

LA CLOROFILA *a* COMO UN INDICADOR BIOLÓGICO EN LAS ESTACIONES FIJAS DURANTE EL EVENTO LA NIÑA 1999-2000.

María Elena Tapia ⁽¹⁾

Christian Naranjo ⁽¹⁾

RESUMEN

*Se analizaron un total de 58 muestras en La Libertad y 54 muestras de agua marina costera en Manta durante el evento La Niña 1999 - 2000. Se elaboraron mapas de distribución de clorofila *a*, y la relación con los parámetros físicos y químicos.*

*Las condiciones físicas durante el desarrollo del evento La Niña 1999 - 2000, no siguieron un patrón definido, sino que han presentado características particulares para cada región del océano Pacífico Sur. En Ecuador se observó que la productividad biológica aumentó considerablemente en La Libertad durante el año 2000 existiendo la presencia de afloramientos con núcleos de clorofila *a*, altas concentraciones celulares e incremento de la abundancia relativa de importantes especies de diatomeas.*

Palabras Claves: *Clorofila, Productividad, Distribución, Eventos.*

ABSTRACT

We analyzed a total of 58 samples and 54 samples of marine water La Libertad and Manta coastline during the event La Niña 1999-2000.

*Were mapped distribution of chlorophyll *a*, and the relationship with the physical and chemical parameters.*

The physical conditions during the course of the event La Niña 1999 - 2000, they did not follow a definite pattern, but have presented specific characteristics for each region of the South Pacific.

In Ecuador it was found that the biological productivity rose significantly in La Libertad in 2000 outcrops exist in the presence of chlorophyll cores, high cell concentrations and increased relative abundance of major diatom species.

Key Words: *Chlorophyll, Productivity, Distribution, Events.*

⁽¹⁾Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Base Naval Sur, Guayaquil

INTRODUCCION

El elemento nutricional del fitoplancton es la clorofila como resultado de su fotosíntesis, es usualmente indicadora de la Productividad Primaria, y el principal recurso directo o indirecto nutricional para todos los organismos marinos y pesquerías.

Todas las plantas contienen clorofila *a*, su concentración nos da una visualización sobre la abundancia de productores primarios que crecen en todos los tipos de agua. Por lo tanto, la determinación de clorofila es uno de los índices de monitoreo de la salud de un sistema natural la cual es utilizada por los investigadores y técnicos en todos los ambientes acuáticos (King, 1966).

La producción primaria se puede expresar en términos de energía (ergios, calorías por unidad de superficie y de tiempo) o en términos de materia orgánica sintetizada, parte de esta producción primaria es respirada, la que representa un aumento de la biomasa de los productores primarios, se designa como producción neta (Margalef, 1972).

La clorofila *a* es una medida de los pigmentos verdes y de la biomasa del fitoplancton.

La desventaja de esta técnica es que no podemos saber cuáles son las especies fitoplanctónicas presentes en el área.

AREA DE ESTUDIO

Los monitoreos se efectuaron en dos estaciones fijas costeras (Figura 1), con un total de 58 estaciones en La Libertad y 54 estaciones costeras en Manta con una periodicidad mensual en La Libertad y cada 40 días en Manta, en las lanchas Popeye y Pájaro azul de la Armada del Ecuador. El Programa ERFEN-INOCAR-ECUADOR, inició monitoreos mensuales costeros (10 millas costa afuera), en La Libertad desde diciembre de 1988 y en Manta desde agosto de 1991, sobre los primeros niveles tróficos fitoplancton y zooplancton, información que ha sido expuesta en las Reuniones CPPS-ERFEN.

La posición geográfica de las dos estaciones fijas corresponden:

La Libertad 02° 04' 00'' sur - 81° 05' 21'' W y Manta 00° 52' 00'' sur - 80° 49' 00'' W

Situadas a 10 millas y 8 millas de la costa respectivamente, las estaciones están influenciadas por diferentes corrientes marinas del Océano Pacífico sureste, las masas de aguas cálidas tropicales superficiales provenientes del norte con temperaturas mayores de 25°C, comienzan a fines de diciembre hasta abril asociados a un período de lluvias (época húmeda).

Desde el sur ingresan masas de aguas frías de la Corriente de Humboldt coincidente con un fuerte período dominante de los alisios del sureste desde mayo hasta diciembre (época seca), son los principales factores que provocan una variabilidad estacional (verano e invierno) y anual durante eventos El Niño (Moreano, 1983).

La distribución del plancton marino costero, está regulada por las condiciones estacionales influenciadas directamente por la posición del Frente Ecuatorial, Zonas de Convergencia Intertropical (ZCI) y disponibilidad nutricional por las cercanías de los afloramientos costeros (Jiménez y Bonilla, Op.cit).

Bayot y Cornejo (1996), mencionan que la circulación costera de La Libertad está retribuida con ondas energéticas propagadas continuamente desde áreas oceánicas, con diferentes periodicidades (40-60 días; 6.8 a 7.5 días, 14.5 días) sugiriendo la presencia de las Ondas Kelvin y Ondas Rossby, registradas durante 1985 a 1988.

Valencia y Rodríguez (1996), mencionan que 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 Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se presentan en la capa superficial y las Corrientes Frías de Humboldt 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".

Zambrano (1998), describe la estructura térmica mensual - anual desde 1990-1997 en La Libertad, determina que la termoclina de 20°C representa

su relación con la estructura térmica del Pacífico Sureste, con un comportamiento similar durante eventos ENOS de 1991, 1992 y 1997, así como durante las fases frías de 1996. Además, manifiesta que durante un episodio ENOS la costa del Ecuador es frecuentada por ondas ecuatoriales internas Kelvin.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información colectada por INOCAR en los muestreos mensuales en las estaciones fijas (Figura 1), a bordo de embarcaciones de la Armada Nacional dotadas generalmente de ecosondas para determinar la profundidad. Se monitoreó un total de 58 muestras de agua marina en La Libertad y 58 muestras costeras en Manta. En cada salida se colectaron muestras de agua con botellas Van Dorn (de 5 Litros), para análisis de clorofila *a*, en 6 niveles de profundidad 0, 10, 20, 30, 40 y 50 m.



Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas La Libertad y Manta durante los años 1999-2000.

Clorofila *a*

Para los análisis de pigmentos se filtró un litro de agua de mar a cada nivel de profundidad, previamente se colocan filtros de fibra de vidrio de 47 mm en el set de filtración y, con la ayuda de la bomba al vacío se procede a filtrar la muestra. Cada filtro es colocado en un frasco de vidrio con 10 ml de acetona al 90% cubiertos con papel aluminio y refrigerados por 24 horas (agitando de vez en cuando). Las muestras son centrifugadas y

leídas las densidades ópticas en un Fluorómetro TURNER. Para los cálculos de clorofila *a* se emplearon las ecuaciones de SCOR-UNESCO Working Group 17 (1966), las cuales se detallan a continuación:

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = F \times 1.83 \text{ (sa-ca)} [v/V]/100]$$

$$\text{Feopigmentos (mg/m}^3\text{)} = F \times 1.83 [2.2x \text{ (ca-sa)} [v/V]/100]$$

Detallándose la fórmula:

F = Coeficiente de sensibilidad de cada puerta

sa = Fluorescencia de la muestra antes de la acidificación (clorofila *a*)

ca = Fluorescencia de la muestra después de la acidificación (feofitinas)

v = Volumen del extractor acetona al 90%

V = Volumen del agua de mar filtrada

Las muestras de clorofila se obtuvieron a bordo de cada muestreo. Los gráficos de distribución superficial y vertical se realizaron en el Programa Surfer.

Tabla 1. Escala de Clorofila *a* : Producción Primaria, expresado en mg/m³ (Tapia, 2006).

Rangos	Productividad
< 0.20 mg/m ³	Clorofila = Aguas de baja productividad
0.20 – 0.50 mg/m ³	Clorofila = Aguas ligeramente productivas
> 0.50 mg/m ³	Clorofila = Aguas productivas

RESULTADOS

Distribución superficial y subsuperficial de Clorofila *a*

La Libertad 1999: A nivel superficial para agosto y diciembre, los valores de clorofila *a* se incrementaron significativamente, con rangos entre 1.62 a 2.02 mg/m³, registrando dos núcleos de mayor concentración; en junio, se observaron las menores concentraciones de clorofila con 0.16 mg/m³.

En el estrato subsuperficial a los 20 m de profundidad la mayor concentración fue en mayo con 0.86 mg/m^3 , la menor fue en febrero con 0.12 mg/m^3 (Figura 2).

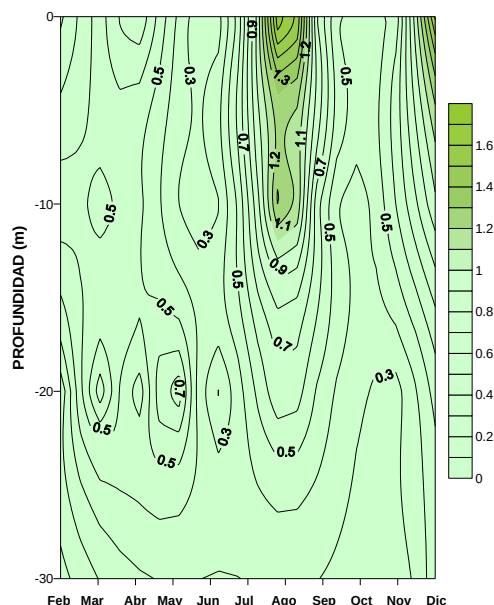


Figura 2. Distribución mensual de clorofila *a* en (0-10-20m de profundidad), en La Libertad durante 1999.

A los 50 m se observó un núcleo clorofílico con 1.26 mg/m^3 , tanto que el menor valor se registró en octubre con 0.12 mg/m^3 , (Figura 3).

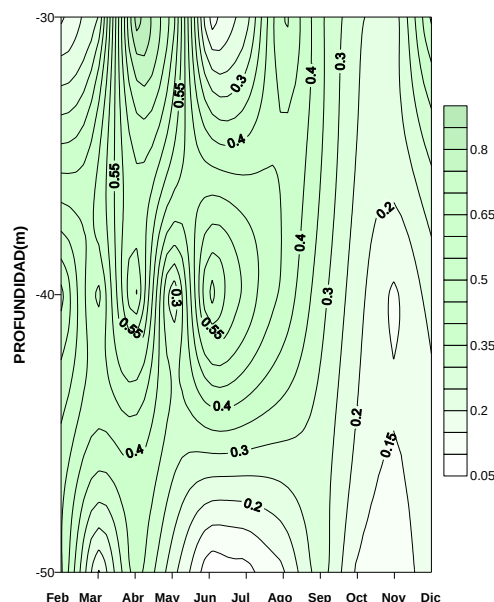


Figura 3. Distribución mensual de clorofila *a* en (30-40-50m de profundidad), en La Libertad durante 1999.

La Libertad 2000: A nivel superficial para mayo, junio, julio y agosto, se observaron núcleos con rangos entre 1.26 - 1.44 - 1.76 y 2.12 mg/m^3 ,

estos valores de clorofila estuvieron asociados a temperaturas de 21.36°C a 21.41°C . La menor concentración fue en marzo con 0.22 mg/m^3 .

A nivel subsuperficial de los 20 m los promedios de temperatura fueron entre 21.23°C a 22.74°C , se registraron algunos núcleos de clorofila con rangos entre 1.04 - 1.34 - 1.36 - 1.44 - 1.68 mg/m^3 en los meses de junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, la menor concentración fue en febrero con 0.16 mg/m^3 (Figura 4).

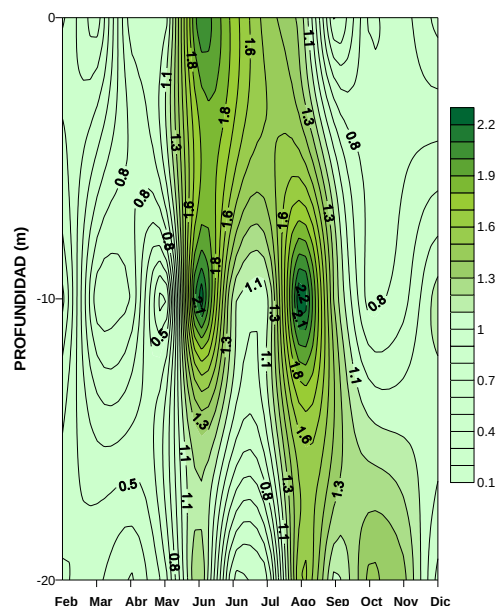


Figura 4. Distribución mensual de clorofila *a* en (0-10-20 m de profundidad), en La Libertad durante el año 2000.

A los 50 m la mayor concentración fue en octubre con 0.44 mg/m^3 y la menor en julio con 0.08 mg/m^3 (Figura 5).

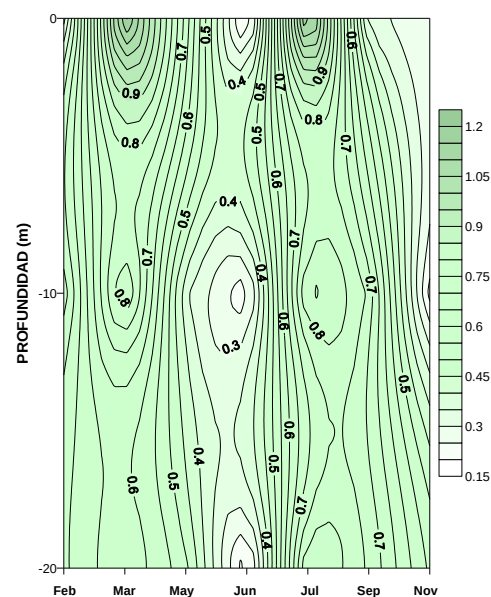


Figura 5. Distribución mensual de clorofila *a* en (0-10-20m de profundidad), en Manta durante 1999.

Manta 1999: A nivel superficial en marzo y julio se observaron dos núcleos con rangos entre 1.22-1.24 mg/m³, mientras que la menor fue en junio con 0.16 mg/m³.

A los 20 m de profundidad la máxima concentración fue en julio con 0.86 mg/m³, el menor valor fue en junio con 0.16 mg/m³ (Figura 6).

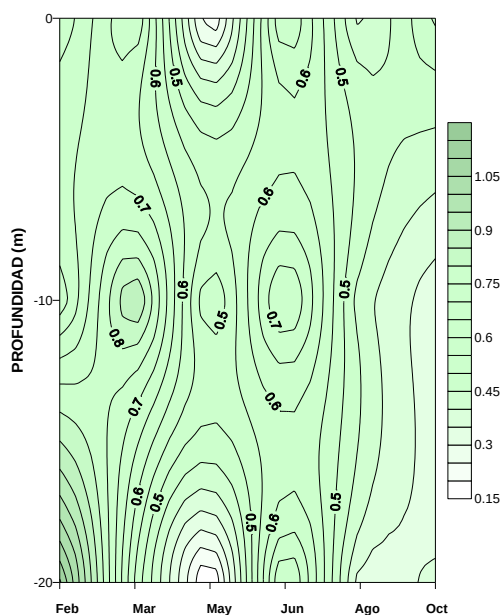


Figura 6. Distribución mensual de clorofila a en (0-10-20m de profundidad), en Manta durante el año 2000.

A los 50 m la mayor concentración fue en julio con 0.42 mg/m³, mientras que la menor fue de 0.12 mg/m³ en el mismo mes (Figura 7).

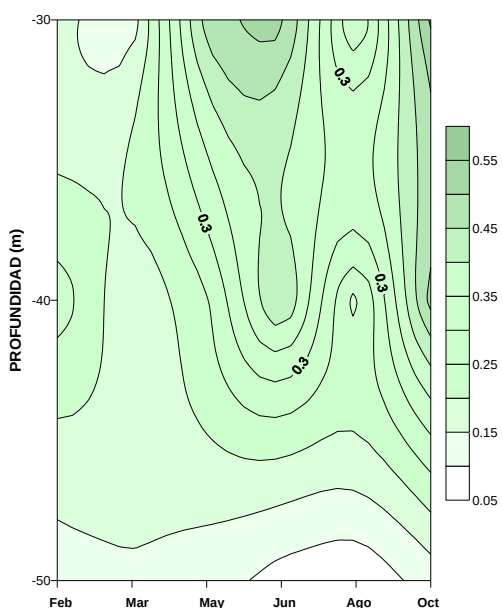


Figura 7. Distribución mensual de clorofila a en (30-40-50m de profundidad), en Manta durante 2000.

Manta 2000: A nivel superficial la mayor concentración fue en marzo con 0.76 mg/m³ y la menor en mayo con 0.18 mg/m³.

A los 20 m en el mes de febrero se evidenció un núcleo de clorofila con 1.16 mg/m³, mientras que la menor concentración fue en mayo con 0.12 mg/m³(Fig).

En el estrato de los 50 m la mayor concentración fue en marzo con 0.14 mg/m³ y la menor concentración en agosto con 0.06 mg/m³ (Figura 8).

DISCUSIONES

Existen pocos trabajos de clorofila realizados en las estaciones fijas La Libertad y Manta, sin embargo se realizó una recopilación de la información en ésta área del mar ecuatoriano.

Seguramente el pico del afloramiento se inició en julio de 1999, con valores entre 0.64 a 0.68 mg/m³; es en agosto donde se registraron los valores más altos de clorofila de 1.05 mg/m³.

Desde los 20 m de profundidad hasta la superficie, los valores más altos entre 0.98 y 1.46 mg/m³ se registran entre la superficie y los 15 m de profundidad. Este pico del afloramiento se registró hasta septiembre de 1999.

A partir de noviembre de 1999 se presenta un segundo pico con concentraciones entre 0.54 y 0.98 en la columna de agua entre la superficie y los 25 m de profundidad.

En todos los meses de 1999 muestreados los valores menores a 0.50 mg/m³ se registran entre los 30 y 50 m de profundidad.

En La Libertad a partir de mayo (2000) se observa un fuerte proceso de afloramiento, el cual se intensifica en el mes de julio con el máximo de clorofila entre 1.1 y 2.2 mg/m³ en la columna de agua entre la superficie y los 20 m de profundidad. Este intenso pico del afloramiento continúa hasta agosto de 2000 con un núcleo de un máximo de clorofila de 2.2 mg/m³ se intensifica en el mes de julio con el máximo de clorofila entre 1.1 y 2.2 mg/m³ a los 10 m de profundidad con valores altos hacia la superficie y en profundidad hasta

los 20 m de profundidad. Este núcleo de fuerte afloramiento se extiende hasta septiembre, el cual va decayendo gradualmente en superficie hasta diciembre del mismo año. Sin embargo los valores entre la superficie y los 20 m son relativamente altos para este período.

El núcleo del afloramiento registrado en julio, agosto y septiembre de 2000 se observa que este bloom parcialmente se encuentra subsuperficial en los estratos inferiores entre 30 y 50 m de profundidad en los meses subsiguientes de octubre hasta noviembre con valores registrados en profundidad con 0.5 y 0.8 mg/m³.

En la estación fija de Manta durante 1999 no se observó la intensidad de los afloramientos como en la estación de La Libertad. Aunque se registran valores relativamente altos de clorofila en los meses de marzo, mayo y entre junio, julio y septiembre en la columna de agua entre 0 y 20 m de profundidad.

Desafortunadamente no se realizaron muestreos en el " mes de agosto " por lo tanto no se puede confirmar si este proceso se registró con intensidad en Manta en el mes de agosto como en La Libertad a partir de septiembre se registra un decaimiento en la concentración de clorofila entre la superficie y los 20 m así como en los estratos inferiores.

En Manta durante el 2000 también se registraron valores relativamente altos de clorofila en marzo con valores entre 0.76 y 0.92 mg/m³.

Posteriormente en junio se presenta un valor relativamente alto de clorofila entre 0.72 y 0.79 mg/m³ entre la superficie y los 20 m. de profundidad concentraciones menores se registraron en agosto y octubre del mismo año. Así como en los niveles inferiores entre los 30 y 50 m. de profundidad para los meses del año 2000.

Peribonio (1981), en su estudio del fitoplancton determinó que en la capa superficial registró concentraciones de clorofila *a* con rangos entre 0.50 y 2.50 mg/m³, destacando que la menor concentración fue registrada en las estaciones localizadas cercanas a la Puntilla de Santa Elena.

Según Jiménez (1978), destaca que los valores de clorofila *a* superior a 5.5 mg/m³ de clorofila *a* registrados al oeste de las islas Galápagos en áreas de alta productividad clorofílica obedecen a procesos de surgencias o afloramientos.

Guillén y Calienes (1978) han demostrado que la intensidad de los afloramientos costeros varían de acuerdo a posición geográfica y estación del año y se identifican por medio de la distribución latitudinal de la temperatura.

Es posible que durante la época seca del año 2000, las condiciones oceanográficas registradas en La Libertad se presentó favorable en junio y agosto determinándose una elevada concentración de clorofila *a* y biomasa celular; estas condiciones biológicas estuvieron asociadas a bajas temperaturas en la capa superficial en agosto del año 2000 representado por 21.4 °C y subsuperficial a 10 m de profundidad con un promedio de 21.1°C .

Otros investigadores Peribonio (1982) señalan que en las estaciones cercanas al Cabo de San Lorenzo, en la capa superficial registró valores de clorofila *a* entre 0.2 y 0.4 mg/m³ determinando una baja productividad.

CONCLUSIONES

- Se observó que existe una estrecha relación entre las máximas concentraciones de clorofila *a* y biomasa celular en células registradas en la capa subsuperficial (10 m) en junio y agosto del 2000 especialmente en La Libertad.
- Se registraron procesos de afloramientos en los meses de mayo y agosto en La Libertad durante el año 2000 y en los meses de marzo y julio en Manta, durante el año 1999, los núcleos de afloramientos estuvieron caracterizados por concentraciones de clorofila *a* entre 1.26-1.44-1.76 y 2.12 mg/m³ en superficie; mientras que en la capa subsuperficial (10 m) se observaron los mayores núcleos con rangos entre 2.34-2.38 mg/m³ durante los meses de junio y agosto. En Manta los mayores núcleos se registraron en febrero de 1999 con 1.16 mg/m³ (20 m) y en marzo de 1999 con 0.92 mg/m³ (10m).

BIBLIOGRAFÍA:

Bayot y Cornejo. 1996. Evidencias de ondas ecuatoriales en Salinas y Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Ecuador, 8 (1): 1-14.

Bonilla M., 1990. Variación mensual del Plancton en una Estación Fija La Libertad (Salinas), Ecuador, período 1988-1989. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR. Vol. 6(1):58-67.

Guillén O., y Calienes R, 1978. Productividad y Afloramiento frente a las aguas costeras peruanas. *Boletín volumen extraordinario*. Instituto del Mar del Perú: 130-142.

Jiménez, R., 1978. Biomasa y composición del fitoplancton al oeste de las Islas Galápagos, Ecuador, *Bol. ERFEN* 1(2).

Jiménez, R., y D. Bonilla., 1980. Composición y distribución de la biomasa del Plancton en el Frente Ecuatorial. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, 1(1): 19-64.

King C., 1966. *Oceanography: An Introduction*. University of Nottingham. Chapter 8: 264-272.

Kirk J., 1994. Ecological strategies. In *Light and Photosynthesis in aquatic ecosystems*. J. Kirk 2nd ed.; 361-431.

Margalef, R., 1972. *El Ecosistema de Ecología Marina*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales - Venezuela: 377-453.

Moreano H., 1983. Interacción Océano- atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, 2(1): 1 -11.

Peribonio, R., 1981. Distribución de clorofila *a* y feopigmentos en el Golfo de Guayaquil. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, Ecuador (1): 1-7.

Tapia M., 2006. Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento "La Niña 1999-2000". Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales- Ecuador.

UNESCO, 1966. *Methodology for oceanic CO₂ measurements*. Final Report of SCOR Working Group 75 Woods Hole, U.S.A. October 1988. UNESCO Technical papers in Marine Science.

Valencia M., y A. Rodríguez de M., 1996. Características químicas de las masas de agua costeras ecuatorianas en estaciones fijas Península de Santa Elena y Puerto de Manta-Ecuador. 1990-1995. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR. Vol. 8 (1): 29-38.

Zambrano, E., 1998. Un análisis de la Estructura termal de la Estación Costera "La Libertad" y su relación con los Eventos ENOS. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR. Vol. 8 (1): 1 - 8.