan al menos dos El Niño con sus respectivos efectos y daños.
- b. No solo El Niño puede ocasionar excesivas precipitaciones, sino también condiciones climáticas anómalas de la hoya amazónica.
- c. Las precipitaciones excesivas son las que causan los más grandes y generalizados daños y efectos en el territorio nacional.

En consecuencia, de las experiencias y observaciones de los años anteriores, se pueden sugerir las siguientes medidas de prevención y atención con el fin de reducir los efectos negativos de un El Niño o de un invierno con precipitaciones excesivas:

- Educación ambiental en todos los niveles de educación formal y no formal. Capacitación y actualización sobre los problemas ambientales para todas aquellas personas que cumplen diferentes funciones en el sector público y privado del país, y en forma general a los miembros de la comunidad.
- Definir y utilizar normas adecuadas de diseño y construcción en función de las condiciones ambientales del país, en especial en las vías de comunicación y en las de control de inundación y drenaje, sobretodo en las regiones del país donde tradicionalmente se dan las más grandes repercusiones por las excesivas lluvias.
- Mantenimiento permanente de las obras de control de inundación y de drenaje, manteniendo limpios los canales de desfogue con la remoción de los arbustos caídos o cualquier otro material para evitar el represamiento de las aguas.
- Limpieza anual de los ríos, quebradas y canales de toda clase de basuras y desperdicios porque pueden tapar o desviar el cauce.
- Los cauces secos de los ríos, sus orillas o desembocaduras, son sitios peligrosos para construir viviendas, aún cuando estos hayan permanecido secos en los últimos años, ya que en la siguiente estación invernal pueden llenarse de agua.
- Las planicies, llanuras o valles de inundación histórica, también son peligrosas para construir viviendas, aunque en los últimos años hayan permanecido secas. Si no hay otra alternativa que construir en zonas de inundación, se lo debe hacer sobre pilotes dejando un margen de altura conveniente que se lo puede conocer de las inundaciones tradicionales.
- Los cerros o elevaciones de material inestable no son buenos sitios para construir, ya que con el peso de la obra y las lluvias el terreno puede deslizarse.
- Los cerros y zonas cercanas a los ríos que pueden ser debilitados por el agua, se pueden proteger sembrando especies de raíces profundas y de rápido crecimiento para evitar la erosión del suelo.
- Las zonas de playas no deben ser ocupadas con construcciones aún cuando estas hayan sido estables en los últimos años, ya que durante la presencia de un El Niño el nivel del mar aumenta en unos cuantos centímetros, lo que facilita para que las olas y las mareas ingresen hacia tierra erosionando la línea de playa y destruyendo cualquier obra.
- Se debe dar mantenimiento permanente a las obras de protección de la línea de costa como malecones, muros de contención, rompeolas, etc., no permitir la explotación de arena de la playa ni de enrocados cerca de carreteras y estructuras, la vegetación debe ser mantenida.

CONCLUSIONES

Algunos aspectos relevantes se pueden destacar del comportamiento normal y anómalo del clima:

Existe una estrecha interacción entre el océano y la atmósfera de tal manera que una alteración en el equilibrio natural de uno de ellos repercute en el otro. Esta interacción océano-atmósfera, impone el clima en el Ecuador, especialmente en la región litoral.

Cada año, entre los meses de diciembre/enero, se presenta en las costas del Ecuador un flujo de aguas superficiales cálidas llegando hasta el norte del Perú, la presencia de estas aguas es normal y provienen desde Panamá iniciándose la estación invernal en el Ecuador. Estas aguas cálidas se retiran al terminar el invierno y son reemplazadas por aguas frías provenientes del Perú iniciándose el verano.

Por razones que aún no se conocen, se altera el equilibrio natural en la interacción océano-atmósfera, coincidiendo el invierno del Ecuador con el avance de aguas superficiales extremadamente cálidas y poco salinas provenientes del Pacífico Occidental, alterando todo el sistema de circulación atmosférica y oceánica del Pacífico, se ha presentado

nuevamente un fenómeno El Niño, el clima a escala mundial se altera y su intensidad depende de la intensidad del fenómeno.

Los registros e información histórica existentes, nos enseñan que no solo El Niño afecta el territorio nacional, sino también condiciones atmosféricas anómalas de la hoya amazónica que se pueden presentar en años no El Niño. La formación, el desarrollo y los efectos de estos eventos anómalos son repetitivos, por lo tanto existe la amenaza permanente de que cada año sean afectadas las diferentes áreas estratégicas del medio ambiente en el país.

Las precipitaciones excesivas, que se producen durante determinadas condiciones climáticas anómalas, son las que producen los más graves y generalizados daños. De los tres grandes campos del ambiente, el humano es el más afectado ya que a él se trasladan los efectos que tiene El Niño sobre el ambiente natural y los recursos naturales. Los efectos en el ambiente humano se deben a las amplias repercusiones sociales y económicas, ya que algunos efectos perduran más que el fenómeno mismo.

El carácter repetitivo de condiciones atmosféricas anómalas y la dificultad de predecir con "suficiente anticipación" las características del próximo invierno, justifican la necesidad de mantener medidas preventivas también permanentes, más aún, si se considera que en una década se presentan al menos dos eventos El Niño y que en los años intermedios, se pueden presentar condiciones anómalas de la hoya amazónica, ampliando los efectos de las precipitaciones de los eventos anteriores y agravando, aún más, la calidad de vida de la población en especial en las zonas rurales de las áreas afectadas.

De las medidas preventivas, se considera que la educación ambiental a todo nivel educativo y la capacitación y actualización en problemas ambientales del sector público y privado deben mantenerse, aún cuando se tenga un período seco ya que algunas medidas de prevención no pueden ser tomadas en pocas semanas o meses.

REFERENCIAS

- Fundación Charles Darwin, (1985)** El Niño en las Islas Galápagos. El evento de 1982-1983
- INOCAR (1983).** Informe de observaciones de campo. (Circulación interna)
- NACIONES UNIDAS, CEPAL (1983).** Los Desastres Naturales de 1982-83 en Bolivia, Ecuador y Perú. Publicación E/CEPAL/G.1274
- Moreano H. 1983.** Interacción Océano-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Volumen 2 No. 1.
- Moreano, H. y E. Zambrano, R. T. Suéscum, N. Paredes. 1986.** El Niño 82-83 su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol.3 No. 1.
- Zambrano, E. 1986.** El Fenómeno El Niño y la Oscilación Sur (ENSO) Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 3 No. 1.

VARAMIENTO DE CACHALOTES (*Physeter macrocephalus*) (CETACEA: PHYSETERIDAE) EN LA COSTA ECUATORIANA POR INTERACCION CON PESQUERIAS

Por: B. J. M. HAASE⁽¹⁾
F. FÉLIX⁽¹⁾

RESUMEN

Entre 1987 y 1993 quince casos de varamiento del cachalote (*Physeter macrocephalus*) fueron registrados en la costa continental ecuatoriana. En ocho de ellos se presentó la interacción con algún arte de pesca antes del varamiento, principalmente con redes agallares artesanales. A pesar de que el verdadero número de tales interacciones no se conoce, se estima que las pesquerías podrían estar desempeñando un papel importante en la mortalidad de estos animales en aguas ecuatorianas. En al menos tres casos, los cachalotes fueron llevados intencionalmente hasta la playa para obtener algún provecho de ellos, ya sea para utilizar la carne y la grasa como carnada o para comercializar los dientes y los huesos. Aunque las ballenas están protegidas por la ley en Ecuador, los ingresos adicionales que los pescadores obtienen de un cachalote accidentalmente atrapado podría ser un incentivo para que esta se convierta en una pesquería dirigida.

ABSTRACT

Between 1987 and December 1993 fifteen strandings of the sperm whale (Physeter macrocephalus) were registered on the Ecuadorean continental coast. In eight cases an interaction with some type of fishing gear had occurred previously, mainly with gillnets. In spite of the fact that the real number of interactions is unknown, it is supposed that the fisheries play an important role in the mortality of these animals. In at least three cases, the animals were taken to the beach by fishermen in order to take some profit of them. The meat and the fat were used for bait, and parts of the animal such as the teeth and bones represent an increasing value on the market. Although the whales are protected by law in Ecuador, the additional income that the fishermen can get of a sperm whale which was caught accidentally could be a motive to convert this activity into a directed, but illegal fishery.

INTRODUCCION

El cachalote (*Physeter macrocephalus*), conocido por los pescadores locales como "ballenato", es un cetáceo que está ampliamente distribuido en aguas ecuatorianas. Según Clarke (1962), su presencia en estas latitudes fue conocida por los balleneros en el siglo XIX, quienes los cazaban durante todos los meses del año tanto en la costa continental como en las islas Galápagos. La caza de cachalotes de esta población continuó hasta 1981 en el puerto de Paita, en el norte de Perú, fecha en la cual la Comisión Ballenera Internacional (IWC) prohibió su caza a nivel mundial (Ramírez, 1989).

En general, los registros que se tienen de esta especie en aguas ecuatorianas son escasos y en su mayoría limitados a pequeños períodos de estudio u observaciones no sistemáticas (Heezen, 1957; Clarke, 1962; Leveque 1963; Loesh, 1986; Holt y Sexton, 1987). Investigaciones más profundas sobre la población de cachalotes de las islas Galápagos han sido llevadas a cabo desde 1985 por el Dr. Hal Whitehead y colaboradores, y recientemente extendidas hacia aguas continentales (Whitehead y Arnborn, 1987 Whitehead y Kahn, 1992; Kahn et al., 1993). Dos expediciones científicas más han

⁽¹⁾ Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos P.O.Box 09-01-6637 Guayaquil-Ecuador

estudiado los cachalotes de las islas Galápagos: la expedición "Siben" entre septiembre de 1988 y abril de 1989 (Lyrholm et. al. 1992); y la expedición "Odyssey" entre febrero de 1993 y marzo de 1994. Ambas expediciones auspiciadas por el Whale Conservation Institute de Estados Unidos.

En contraste con las observaciones y los estudios realizados en el mar ecuatoriano con los cachalotes, poco se conoce sobre sus varamientos en la costa. Tales varamientos -no siempre ocasionados por causas naturales- han sido registrados desde 1987 por los autores. Según la información colectada, en la mayor parte de los casos se presentó la interacción con algún tipo de arte de pesca antes del varamiento.

La interacción con pesquerías constituye una creciente amenaza para muchas especies de cetáceos en diferentes partes del mundo. Se estima que la mortalidad incidental tanto de pequeños como de grandes cetáceos en diferentes artes de pesca es mayor que la provocada por su explotación directa (Perrin, 1989). Sin embargo, a nivel mundial el cachalote no parece ser una especie gravemente afectada por las pesquerías. En una extensa revisión de las interacciones entre los mamíferos marinos y la pesca, Northridge (1985), señala que solo se tiene noticias ciertas de mortalidad de cachalotes en artes de pesca en el Mar Mediterráneo. En Ecuador, se tiene como antecedente el caso de un cachalote que fue atrapado en una red de cerco por un barco atunero y llevado hasta la costa donde se varó (Prieto y Bravo, 1991). No se conoce de eventos similares en países vecinos como Colombia y Perú, a pesar de que en este último desde hace muchos años existe una pesquería dirigida hacia pequeños cetáceos (Read et. al., 1988).

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los varamientos de cachalotes en la costa ecuatoriana y mostrar que en algunos casos tales hechos tuvieron una relación directa con actividades pesqueras.

MATERIALES Y METODOS

Los registros que se presentan en este artículo forman parte del banco de datos de varamientos registrados por la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM) durante el

período 1987-1993. La información se obtuvo gracias a la colaboración de moradores de los sitios donde ocurrieron los varamientos y de miembros de la FEMM que los informaron a las oficinas en La Libertad y en Guayaquil. En ocho de los 15 casos al menos uno de los autores estuvo presente en el varamiento, del resto se cuenta con evidencias fotográficas, con huesos o ambas cosas. El caso del cachalote varado en Muisne (No. 4) se basa en una nota periodística aparecida en el Diario "El Universo" de Guayaquil. Otros casos de los que se tuvo conocimiento no fueron considerados por falta de evidencia física.

La longitud total de los animales examinados se determinó midiendo en línea recta desde la parte anterior de la cabeza hasta la hendidura central de la aleta caudal. Cuando los animales no estaban completos, se hizo una estimación de su tamaño. En tres de los especímenes encontrados (No. 5, No. 8 y No. 14) se obtuvo un diente mandibular que fue empleado para determinar su edad. Para esto, los dientes fueron cortados longitudinalmente, lijados y mantenidos por 30 horas en ácido fórmico al 10% y se contó el número de estratos de crecimiento formados en la superficie de la dentina (Perrin y Myrick, 1980)

LOS VARAMIENTOS REGISTRADOS

La Tabla 1 muestra la información colectada en cada uno de los 15 varamientos y la Figura 1 muestra en un mapa de la costa ecuatoriana los sitios donde ocurrieron estos eventos.

Los varamientos fueron registrados en nueve diferentes meses del año, sin ninguna tendencia estacional aparente. El año donde se registraron más cachalotes varados fue 1991, con cinco casos. De acuerdo a la edad y al sexo, los más afectados en su orden fueron: machos jóvenes (4 casos), hembras adultas (3 casos), machos adultos (1 caso) y crías (1 caso). En los seis casos restantes no se pudo determinar el sexo pero, se presume, por su tamaño, que se trataría de machos jóvenes o hembras adultas. Nuestros registros están de acuerdo a lo que se conoce sobre la forma de organización social de esta especie, en la cual las hembras con crías y los machos inmaduros permanecen en los trópicos y regiones templadas durante todo el año, mientras que los machos adultos realizan migraciones estacionales

¹ Lyrholm, T., I. Kerr, L. Galley y R. Payne. (1992). Report of the "Expedition Siben" Ecuador 1988/89. 15 p.

TABLA I. Varamientos de cachalotes registrados en la costa ecuatoriana entre 1987-1993

LUGAR	POSICION	FECHA	LONGITUD (m)	SEXO	OBSERVACIONES	FUENTE
1. Valdivia, Provincia del Guayas	01°56'S, 80°55'W	1987	10	?	El cráneo del espécimen fue llevado a Montañita por un residente del lugar	Este informe
2. Punta Carnero, Provincia del Guayas	02°20'S, 80°55'W	Jun-12-1988	11	?	Con restos de red en el cuerpo. Se cuenta con fotografías del animal	Este informe
3. Chanduy, Provincia del Guayas	02°25'S, 80°42'W	Mar-22-1989	13.6	M	Atrapado en una red de cerco de un barco atunero y llevado intencionalmente hasta la costa	Prieto y Bravo (1991)
4. Muisne, Provincia de Esmeraldas	01°24'N, 80°03'W	Jun-1990	?	?	Se desconocen detalles del varamiento	Diario «El Universo» 3 de junio de 1990
5. Engabao, Provincia del Guayas	03°34'S, 80°28'W	May-09-1991	11.4	M	Atrapado en un trasmallo artesanal y llevado intencionalmente a la playa para quitárselo. Su edad se estimó en 12 años	Este informe
6. Salango, Provincia de Manabí	01°35'S, 80°52'W	Jul-02-1991	10.8	M	Atrapado en un trasmallo artesanal	Este informe
7. Punta Carnero, Provincia del Guayas	02°20'S, 80°55'W	Ago-15-1991	12.6	H	El espécimen presentaba los maxilares rotos y desprendidos del cráneo	Este informe
8. Río Chico, Provincia de Manabí	01°37'S, 80°52'W	Oct-12-1991	11.8	H	Atrapado en un trasmallo artesanal. Su edad se estimó en 25-30 años	Este informe
9. Bahía de Caráquez, Prov. de Manabí	00°36'S, 80°26'W	Nov-1991	?	?	Varamiento reportado a la FEMM por el Sr. Juan Bernal	Este informe
10. Salinas, Provincia del Guayas	02°12'S, 81°00'W	Mar-1992	3.5		Cráneo encontrado en la playa	Este informe
11. Los Frailes, Provincia de Manabí	01°28'S, 80°46'W	Nov-15-1992	11.4	M	Se cuenta con fotografías del espécimen	Este informe
12. Puerto Rico, Provincia de Manabí	01°38'S, 80°50'W	Feb-09-1993	8.4	H	Atrapado en un trasmallo artesanal	Este informe
13. Anconcito, Provincia del Guayas	02°22'S, 80°47'W	Jun-16-1993	10	H	Atrapado en un trasmallo artesanal y llevado intencionalmente a la costa para comercializar sus dientes y huesos	Este informe
14. San Vicente, Provincia de Manabí	00°35'S, 80°24'W	Oct-28-1993	6.5	M	La cola del espécimen fue cortada por pescadores de lugar para sacarle la red en que había sido atrapado. Su edad se estimó en 7-8 años.	Este informe
15. Puerto Bolívar, Provincia de El Oro	03°16'S, 80°01'W	Dic-01-1993	10-12	?	El espécimen estuvo flotando varios días	Este informe

reproductivas entre los polos y los trópicos (Clarke, 1962; Leatherwood and Reeves, 1983). De acuerdo a este criterio, la probabilidad de encontrar machos adultos varados es menor que en el caso de animales jóvenes o de hembras.

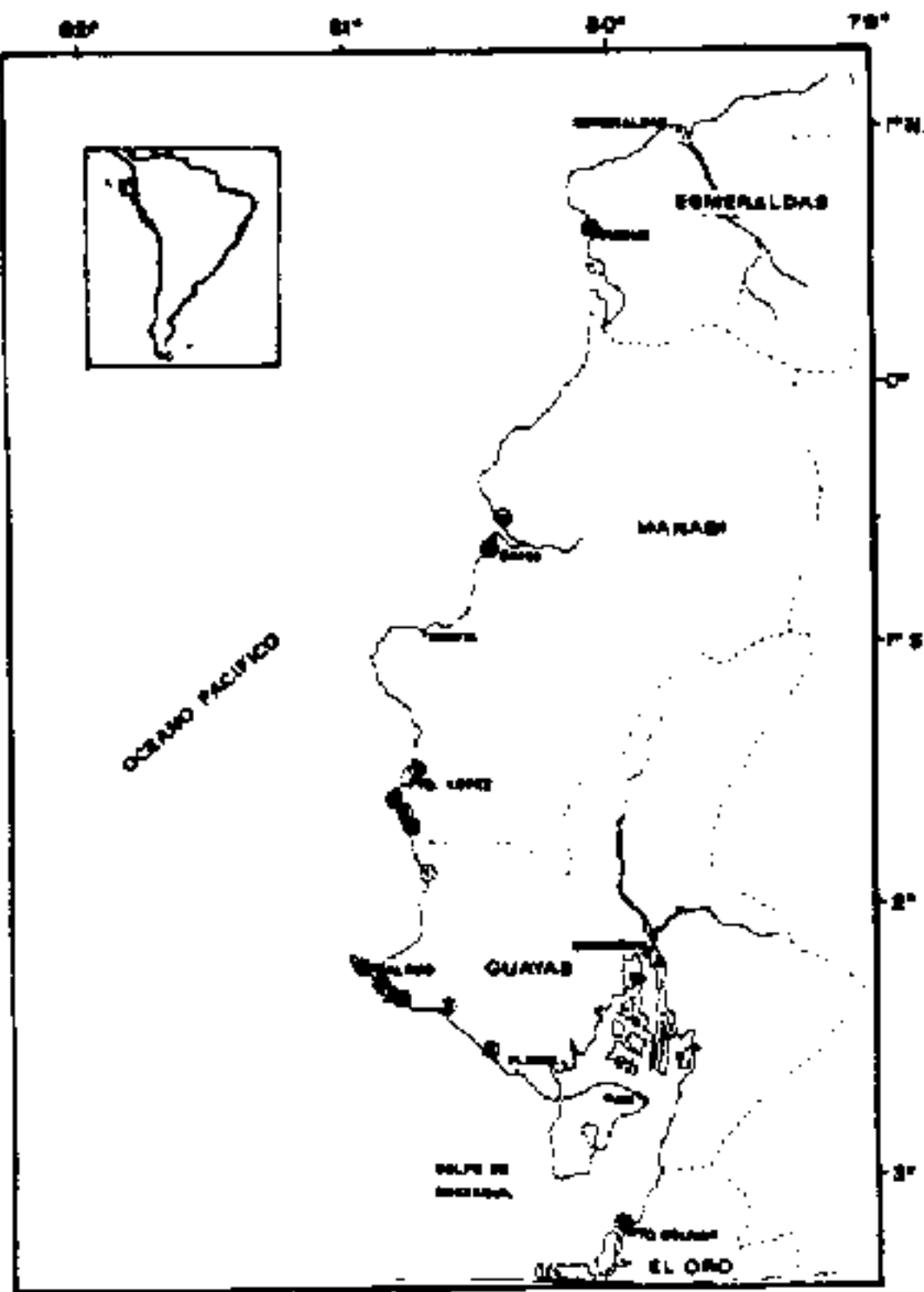


Figura 1. Varamientos del cachalote *Physeter macrocephalus* registrados en la costa ecuatoriana en el período 1987-1993. El número en el círculo indica el orden en el cual fueron registrados (véase texto).

En siete casos se encontraron cuerdas y partes de redes alrededor del cuerpo de los animales varados, algunos en la cola y otros en la mandíbula. Se deduce que previamente estos animales se habían enredado en una red agallera (trasmallo). Estas redes, con una amplitud de malla de 4" (10 cm), son utilizados para atrapar peces grandes como atunes, picudos, tiburones ú otras especies pelágicas de alto valor comercial. En otro caso, la interacción ocurrió cuando el barco atunero capturó un cachalote en su red de cerco durante un lance.(Fig. 2).

DISCUSION Y RECOMENDACIONES

En los ocho casos donde se tiene la certeza de la interacción con algún tipo de pesquería, el varamiento y la muerte de los animales parecen ser el resultado directo de tales interacciones. En los otros siete casos solo se tiene la sospecha de que hayan muerto por la misma causa. Interacciones de cachalotes con pesquerías en forma similar a las registradas en Ecuador han sido informadas en Italia por Di Natale y Mangano (1983). Los autores señalan que entre 1978 y 1982 murieron 25 cachalotes en diferentes artes de pesca, la mayoría en redes a la deriva, y sugieren que en los mares que



Figura 2. Cachalote encontrado varado en Salango. Nótese la ausencia de la mandíbula inferior y los cortes rectos de la capa de grasa en la cabeza y costado del animal que fueron hechos por moradores del lugar para usarlos como carnada.

rodean Italia la actividad humana puede desempeñar una función importante en la mortalidad de cachalotes. Aunque el número total de cachalotes muertos por interacción con pesquerías en Ecuador es desconocido, la cantidad de casos que hasta la fecha se han registrado sugiere que aquellas desempeñan un papel importante en la mortalidad de estos animales también en Ecuador.

La mayoría de nuestros registros de varamientos se localizan en las provincias centrales de costa ecuatoriana, Guayas y Manabí, que es la zona más accesible y donde se ha empleado el mayor esfuerzo en el registro de varamientos. Se desconoce si en la provincia de Esmeraldas, en el norte del país, el varamiento de cachalotes se da con la misma frecuencia que en las provincias centrales, aunque en este caso las causas podrían ser distintas ya que en esta provincia, al contrario de lo que sucede en el centro y sur del país, el empleo de trasmallos es menos frecuente (Cedeño, 1987). La ausencia de registros de interacción y/o varamiento de cachalotes en el golfo de Guayaquil (sur del país), se debe a que en esta parte los cachalotes están más lejos de la costa, más allá de donde pescan las embarcaciones artesanales. El golfo de Guayaquil es poco profundo, menos de 100 m. en su gran mayoría (Carta batimétrica I.O. A. 3, INOCAR) y los cachalotes en raras ocasiones se encuentran en aguas con menos de 180 m. de profundidad (Leatherwood y Reeves, 1983). En cambio, al norte del golfo de Guayaquil, donde la plataforma continental es más angosta, las embarcaciones artesanales pueden alcanzar con relativa facilidad las zonas donde pueden encontrarse los cachalotes, por lo tanto hay mayores posibilidades de que las interacciones ocurran. El golfo de Guayaquil tampoco parece ser un sitio propicio para los varamientos porque casi toda su costa está cubierta de manglar, existiendo muy pocas playas como para que los animales se varen. En el único caso registrado de un cachalote muerto dentro del golfo (No. 15), el animal no llegó a vararse, sino que estuvo flotando varios días en los esteros que hay frente a Puerto Bolívar.

El atrapamiento de los cachalotes en las redes artesanales pueden ser tan peligrosos para los animales como para los pescadores. En el caso del cachalote varado en Engabao (No. 5) los pescadores del sector atribuyeron al animal la desaparición pocos días antes de una embarcación artesanal con su tripulación. Si la red se encuentra atada fijamente al bote y no a la deriva, es posible que se den situaciones

que pongan en peligro la vida de los pescadores.

Aunque hasta la fecha los atrapamientos aparentemente han ocurrido de manera accidental durante faenas normales de pesca, es posible que en el futuro las cosas cambien. En tres casos se obtuvo evidencia de que los animales atrapados fueron trasladados intencionalmente a la costa por los pescadores para sacar algún provecho de este, ya sea para quedarse con la red o para vender los dientes y los huesos, especialmente el cráneo. La carne y la grasa en ocasiones son utilizadas como carnada tanto por los pescadores artesanales como por los barcos atuneros. Por sus dientes se pide hasta (US \$ 50.00 cada uno). Todo esto puede ser un incentivo para que los pescadores artesanales consideren a esta especie como una alternativa de ingresos y esta se convierta en una pesquería dirigida. Un ejemplo de como la captura accidental de cetáceos se convirtió en una pesquería dirigida ocurrió en Perú a raíz del colapso de la industria pesquera a principios de los años 70's (Read et al., 1988).

Como las ballenas están protegidas en Ecuador desde 1990, cuando se expidió el Acuerdo Ministerial No. 196 del Ministerio de Industria Comercio Integración y Pesca (MICIP) que prohíbe «toda actividad que atente contra la vida de estos mamíferos marinos», cualquier intento de capturar cachalotes con fines comerciales está fuera de la ley. Sin embargo, la mencionada ley está concebida en términos tan generales que no es posible conocer su verdadero alcance. Diferentes actividades pesqueras, como se ha visto en este artículo, están también atentando contra la vida de estos animales, pero no es posible prohibirlas solo por este hecho. De ahí que, se hace necesario revisar la actual ley de protección a las ballenas para que se consideren aspectos específicos que involucren a estas con las pesquerías, como por ejemplo; su captura incidental durante faenas de pesca y el uso de carne de ballena como carnada. Además, se debería extender la protección a los animales que se varan en la playa, estén vivos o muertos, como ocurre en otros países del mundo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores dejan constancia de su agradecimiento al Sr. Director de INOCAR, Editor de la Revista Científica "Acta Oceanográfica del Pacífico", por brindarles la oportunidad de publicar su artículo en la mencionada revista.

Por proporcionar noticias de los varamientos agradecemos a Yolanda Huamán, Deidre Platt, Juan José Bernal, José Pozo, Clifford Trejo, Jorge Samaniego y David Chiliza. Durante la examinación de los especímenes varados recibimos mucho apoyo de los siguientes miembros voluntarios de la FEMM: Hans Gómez, Washington Morán, Fernando Idrovo, Lisete Pluas, Zoila Gonzáles, Olga Piñancela, Javier Avalos, Mariuxi Prieto, Miguel Triviño, Padre Jiménez, Maritza Cárdenas, Juan José Alava y Juan José Bernal. Contribuyeron además enviándonos copias de sus trabajos y otros artículos los Drs. Robert Clarke, Hal Whitehead, Pedro Ramírez y Koen Van Waerebeek.

REFERENCIAS

- Cedeño, A. (1987).** Características generales de las artes de pesca artesanal en el Ecuador. pp. 23-40. En.: ESPOL, CEPLAES, ILDIS, La Pesca Artesanal en el Ecuador. CEPLAES, Quito. 288 p.
- Clarke, R. (1962).** Whale observation and whale marking off the coast of Chile in 1958 and from Ecuador toward and beyond the Galapagos Islands in 1959. Norsk Hvalfangst-Tidende. No. 7: 265-287
- Di Natale, A., y A. Mangano. (1983).** Biological and distribution of new data on the sperm whale, *Physeter macrocephalus* L., in the central Mediterranean Sea. Rapp. P. V. y Reün. CIESM, 28(5): 183-184
- Heezen, B. C. (1957).** Whales entangled in deep sea cables. Deep Sea Research. 4:105-115
- Holt, R. S. y S. N. Sexton. (1987)** Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the R/V David Starr Jordan. Jul. 29-Dec- 5, 1986 NOAA-TM-NMFS-SWFC-76. 171 p.
- Kahn, B., H. Whitehead y M. Dillon. (1993)** Indications of density-dependent effects from comparisons of sperm whale populations. Marine Ecology Progress Series. 93:1-7
- Leatherwood, S., Y. R.R. Reeves. (1983).** The Sierra Club handbook of Whales and Dolphins. Sierra Club Books. San Francisco. 302 p.
- Leveque, R. (1963).** Notes sur quatre cétacés de L'Océan Pacifique (Ecuador et Galapagos). Mammalia, 27:608-609
- Loesh, H. (1966).** Observaciones de ballenas en aguas ecuatorianas; informe de datos, Mayo de 1963 y Enero-Febrero de 1964. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. 1 (4) : 18 p.
- Northridge, S.P., (1985).** Estudio mundial de las interacciones entre los mamíferos marinos y la pesca. F.A.O. Informe Pesca (251). 234 p.
- Perrin, W. F. (1989).** Dolphins, porpoises, and whales, an action plan for the conservation of biological diversity: 1988-1992. IUCN/SSC/NOAA. 27 p.
- Perrin, W. F. y A.C. Myrick (Eds.). (1980).** Age determination of toothed whales and sire-nians. Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 3). 229 p.
- Prieto, M. y M. Bravo. (1991).** Enredamiento de un cachalote (*Physeter macrocephalus*) en un red de cerco y su posterior varamiento en la costa ecuatoriana. Boletín Técnico FEMM, No. 1:7-8
- Ramírez, P. (1989).** Captura de cetáceos mayores desde las estaciones costeras del Perú: 1951-1985. Boletín de Lima. No. 64:91-95
- Read J. R., K. Van Waerebeek, J. C. Reyes, J. S. Mckinnon, y L. C. Lehman. (1988).** The exploitation of small cetaceans in coastal Peru. Biological Conservation, 46:53-70
- Whitehead, H., y T. Arnborn. (1987)** Social structure of Sperm whales off Galapagos Islands, Februry-April 1985. Canadian Journal of Zoology. 65:913-919.
- Whitehead, h., y B. Kahn (1992).** Temporal and geographic variation in the social structure of female sperm whales. Canadian Journal of Zoology, vol. 70:2145-2149.