# CARACTERIZACIÓN TERMOHALINA DE LA ESTACIÓN OCEANOGRÁFICA *EL PELADO*

Mónica Riofrío Briceño[1], Johnny Chavarría Viteri[2]

[1]Oceanógrafa 2004
[2]Director de Tesis, Oceanógrafo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1988. Magister en Ingeniería Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, 2002, Investigador asociado a Acuicultura y Clima, Fundación CENAIM – ESPOL.

## RESUMEN

Se realizó la caracterización termohalina de la Estación Oceanográfica *El Pelado* (01º55'53'' S, 80º46'55''W) con la base de datos semanales de temperatura y salinidad (0 a 40 m) correspondiente al período 1992-2002, encontrándose que:

*El Pelado*, es un buen indicador de la variabilidad ENSO, registrando adicionalmente la influencia local. Climatológicamente, las características que gobiernan la transición estacional estuvieron representadas por la profundización paulatina de la termoclina, asociada a una acumulación de calor en abril-mayo y a una columna de agua de alta salinidad y escaso gradiente, producto de la incursión de ASTS provenientes del sur, que establecieron una diferencia térmica estacional de la columna de agua. El predominio climatológico de ATS (sobre la termoclina) expresó que la *Estación* está influenciada principalmente por masas de agua del norte, además se observó la influencia de otra masa de agua aquí denominadas Aguas Tropicales Costeras (ATC). La influencia del evento El Niño en las masas de agua locales fue variable en función de la estación climática presente, de la intensidad del evento y del nivel de precipitación. El balance calórico sucede en una escala de tiempo interanual. La oscilación quincenal, asociada a componentes quincenales de marea, se expresó con mayor fuerza en la variación vertical de la termoclina.

## INTRODUCCION

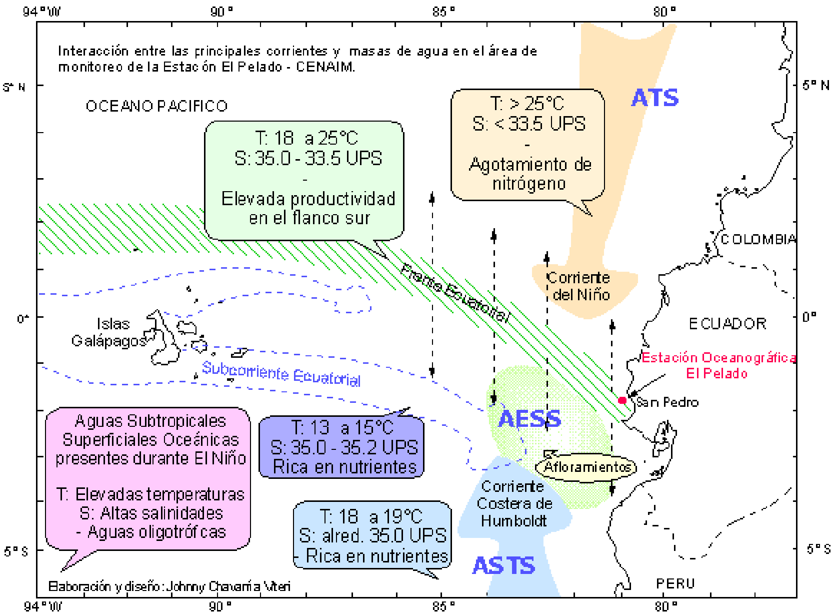
Desde enero de 1992 el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) ha tomado información ambiental en la Estación Oceanográfica *El Pelado* (Fig.1). Un diagnóstico previo del manejo integral de la Estación *El Pelado* con miras a generar productos climáticos aplicados a acuicultura y pesca, determinó como primer aspecto, optimizar y sistematizar la información de temperatura y salinidad. La caracterización termohalina de la *Estación* cubre parte de las necesidades identificadas en el diagnóstico. Para ello, se determina la climatología de las propiedades oceanográficas más representativas que caractericen el área de estudio como son: estructura termo-halina vertical, masas de agua y almacenamiento calórico. Además se analiza la variación temporal de temperatura y salinidad superficial, profundidad de la isoterma de 20º C (Iso20) y almacenamiento calórico, en una escala de tiempo mensual. Finalmente, se encuentra las principales periodicidades en la superficie del mar, a través de las series de temperatura superficial del mar (TSM), salinidad superficial del mar (SSM), y a nivel subsuperficial, a través de la serie Iso20.

**CONTENIDO**

## 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La *Estación* está ubicada en la plataforma continental de la costa ecuatoriana ( 01º55'53''S, 80º46'55''W) frente a las instalaciones del CENAIM, en San Pedro de Manglaralto, Cantón Santa Elena (Fig. 1).

Figura 1.- Localización geográfica y área de influencia de la Estación *El Pelado*




Fuente: [http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/index.html](http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/index.html)

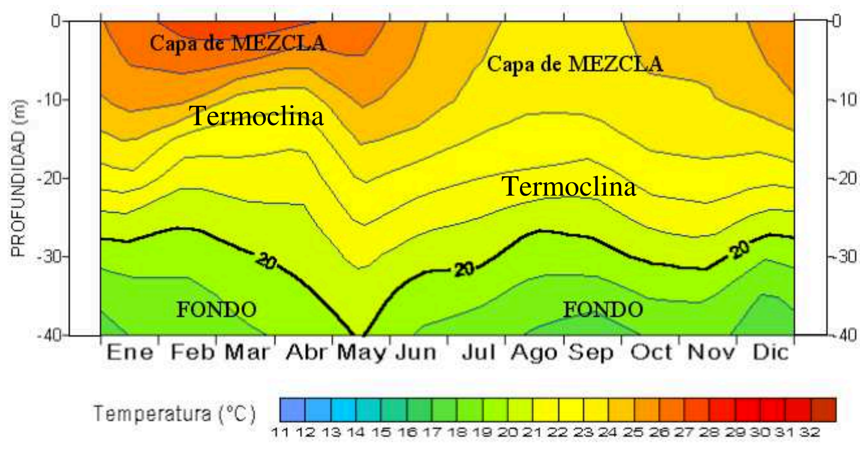
El área tiene la influencia estacional de varias masas de agua, incluyendo gradientes o frentes (Fig. 1). Está afectada por una variabilidad de alta frecuencia, oscilaciones intraestacionales, estacionalidad climática, y en otro orden por una variabilidad climática interanual reflejada, en su fase extrema, por eventos El Niño y La Niña.

## 2. CLIMATOLOGÍA DE LA ESTRUCTURA VERTICAL TÉRMICA Y HALINA

En la estación húmeda (enero-abril), la climatología[a] de temperatura (Fig. 2) señala la presencia de aguas cálidas en superficie (26-27º C) asociadas a una elevación de la termoclina, con máximo en febrero y marzo. En abril-mayo la disminución de la temperatura superficial coincide con la profundización de la termoclina. En los siguientes meses (estación seca) la temperatura superficial es menor (24-25º C) asociada a una capa de mezcla y termoclina más profundas, con un mínimo de temperatura en agosto y septiembre.

Durante los meses de la estación húmeda, la climatología de salinidad (Fig. 3) indicó bajas salinidades (32.5-33.8 ups) con un fuerte gradiente halino vertical en enero-febrero. En mayo-junio la salinidad superficial alcanza un máximo (> 34 ups) asociado con un escaso gradiente halino. En los siguientes meses (estación seca) la salinidad superficial disminuye gradualmente hasta diciembre (34 a 33 ups), en donde el gradiente halino se ha fortalecido nuevamente.

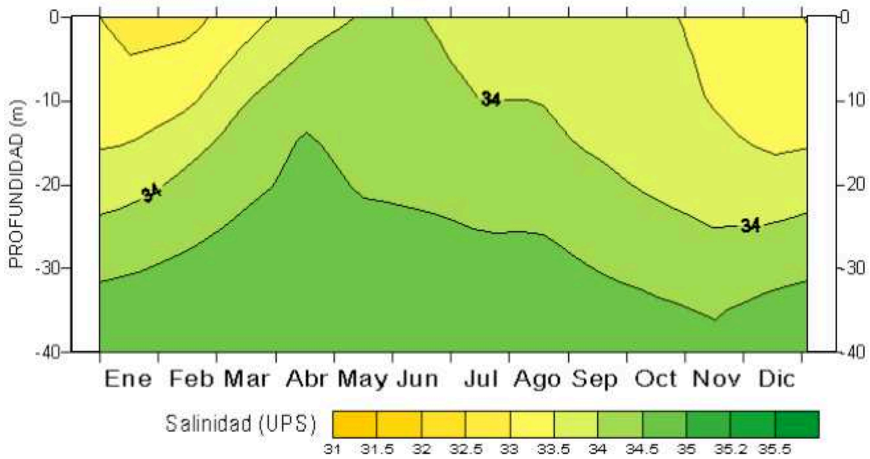
Figura 2 .- Climatología de la estructura vertical térmica (1992-2002)




---

[a] Promedio climatológico que representa *lo normal*

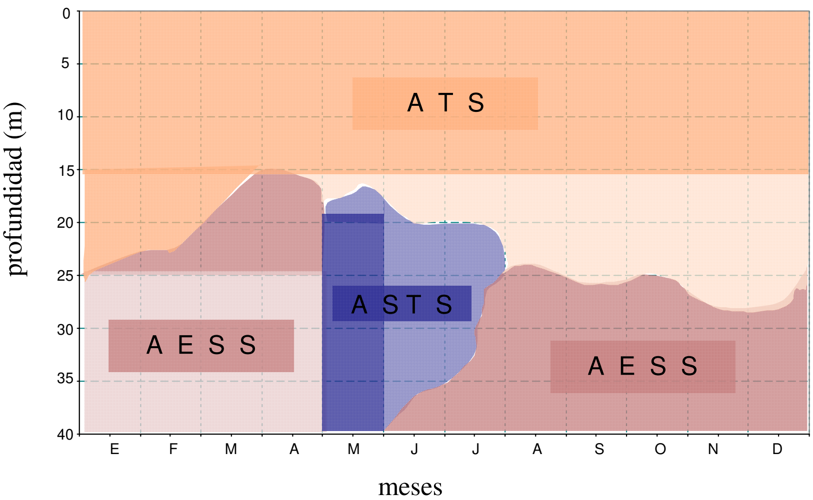
Figura 3.- Climatología de la estructura vertical halina (1992-2002)




3. CLIMATOLOGIA DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DE MASAS DE AGUA

En la climatología de masas de agua (Fig. 4) se observa el predominio anual de agua tropical superficial (ATS) desde la superficie hasta alrededor de los 25 metros de profundidad, con la excepción de abril y mayo en que su influencia es predominate únicamente hasta los 15 m. Mentras tanto, en los niveles bajos prevalecen las aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS), excepto de mayo a julio en que predominan, desde los niveles medios hasta el fondo, aguas subtropicales superficiales (ASTS) procedentes del sur.

Figura 4.-Distribución vertical de las masas de agua, respecto a un año climatológico.

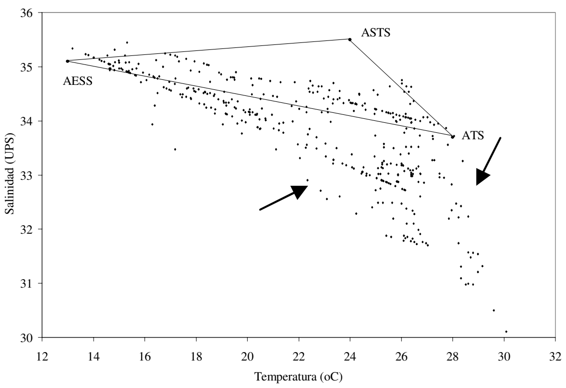


## 5. PRESENCIA DE AGUAS TROPICALES COSTERAS (ATC)

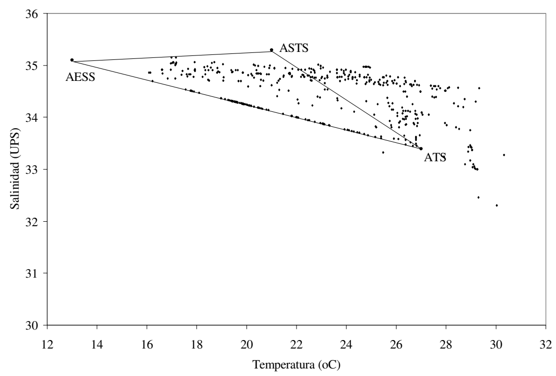
Se observó gráficamente, la presencia de aguas con temperaturas superiores a 24º C y bajas salinidades (inferiores a ATS) en todos los meses, excepto en mayo (Fig. 6b). Estas características se presentaron en meses de ausencias de lluvias, lo que indica que su origen es independiente del régimen climatológico local (precipitaciones). Esto se evidenció en los gráficos TS (temperatura - salinidad) mensuales, alguno de los cuales se presentan en la figura 6.

Figura 6.- Comparación gráfica del triángulo de mezcla estacional de masas de agua para cuatro meses del año con respecto a los datos semanales medidos en *El Pelado* (1992-2002)

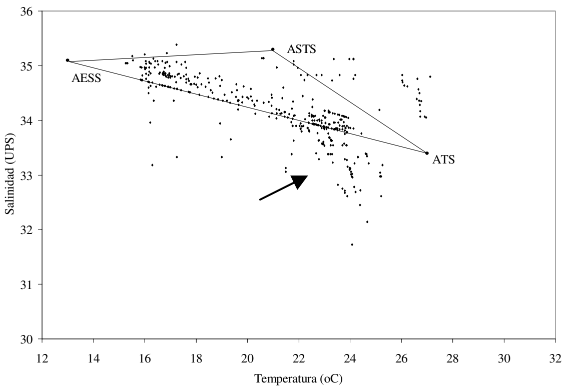
a) Enero



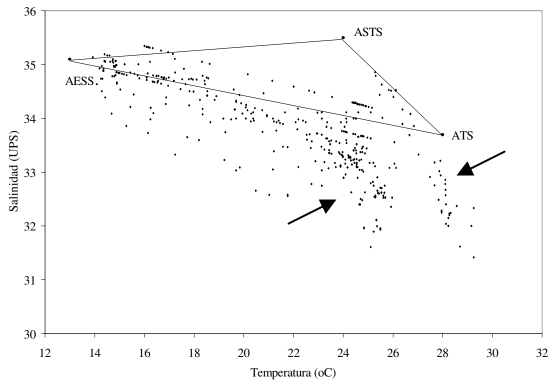

b) Mayo




c) Septiembre



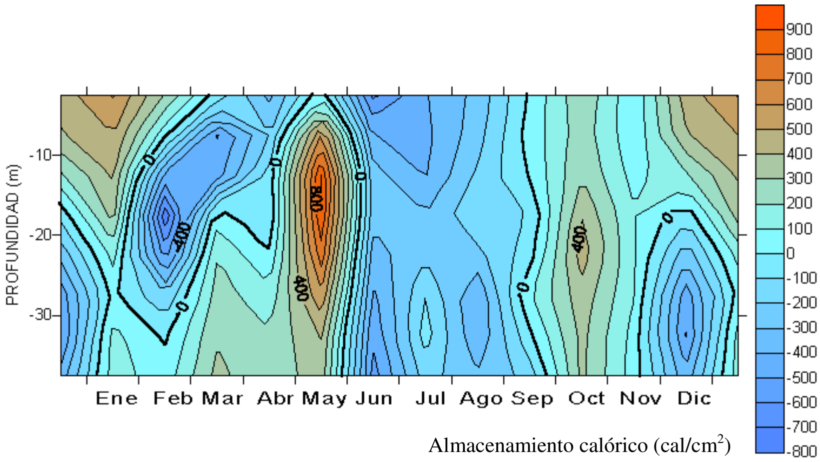

d) Diciembre




## 4. CLIMATOLOGIA DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DE ALMACENAMIENTO CALORICO.

La climatología establece durante la estación húmeda, un proceso que se inicia con ganancia de calor (gradiente positivo) seguido de una pérdida (gradiente negativo) que se ha generado con anticipación (enero) desde los niveles bajos y que se ha prolongado hacia la superficie a partir de marzo prevaleciendo hasta mediados de abril. Esta pérdida tiene un máximo subsuperficial en febrero de –700 cal/cm$^2$. Desde fines de abril hasta mediados de mayo se presenta una ganancia continua de calor en la columna de agua con un máximo de 900 cal/cm$^2$. Durante la estación seca se observa, inicialmente un proceso de pérdida seguido de ganancia de calor en la columna pero de menor intensidad que finaliza con la presencia vertical de una franja superior de ganancia y una inferior de pérdida de calor a partir de noviembre.

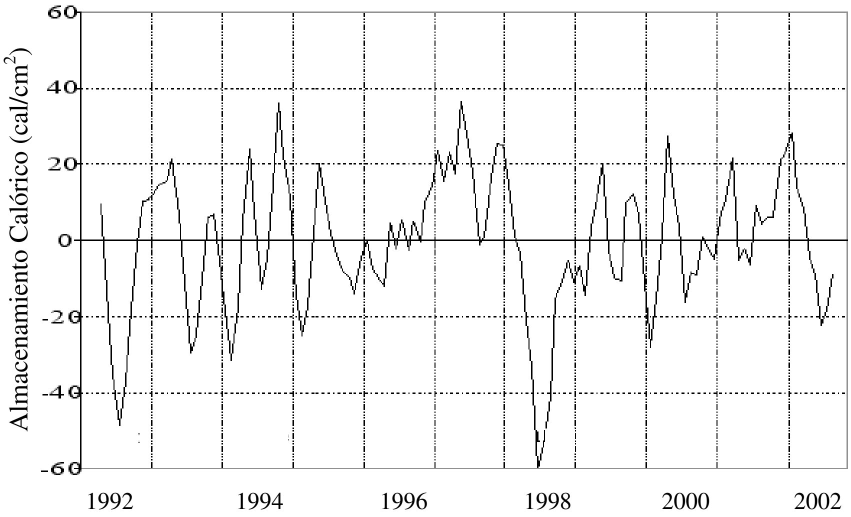
Figura 5.- Climatología de la estructura vertical del almacenamiento (1992-2002)




## 6. VARIACION MENSUAL DE ALMACENAMIENTO CALORICO DE LA COLUMNA DE AGUA (1992-2002)

La serie de almacenamiento calórico (Fig. 7) muestra las mayores pérdidas de calor en 1992 (-4900 cal/cm$^2$) y 1998 (-6000 cal/cm$^2$), coincidiendo con la fase de madurez de eventos El Niño. Mientras que, los niveles máximos de almacenamiento se alcanzan en 1994 y 1997 con valores de 3700 cal/cm$^2$, siendo también importantes en el 2000, 2001 y 2002. Se destaca el prolongado período de almacenamiento calórico (desde 1996), previo al evento de 1997-1998.

Figura 7.- Medias móviles de 3 meses (1992-2002) de la variación mensual del almacenamiento calórico en la columna de 40 m.



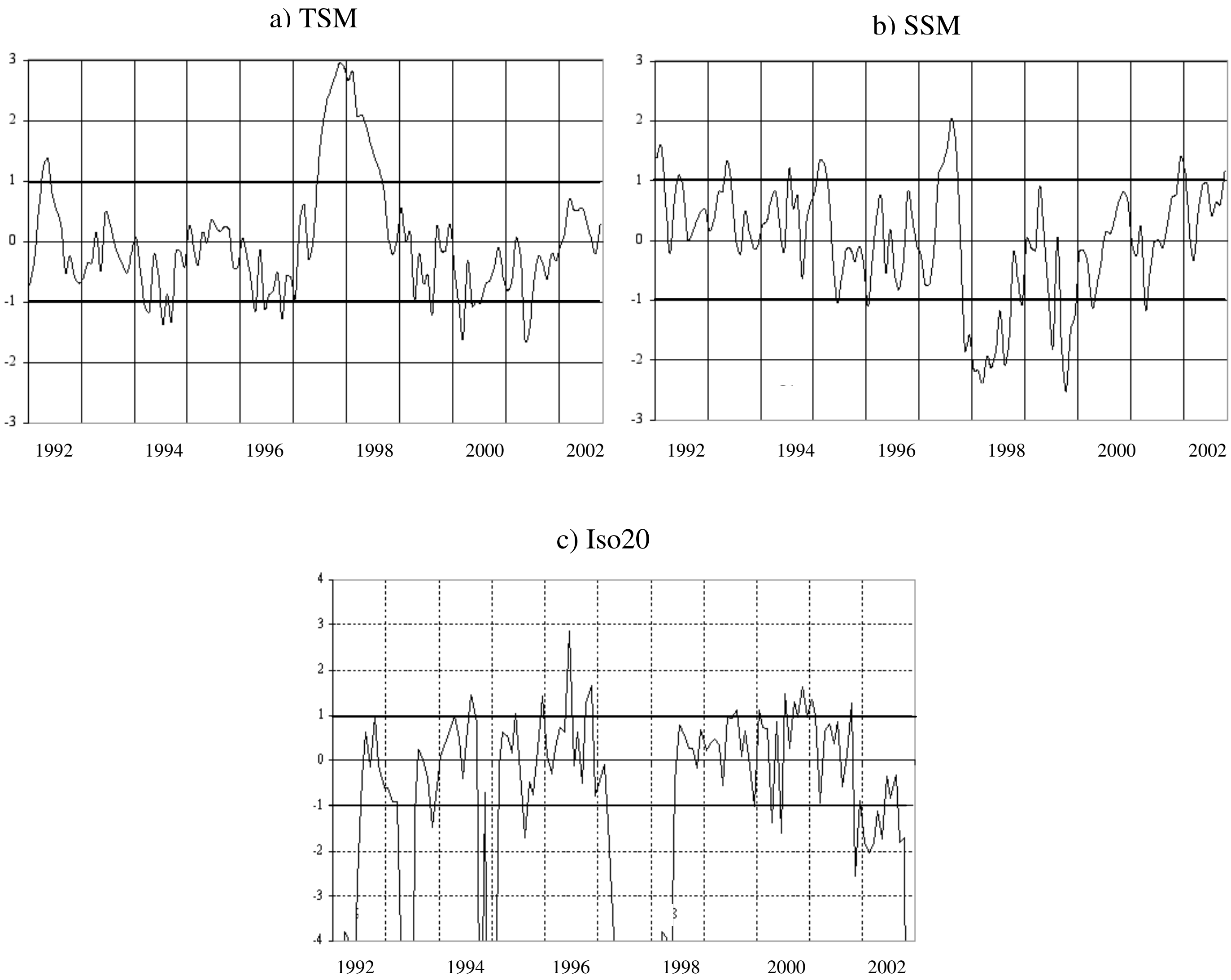

7,- VARIACION MENSUAL DE ANOMALIAS NORMALIZADAS DE TSM, SSM, PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 20º C (Iso20). PERIODO. 1992-2002

Anomalías cálidas, mayor a una desviación estándar (DE), se presentaron en 1992, mientras que en 1997-1998 se presentaron 3 DE. Las anomalías frías (negativas) superiores a 1 DE, se presentaron en 1994, 1996, 1999, 2000 y 2001(Fig. 8a).

En base a SSM (Fig. 8b), se destaca que en 1997 se presentaron anomalías sucesivas sobre y bajo lo normal de 2 DE. Otras anomalías positivas importantes (1 a 1.5 DE) se presentaron en 1992, 1993, 1994, 1995, y 2001, mientras que, máximas anomalías negativas se observaron en 1998 y 1999 (mayor a 2 DE).

Las mayores anomalías de Iso20 (Fig. 8c) son negativas (> 3DE) y ocurrieron en 1992, 1993, 1994-1995, 1997-1998 y 2001-2002. La máxima anomalía positiva se presentó en 1996 (aprox. 2 DE), y otras secundarias (superiores a 1DE) se observaron en 1994, 1995, 2000 y 2001.Anomalías positivas (negativas) corresponden a tendencias de la termoclina a estar más superficiales (profundas) que lo normal.

Figura 8. Variación mensual de anomalías normalizadas de temperatura superficial del mar (TSM), salinidad superficial del mar (SSM) y profundidad de la isoterma de 20º C (Iso20), Período 1992-2002




Los ejes ordenados de la Figura 8 (a, b y c) están expresados en desviaciones estándar (DE)

## 8. PRINCIPALES OSCILACIONES EN LAS SERIES DE ANOMALIAS DE TSM, SSM y PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 20º C.

Las oscilaciones, expresadas en períodos, que aportan mayor energía a la serie TSM, en orden descendente, corresponden a 10 meses (43 semanas), 4 meses (16 semanas), bandas centradas en períodos de 5 meses (22 semanas), 2 meses (10 semanas) y 0.5 meses (2 semanas). Otras oscilaciones se citan en la tabla Ia.

Las principales frecuencias de SSM corresponden a períodos de 5 meses (23 semanas), 3 meses (15 semanas), bandas centradas en 3 meses (11 semanas), 1 mes (6 semanas) y (0.5 m) 2 semanas. Otros periodos se listan en la tabla Ib.

A nivel de la termoclina, las periodicidades con mayor energía corresponden a bandas centradas en 4 meses (15 semanas), 0.5 meses (2 semanas), 2 meses (9 semanas) y de 1 mes (5 semanas), ver tabla Ic..

Tabla I.- Oscilaciones principales halladas en las serie de Anomalías de TSM, SSM y profundidad de la isoterma de 20º C (Iso20) utilizando análisis espectral

a) TSM

| No. | Período (semanas) | Densidad Espectral |
|---|---|---|
| 1 | 43 | 10.68 |
| 2 | 16 | 7.02 |
| 3 | 22 | 4.08 |
| 4 | 10 | 1.52 |
| 5 | 2 | 1.15 |
| 6 | 6 | 0.84 |
| 7 | 5 | 0.76 |
| 8 | 7 | 0.52 |
| 9 | 4 | 0.41 |
| 10 | 3 | 0.31 |

b) SSM

| No. | Período (semanas) | Densidad Espectral |
|---|---|---|
| 1 | 23 | 3.18 |
| 2 | 15 | 2.01 |
| 3 | 11 | 0.77 |
| 4 | 6 | 0.38 |
| 5 | 2 | 0.32 |
| 6 | 4 | 0.16 |
| 7 | 3 | 0.09 |

c)Iso20

| No. | Período (semanas) | Densidad Espectral |
|---|---|---|
| 1 | 15 | 353.98 |
| 2 | 2 | 290.85 |
| 3 | 9 | 279.17 |
| 4 | 2 | 175.51 |
| 5 | 5 | 145.25 |
| 6 | 3 | 116.28 |

## CONCLUSIONES

1. El período de transición estacional cálido-frío (abril-mayo) estuvo caracterizado por la profundización de la termoclina, máximo climatológico de salinidad superficial (>34 ups) y de almacenamiento calórico vertical (positivo). El período de transición frío-cálido es más acelerado en diciembre y se manifiesta con la generación de un gradiente vertical superficial de temperatura y salinidad y de ganancia de calor en superficie, que se combina con una pérdida de calor bajo la termoclina, a partir de noviembre.

2. Se observó en la columna predominio anual de ATS en los niveles altos y de AESS en los niveles bajos, excepto de mayo a julio que predominó ASTS. relativamente fría (18.5 a 22.2 ºC). Se encontró la presencia de otra masa (aquí se denominadas Aguas Tropicales Costeras - ATC) correspondiente a diluciones costeras de las ATS .

3. El balance calórico temporal de la columna de agua por manifestaciones ENSO, se establece a nivel interanual, debido a que la magnitud, duración y recurrencia de un evento cálido se encontró gráficamente diferente al de un evento frío.

4. Las anomalías de TSM estuvieron generalmente asociadas a las anomalías de la profundización de la isoterma de 20º C de una manera inversa, en especial en años tipo ENSO.

5. La oscilación quincenal fue detectada especialmente en las variaciones verticales de la termoclina y ha sido asociada a oscilaciones astronómicas de mareas (componentes lunisolar quincenal de las mareas y/o componente lunar quincenal).

REFERENCIAS

M. RIOFRIO, "Optimización de la Información de Temperatura y Salinidad y Caracterización Termohalina de la Estación Oceanográfica *El Pelado*" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, 2004).

S. ALLAUCA, "Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana", Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 6, No. 1 (1990), pp. 10-17

D. ASKREN, & A. BADAN, Conceptos de Oceanografía Física (School of Oceanogrphy, Oregon State University, 1978), pp. 6-7.

M. AYOUB, " Procesos Litorales en Monteverde" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL,1985).

B. BAYOT, "Variabilidad de Baja Frecuencia de Parámetros Océano-Atmosféricos en Salinas y Galápagos durante el Período 1985-1988" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, 1993).

A. CEDEÑO, "Estadística de la Temperatura Superficial y Nivel Medio del Mar en La Libertad (Ecuador)" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, 1990).

J. CHAVARRÍA, Estación Oceanográfica *El Pelado* (Informe de Consultoría, CENAIM-Proyecto IAI-CATHALAC, 2001).

J. CHAVARRÍA y B. BAYOT, "Campos de Presión del Pacífico Tropical Suroriental en relación a la Oscilación del Sur: Los Indices San Cristóbal/Guayaquil (Ecuador)-Darwin (Australia)", Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 8, No. 1 (1996), pp. 15-27.

J. CHAVARRÍA y B. BAYOT, Manual de Análisis de Datos: A. Introducción al Análisis de Series de Tiempo (CENAIM, 2002), pp.

J. CHAVARRIA, " Desarrollo de un Sistema de Alerta Climático para la Acuicultura Parte 1", CENAIM INFORMA, No. 81 (2003).

M. P. CORNEJO R., Recetas de Análisis Espectral (ESPOL, 1993), pp. 17-30.

E. CUCALÓN, " Sinopsis de la Oceanografía de la Región frente a las Costas del Ecuador", Bases Biológicas y Marco Conceptual para el Manejo de los Recursos Pelágicos en el Pacífico Sur-Oriental, Doc. de Pesca No. 001 (1986), pp. 30-33.

D. ENFIELD, Manual de prácticas de Oceanografía Física (INOCAR, 1978), pp. 57-

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA, Informe de Crucero T8803I-INP-GALAPAGOS, 1988, pp.

H. MOREANO, " Interacción Océano-Atmósfera sobre la Zona Costera del Ecuador", Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR,Vol. 2, No.1 (1983), pp. 1-11.

T. OKUDA, M. VALENCIA y R. TREJOS, “ Nutrientes en las Aguas Superficiales y Subsuperficiales en el Área frente al Ecuador”, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 2, No. 1 (1983.), pp. 31-51.

T. OKUDA, R. TREJOS, M. VALENCIA y A. RODRIGUEZ, “ Variación Estacional de la Posición del Frente Ecuatorial y su Efecto sobre la Fertilidad de las Aguas Superficiales Ecuatorianas” , Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 2, No. 1 (1983), pp. 53-84.

J. SANTOS, “ El Análisis Espectral Aplicado a Parámetros Oceanográficos y Metereológicos de las Localidades de Ancón y La Libertad” (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, 1984), pp.106-148.

G. SILVA, “ Análisis de la Variabilidad Climática de la Zona Costera Ecuatoriana utilizando Componentes Principales” (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, 1992).

REFERENCIAS DE INTERNET.

ACUICLIMA:

http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/index.html

CLIMATE PREDICTION CENTER:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.html