

VARIABILIDAD ESTACIONAL E INTER-ANUAL EN ESTACIONES A 10 MILLAS DE LA COSTA EN EL PERIODO 2004-2008

SEASONAL AND INTERANNUAL VARIABILITY AT 10 MILES OFF-SHORE STATIONS IN THE PERIOD OF 2004-2008

Telmo De la Cuadra

Instituto Nacional de Pesca

Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente

Letamendi 102 y La Ría

P.O.Box: 09-01-15131

E-mail: tdelacuadra@inp.gob.ec

RESUMEN:

Se presenta un análisis de los datos oceanográficos (físicos y químicos) y meteorológicos, registrados en tres estaciones localizadas a 10 millas fuera de la costa del Ecuador: estación Esmeraldas ubicada en 1°04.8 N y 79°44.3 W, estación Punta Galera ubicada en 0°52.5 N y 80°12.2 W, y la estación Puerto López ubicada en 1°35.4 S y 80°59.4 W. Los resultados del análisis indican en términos generales, una mayor variabilidad en los 30-50 m de profundidad durante el período 2004-2008. Sugiere además que los años 2007 y 2004 habrían sido fríos; y que el 2006 y 2008 habrían sido cálidos. El análisis de varianzas (ANOVA) mostró una significativa variabilidad interanual en la estación de Pta. Galera ($F_{(2,24)}=17.705$ $p<0.05$), y ($F_{(4,40)}=3.63$ $p<0.05$) en la estación ubicada frente a Puerto López. Finalmente, las anomalías positivas observadas durante el 2006 son asignadas a la variabilidad estacional, mientras que las del año 2008 parecerían más ligadas a la variabilidad interanual.

Palabras claves: Variabilidad estacional, interanual, El Niño, temperatura, anomalías.

ABSTRACT:

This paper will present an analysis of oceanographic and meteorological data, located at three 10 miles off-shore stations in the coast of Ecuador: Esmeraldas, located at 1°04.8 N and 79°44.3 W; Pta. Galera, located at 0°52.5 N and 80°12.2 W; and Puerto López, located at 1°35.4 S and 80°59.4 W. The results indicate, in general terms, a great variability in the 30-50 m depth during 2004-2008. It further suggests that the years 2007 and 2004 were cold and that the 2006 and 2008 were warmer. The analysis of variance (ANOVA) showed a significant variability in the station Pta. Galera ($F_{(2,24)} = 17,705$ $p < 0.05$), and ($F_{(4,40)} = 3.63$ $p < 0.05$) at the station located in front of Puerto Lopez. Finally, the positive anomalies observed during 2006 are attributed to seasonal variability, while those of 2008 seem more related to interannual variability.

Keywords: Seasonal variability, interannual, El Niño, temperature, anomalies.

1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad interanual de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Océano Pacífico tropical es dominada por El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (*e.g.* Cane, 1983; Rasmusson y Wallace, 1983), la cual se considera una de las más importantes interacciones océano-atmósfera. Una vez originadas las ondas Kelvin en la piscina cálida del Pacífico ecuatorial oriental, éstas viajan a lo largo del Pacífico ecuatorial, manifestándose como una anomalía cálida frente a la costa de Sudamérica (Boullanger y Fu, 1996; McPhaden y Yu, 1999). Estos eventos son conocidos como “El Niño”. Fuera de la costa del Ecuador, la TSM se incrementa varios grados sobre lo normal; durante el evento El Niño 1982/83, la termoclina se profundizó más de 80 m (Cucalón, 1987), mientras que en el evento El Niño 1997/98 lo hizo 90 m (De la Cuadra, 1999). Estas temperaturas extremadamente altas, afectan la economía local debido a la mortalidad producida en peces y aves (Barber y Chavez, 1983); así como a la fuerte influencia ejercida sobre el balance de calor y por ende la climatología oceánica frente al Ecuador y Perú.

Desde hace varios años, el Instituto Nacional de Pesca realiza como parte de sus actividades de investigación, un monitoreo de las condiciones físicas, químicas y biológicas (dos niveles tróficos), en tres estaciones ubicadas 10 millas fuera de la costa. Dicho monitoreo, permite observar en el tiempo la variabilidad del océano, su dinámica, y los procesos oceanográficos que inciden en la productividad biológica del mismo, y por ende en la disponibilidad de los recursos pesqueros. Estos últimos, especialmente los peces pelágicos pequeños y demersales, que si bien es cierto se encuentran sujetos a la presión de extracción, también dependen de las condiciones ambientales para ubicar nichos ecológicos y encontrar alimentación.

Este trabajo hace un análisis de la variabilidad oceanográfica (física) y meteorológica, observada en tres estaciones ubicadas 10 millas fuera de la costa

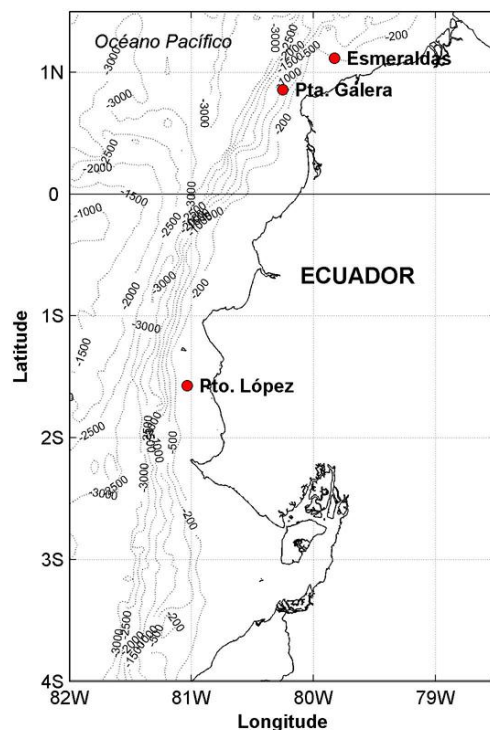


Fig.1. Ubicación de las Estaciones 10 millas costa del Ecuador (Fig.1). afuera (en color rojo).

2. METODOLOGÍA

Los datos utilizados corresponden a las estaciones ubicadas 10 millas costa afuera frente a Esmeraldas, Punta Galera y Puerto López, las cuales se monitorean con una periodicidad de 30 días en el marco de la Actividad de Inversión del INP. La metodología empleada durante los muestreos para la obtención de datos, muestras y su posterior análisis, corresponde a la metodología estándar convencional empleada en oceanografía física y meteorología.

Una vez organizados los datos en forma de series de tiempo (S.T.), se procedió a calcular los promedios para cada uno de los meses con el objeto de establecer “un año tipo”. Dicho análisis sirvió para posteriormente calcular las anomalías de temperatura en la columna de agua. El período utilizado corresponde a los años 2004-2008.

Mediante la aplicación de un ANOVA se determinó si existía diferencia significativa en la temperatura tanto estacional como interanual, considerando las estaciones de la siguiente manera:

Trimestre 1: Enero-marzo (Época Lluviosa)

Trimestre 2: Abril-junio (Época Transición)

Trimestre 3: Julio-septiembre (Época Seca)

Trimestre 4: Octubre-diciembre (Época Transición)

3. RESULTADOS

3.1. SERIES DE TIEMPO OCEANOGRÁFICAS

3.1.1. Esmeraldas

La temperatura registrada durante el 2008 en la estación 10 millas costa afuera frente a Esmeraldas osciló entre 26.1° y 27.6°C en la superficie del mar, entre 25.8° y 27.5°C en los 5 metros de profundidad, entre 25.5° y 27.5°C en los 10 metros, entre 17.7° y 26.8°C en los 30 metros, entre 14.8° y 23.6°C en los 50 metros, entre 14.6° y 20.1°C en los 75 metros, y entre 13.7° y 18.1°C en los 100 metros de profundidad. Los niveles que mostraron mayor variabilidad fueron en su orden 30, 50, 75, 100, 10, 5 y 0 metros.

Las anomalías térmicas calculadas para esta estación durante el 2008, estuvieron entre -0.6° y +2.3°C en la superficie del mar, entre -0.8° y +3.5°C en los 5 metros de profundidad, entre -1.3° y +3.7°C en los 10 metros, entre -4.8° y +2.8°C en los 30

metros, entre -1.3° y $+4.3^{\circ}\text{C}$ en los 50 metros, entre -0.9° y $+3.9^{\circ}\text{C}$ en los 75 metros, y entre -1.1° y $+3.1^{\circ}\text{C}$ en los 100 metros de profundidad. Los niveles que mostraron mayor variabilidad fueron en su orden 30, 75, 50, 100, 5, 10 y 0 metros. Las menores anomalías térmicas fueron registradas durante abril en 30 metros de profundidad; mientras que las mayores anomalías fueron encontradas en junio a nivel de los 50 metros de profundidad.

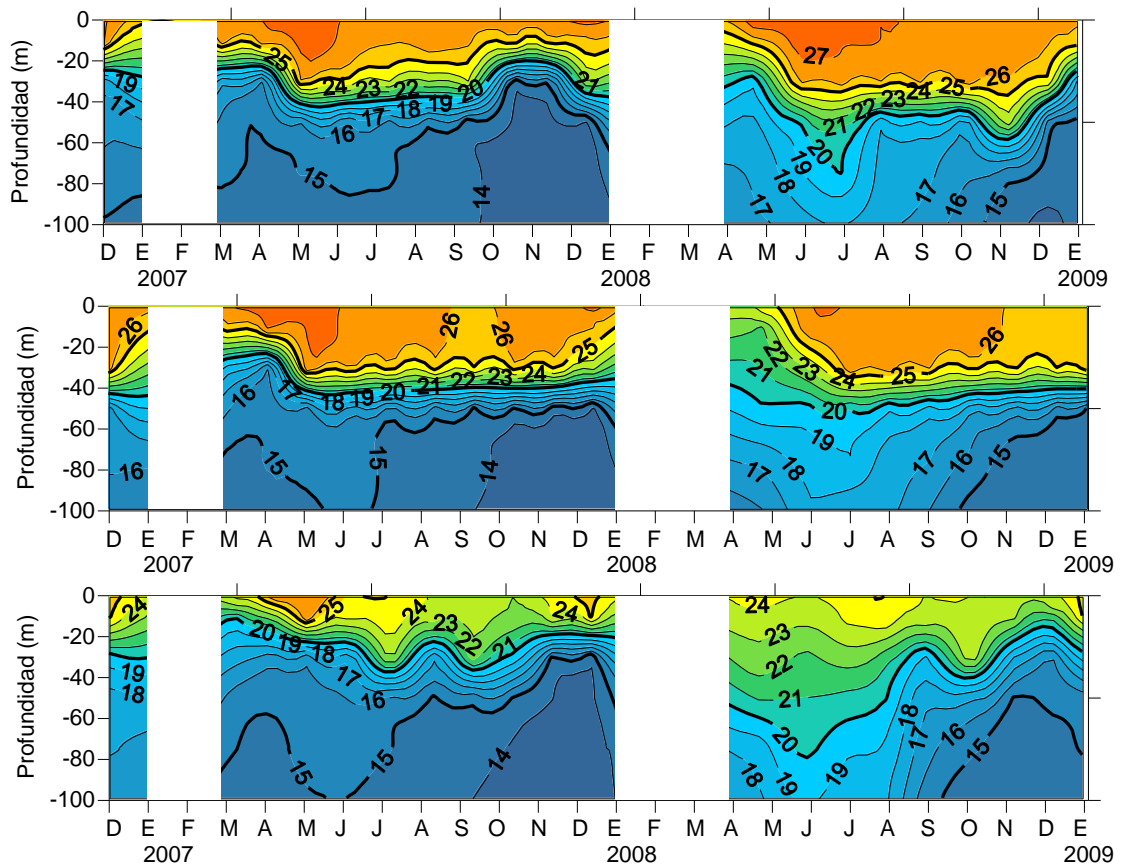


Fig. 2. Estructura térmica de la columna de agua en las estaciones 10 millas costa afuera. (Figura Superior) Estación frente a Esmeraldas. (Media) Estación frente a Punta Galera. (Figura Inferior) Estación frente a Puerto López. Período 2007-2008.

Durante el 2008 la distribución temporal de la estructura térmica en la estación 10 millas frente a Esmeraldas, mostró una capa de mezcla mínima ($<8\text{m}$) en los meses de abril, mayo y noviembre; y máxima ($>30\text{m}$) en el mes de septiembre.

Por debajo de la capa de mezcla en la región de la termoclina, la isoterma de 20°C fue ubicada a una profundidad de 25 metros en el mes de diciembre (mínimo), y en

75 metros en el mes de julio (máximo). Por otro lado, la isoterma de 15°C fue encontrada en 50 metros de profundidad en el mes de diciembre (mínimo), y por debajo de los 100 metros entre abril y octubre (máximos).

De acuerdo a Lagos *et al.* (1991), la isoterma de 15°C alcanza aproximadamente valores entre 100 y 120 metros de profundidad entre enero y mayo frente al Ecuador, los que se incrementan a 140 m en junio y 160 m en julio, para superficializarse hasta los 60 metros en el mes de octubre de cada año.

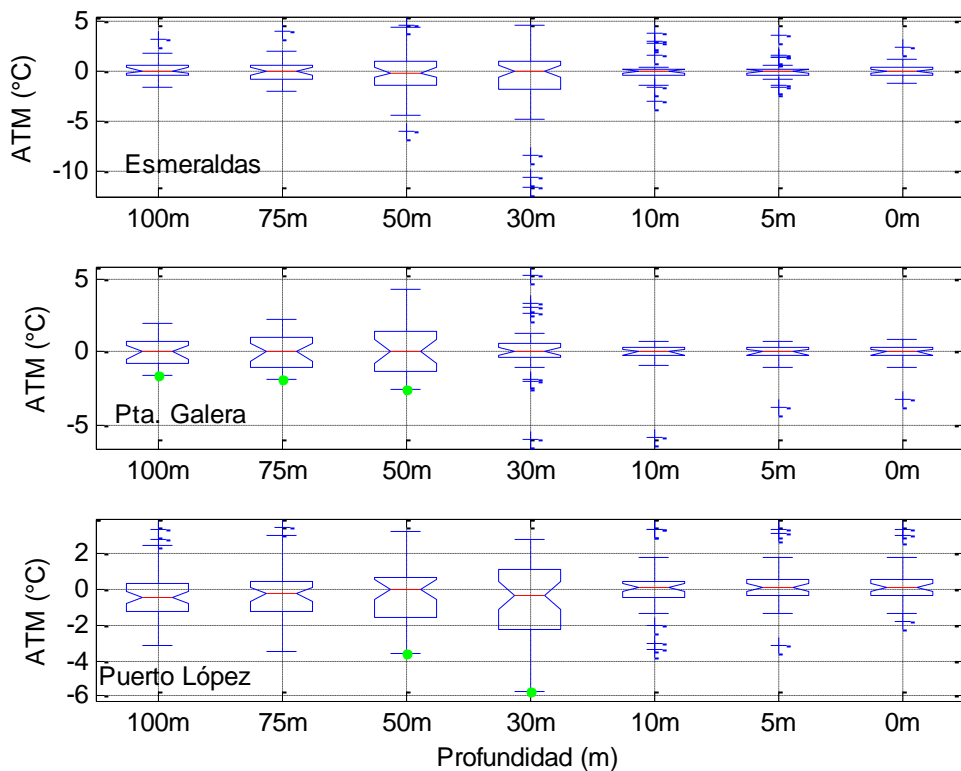


Fig. 3. Variabilidad térmica vertical registrada a 10 millas costa afuera frente a Esmeraldas, Pta. Galera y Puerto López, durante 2004-2008.

En el 2008, la termoclina se mostró bien definida bajo la capa de mezcla, con un gradiente que osciló entre 0.7 y $1.0^{\circ}\text{C } 10\text{m}^{-1}$ frente a Esmeraldas. Durante los meses de junio y julio, este gradiente se habría mostrado muy debilitado. La mayor parte del tiempo la termoclina estuvo definida entre las isotermas de 20° y 17°C .

En términos generales, frente a Esmeraldas la mayor variabilidad fue encontrada en los 30 y 50 metros de profundidad, durante el periodo 2004-2008.

Se pudo observar datos anómalos en los muestreos de esta estación durante los años 2004, 2005 y 2008. No se observaron datos anómalos en los años 2006 y 2007. En el año 2007, las anomalías térmicas fueron más dispersas. Tanto en el 2007 como en el 2004, las anomalías térmicas tuvieron un percentil 50 con valores negativos. De las tres estaciones, esta sobresale porque es en la que se han registrado las más altas anomalías térmicas, así como las más bajas.

En esta estación, el análisis de varianzas (ANOVA) no mostró una variabilidad interanual o estacional significativa.

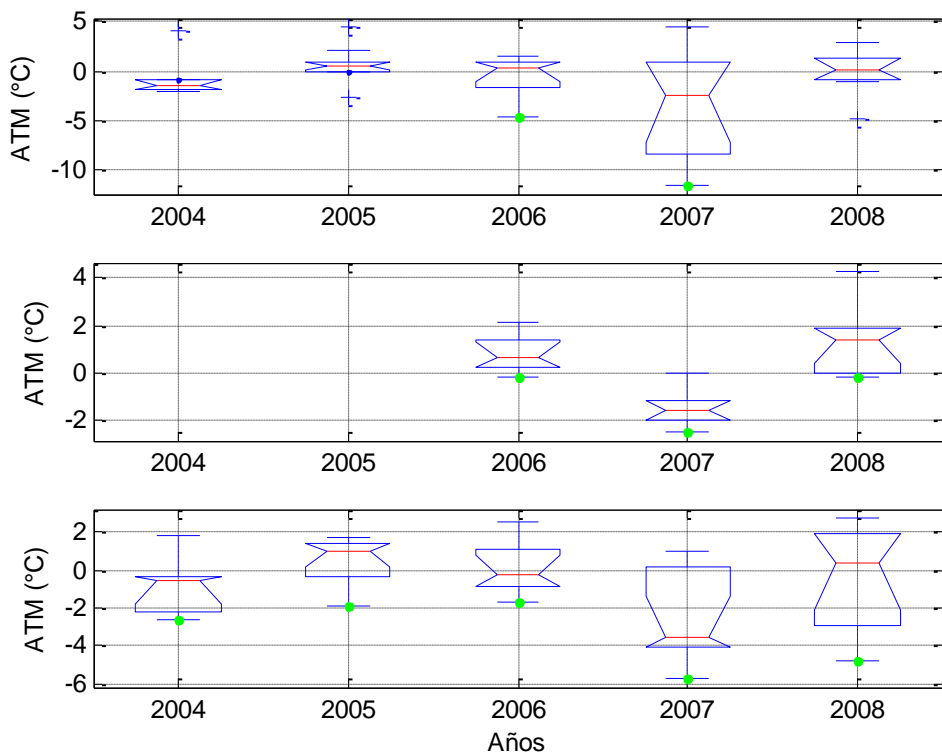


Fig. 4. Variabilidad interanual registrada en 30 m a 10 millas costa afuera frente a Esmeraldas, Punta Galera y Puerto López durante 2004-2008. (-) Mediana; (□) Rango Inter cuartil; y (⊥) Rango total de datos.

La temperatura registrada durante el 2008 en la estación 10 millas costa afuera frente a Galera osciló entre 24.3° y 26.8°C en la superficie del mar, entre 23.7° y 26.8°C en los 5 metros de profundidad, entre 21.7° y 26.8°C en los 10 metros, entre 21.1° y 26.7°C en los 30 metros, entre 15.0° y 20.1°C en los 50 metros, entre 14.6° y 19.0°C en los 75 metros, y entre 14.4° y 17.9°C en los 100 metros de profundidad.

Los niveles que mostraron mayor variabilidad fueron en su orden 30, 50, 10, 100, 75, 5 y 0 metros.

La columna de agua presentó una capa de mezcla entre 5 y 40 metros de profundidad. Las mayores profundidades se identificaron a partir del segundo semestre del 2008.

3.1.2. Punta Galera

Frente a Punta Galera, la estructura térmica vertical temporal mostró a la isoterma de 20°C, entre 40 y 52 metros de profundidad durante el 2008. Por otro lado, la isoterma de 15°C fue encontrada por debajo de los 100 metros entre abril y septiembre. En el mes de diciembre esta isoterma alcanzó los 50 metros de profundidad.

La termoclina se mostró definida entre las isotermas de 20° y 17°C, con un gradiente que osciló entre 0.5 y 0.8°C 10m⁻¹.

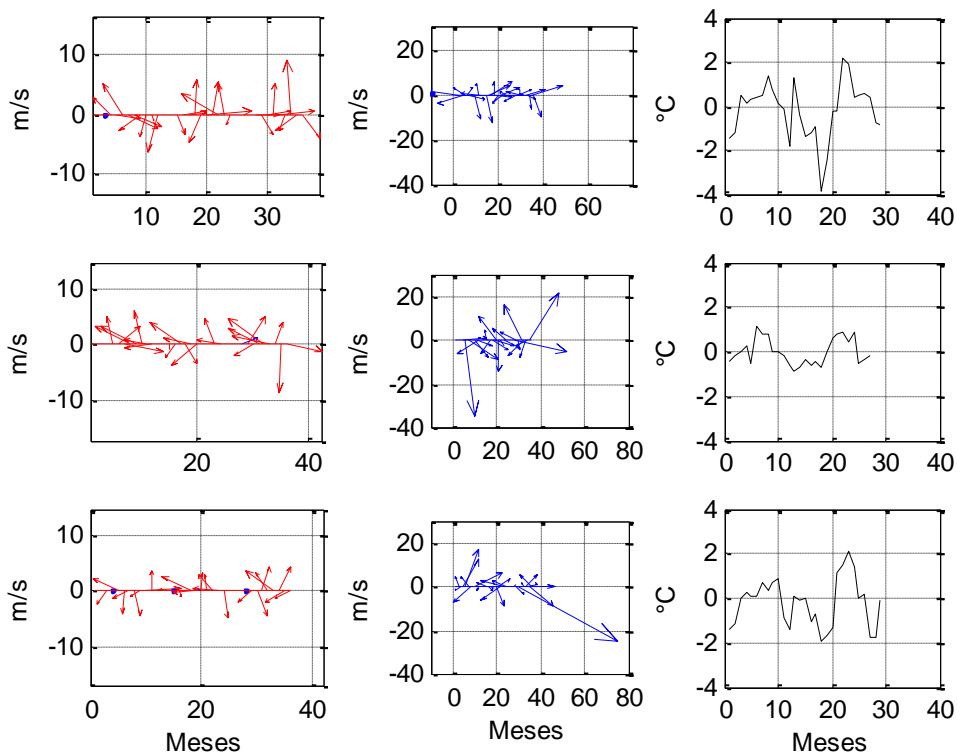


Fig. 5. Vientos Superficiales, Deriva Superficial y Temperatura Ambiental registrada a 10 millas costa afuera frente a Esmeraldas (nivel superior), Punta Galera (nivel intermedio) y Puerto López (nivel inferior) durante 2004-2008.

Estos valores de temperatura observados, determinaron anomalías durante el 2008 entre -3.2° y $+0.5^{\circ}\text{C}$ en la superficie del mar, entre -3.8° y $+0.5^{\circ}\text{C}$ en los 5 metros de profundidad, entre -5.8° y $+0.5^{\circ}\text{C}$ en los 10 metros, entre -1.1° y $+5.3^{\circ}\text{C}$ en los 30 metros, entre -0.2° y $+4.3^{\circ}\text{C}$ en los 50 metros, entre -0.3° y $+2.2^{\circ}\text{C}$ en los 75 metros, y entre -0.3° y $+1.9^{\circ}\text{C}$ en los 100 metros de profundidad. En cuanto a anomalías, los niveles que mostraron mayor variabilidad fueron en su orden 10, 30, 50, 5, 0, 75 y 100 metros.

En esta estación 10 millas costa afuera se registraron las menores anomalías térmicas en abril en los 10 m de profundidad. En 30 m de profundidad el mayor valor fue encontrado en el mes de julio.

Frente a Punta Galera, la mayor variabilidad fue encontrada en los 50 y 75 metros de profundidad, en todo el periodo de estudio (2004-2008).

No se observaron datos anómalos durante los tres años que se muestreó esta estación. Los datos mostraron una distribución más amplia y más cálida en el 2008. Las más cálidas anomalías también fueron observadas en dicho año.

Los datos de temperatura mostraron una significativa variabilidad interanual ($F_{(2,24)}=17.705$ $p<0.05$).

3.1.3. Puerto López

Frente a Puerto López, la temperatura registrada en la estación 10 millas costa afuera durante el 2008 osciló entre 23.4° y 25.2°C en la superficie del mar, entre 23.4° y 25.2°C en los 5 metros de profundidad, entre 21.1° y 25.0°C en los 10 metros, entre 15.8° y 23.9°C en los 30 metros, entre 15.0° y 21.1°C en los 50 metros, entre 14.3° y 20.3°C en los 75 metros, y entre 14.2° y 19.3°C en los 100 metros de profundidad. Los niveles que mostraron mayor variabilidad fueron en su orden 30, 50, 75, 100, 10, 5 y 0 metros. Los menores valores fueron registrados durante octubre y noviembre. En 100 metros de profundidad el menor valor fue encontrado en el mes de diciembre.

Durante el 2008, estos valores de temperatura observados, determinaron anomalías entre -0.8° y $+1.8^{\circ}\text{C}$ en la superficie del mar, entre -0.8° y $+1.8^{\circ}\text{C}$ en los 5 metros de profundidad, entre -3.0° y $+1.8^{\circ}\text{C}$ en los 10 metros, entre -4.8° y $+2.8^{\circ}\text{C}$ en los 30 metros, entre -2.3° y $+3.2^{\circ}\text{C}$ en los 50 metros, entre -1.4° y $+3.5^{\circ}\text{C}$ en los 75 metros, y entre -1.4° y $+3.3^{\circ}\text{C}$ en los 100 metros de profundidad. En cuanto a anomalías, los niveles que mostraron mayor variabilidad fueron en su orden 75, 30, 100, 10, 5, 0 y 50 metros.

En esta estación 10 millas costa afuera se registraron las menores anomalías térmicas entre octubre y noviembre en 30 metros. En 75 metros de profundidad el mayor valor fue encontrado en el mes de mayo.

La columna de agua presentó una capa de mezcla mínima de 5m durante el mes de marzo y abril, y máxima de 31 metros en el mes de septiembre. La mayor parte del tiempo la capa de mezcla tuvo un espesor aproximado de 12 metros.

Frente a Puerto López, la estructura térmica vertical temporal del año 2008, mostró a la isoterma de 20°C, en 15 metros de profundidad en el mes de diciembre (mínimo), y en 80 metros en el mes de junio (máximos). Por otro lado, la isoterma de 15°C fue observada por debajo de los 100 metros de profundidad entre abril y agosto.

La termoclina se mostró débilmente definida bajo la capa de mezcla durante la primera mitad del 2008, con un gradiente que osciló entre 0.4 y 0.6°C 10m⁻¹. La mayor parte del tiempo la termoclina estuvo definida entre las isotermas de 22° y 16°C.

En el periodo de estudio 2004-2008, la mayor variabilidad térmica fue encontrada en 30 y 50 metros de profundidad frente a Puerto López.

No se encontró datos anómalos en estos 5 años de muestreo de la estación (superiores a 1.5 veces el rango intercuartílico). El percentil 50 se ubicó con valores muy próximos a cero; sin embargo en el año 2007, dicho percentil fue bastante negativo. Las anomalías fueron más dispersas durante los años 2008 y 2007. El año 2007 se mostró como el más frío de los 5 años monitoreados. En contraste el 2008 se mostró como el más cálido.

Con un 95% de confianza, el análisis de varianza (ANOVA) no mostró una variabilidad estacional significativa.

El estadístico F obtenido para el análisis interanual de esta estación en los 30 m de profundidad fue superior al valor crítico de las tablas, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$), revelando una gran variabilidad ($F_{(4,40)}=3.63$ $p<0.05$). Los datos de temperatura mostraron una variabilidad significativa entre las diferentes profundidades de esta estación ($F_{(6,189)}=2.8$ $p<0.05$).

3.2. VARIABLES METEOROLÓGICAS Y DERIVA SUPERFICIAL

Frente a Esmeraldas, la temperatura ambiental (TA) fue encontrada en un rango entre 24.5 y 27.8°C durante el 2008. Estos valores se encuentran hasta 1.9°C por encima de los valores normales (Regalado, 1992). Los vientos superficiales tuvieron una componente sur muy fuerte durante el año 2008, con intensidades entre 3 y 8.5 m.s⁻¹, este último en el mes de octubre (Fig. 5). La deriva superficial calculada para esta

estación osciló entre 0.3 y 1.1 nudos, con una dirección hacia el noroeste entre abril y julio, y hacia el noreste entre agosto y diciembre.

Frente a Galera, la TA fue encontrada en un rango entre 22.5° y 25.5°C. Estos valores se encontrarían por encima de los valores considerados como normales (Regalado, 1992). Los vientos superficiales durante el año 2008 provinieron principalmente del sureste-suroeste, con intensidades entre 3 y 8.5 m.s⁻¹, este último valor en noviembre. (Fig. 5). La deriva superficial calculada estuvo entre 0.3 y 1.7 nudos, con el máximo en el mes de noviembre, y predominantemente hacia el noreste durante el año 2008.

Frente a Puerto López, la TA fue encontrada en un rango entre 22.0 y 27.5°C, lo cual determinaría una anomalía positiva de hasta 1°C de acuerdo a Regalado (1992). Los vientos superficiales provinieron principalmente del suroeste durante el año 2008, con intensidades entre 3.0 y 6.0 m.s⁻¹, este último en el mes de septiembre (Fig. 5). La deriva superficial calculada osciló entre 0.2 y 1.2 nudos, con una dirección hacia el noreste la mayor parte del año.

4. DISCUSIÓN

Una de las mayores manifestaciones en el sistema océano-atmósfera, es la Oscilación del Sur a través de la región Indo-Pacífico, y relacionados con ella, los Fenómenos El Niño y La Niña frente a la costa sudamericana. Un término que agrupa a ambos fenómenos y los relaciona entre sí en el marco de una oscilación interanual es mencionado frecuentemente, se trata de las Fases Cálida y Fría del Ciclo ENSO (El Niño/Oscilación del Sur). En general tanto la fase cálida como la fría del ciclo ENSO, describen una anomalía océano-atmosférica de gran escala que en el primer caso es generada remotamente en el Pacífico tropical occidental, y es caracterizada fundamentalmente por un influjo no periódico de aguas cálidas hacia las costas sudamericanas. En el segundo caso, son aguas frías que provienen de los afloramientos costero y ecuatorial particularmente intensos, y que se desplazan hacia el oeste aprovechando las corrientes ecuatoriales.

A fines del 2005, condiciones de una “La Niña” de intensidad débil fueron observadas en todo el Océano Pacífico Ecuatorial, las cuales continuaron hasta marzo-abril del 2006. En el mar ecuatorial, las anomalías térmicas negativas fueron observadas desde noviembre del 2005 hasta mediados de abril del 2006, en la estación ubicada 10 millas frente a Esmeraldas; y entre octubre del 2005 y mayo del 2006 en la estación ubicada 10 millas frente a Puerto López. Se intuye un mayor impacto térmico en la estación de Puerto López que en la de Esmeraldas, ya que en esta última las anomalías térmicas negativas se ubicaron preferentemente sobre los 50 primeros metros de profundidad.

Entre abril y septiembre del 2006, el Pacífico Ecuatorial mostró un amplio calentamiento asociado con etapas previas de un evento El Niño, y en el marco de una actividad de ondas Kelvin. Sin embargo, dicho calentamiento recién se hizo evidente frente al Ecuador a partir de septiembre tanto en la estación Esmeraldas como en la de Puerto López, principalmente al nivel de los 50 metros de profundidad. El mes de octubre fue cálido particularmente para la estación que se encuentra frente a Esmeraldas. Dicha estación alcanzó anomalías térmicas hasta de 3°C en el nivel de los 50 metros, lo cual provocó que toda la columna tuviera un promedio de anomalía de hasta 1.3°C.

Si frente al Ecuador, el evento cálido de El Niño comienza a manifestarse en la subsuperficie tal como lo mencionara De la Cuadra (1999), para observarse luego anomalías positivas en la superficie del océano (etapa madura); entonces El Niño 2006 no habría alcanzado a madurar en aguas ecuatorianas.

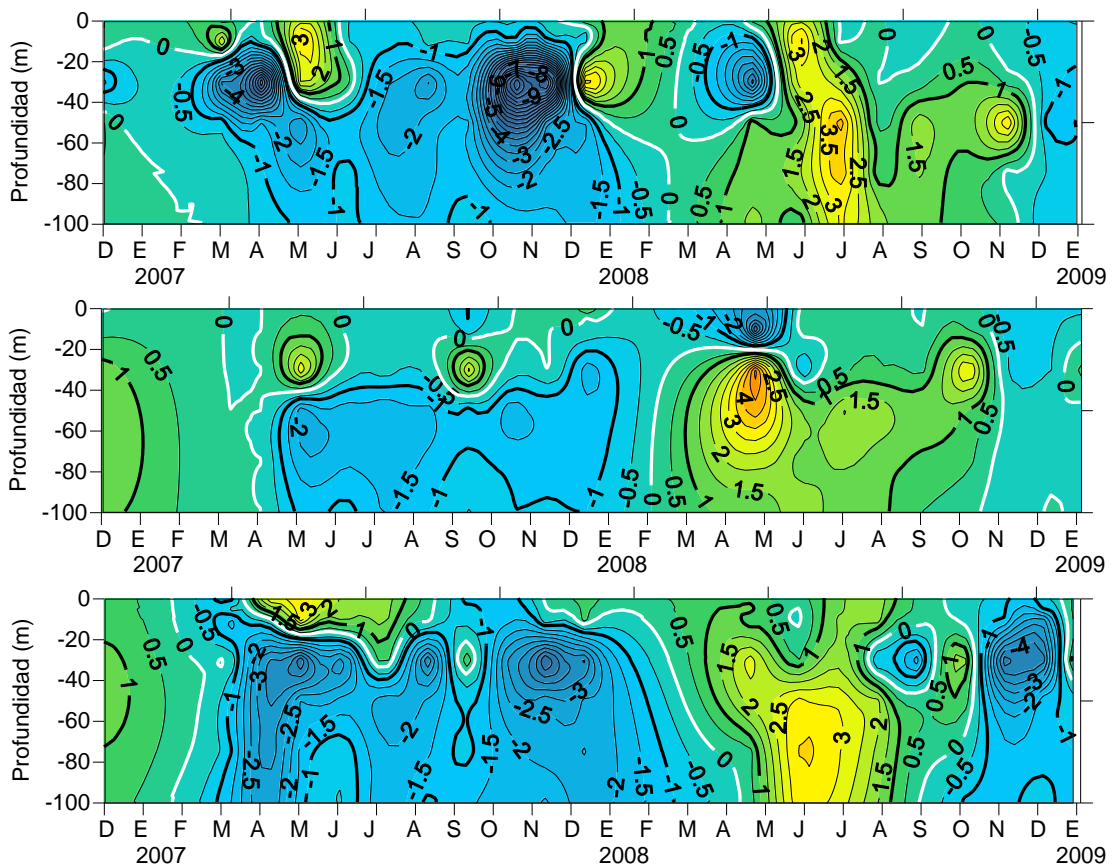


Fig. 6. Perfil de anomalías térmicas en las estaciones 10 millas costa afuera. (Nivel Superior) Estación frente a Esmeraldas. (Nivel Intermedio) Estación frente a Punta Galera. (Nivel Inferior) Estación frente a Puerto López. Período 2007-2008.

Por otro lado, en el año 2005, el gradiente térmico de la columna de agua conocido como “termoclina”, fue encontrado varias veces actuando como una barrera de densidad que no permitió la circulación vertical, y contribuyó a inhibir el proceso de generación de la nueva producción biológica (De la Cuadra y Macías, 2006). En contraste, en el año 2006 dicho gradiente térmico habría permitido el aporte normal de nutrientes desde capas profundas hacia capas someras, lo que finalmente debiera redundar en un enriquecimiento de los diferentes niveles tróficos.

Un efecto común en las tres estaciones es la desaparición de la isoterma de 14°C durante los tres primeros trimestres del 2007, y durante todo el año 2008.

La estructura térmica subsuperficial estuvo asociada a anomalías frías prácticamente todo el año 2007, con las mayores anomalías frías al nivel de los 30-40 metros de profundidad. Adicionalmente un pequeño ingreso de agua ligeramente cálida fue observado en el mes de mayo de ese año, que fue evidente en las tres estaciones.

En marzo del año 2008, se hicieron evidentes paquetes de ondas Kelvin que profundizaron la estructura térmica, y la mantuvieron con anomalías cálidas hasta el mes de noviembre. La aparición inicial de este tipo de procesos en un régimen subsuperficial, coincide con la característica picnoclínica asociada a la ocurrencia de la fase cálida del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur), y manifestada por varios autores (Enfield, 1980; Cucalón, 1987 y De la Cuadra, 1999).

4.1. ELEMENTOS COMPARATIVOS

Si comparamos la temperatura de la columna de agua del período 2004-2006 de la estación 10 millas costa afuera frente a Esmeraldas, encontraremos que el año 2005 fue el de los extremos, con los máximos valores en abril del 2005 para las profundidades entre 0 y 10 metros. En julio del 2006 se observó el mayor valor en 75 metros de profundidad. En octubre del 2006 se pudieron observar los mayores valores en 30 y 50 metros de profundidad. Los mínimos valores fueron encontrados en su mayor parte durante el 2005: febrero del 2005 las profundidades de 0 y 5 metros, diciembre del 2005 las profundidades de 30 y 50 metros, y noviembre del 2005 las profundidades de 75 y 100 metros. El mes de marzo 2006 mostró las mínimas temperaturas en los 10 metros de profundidad. En general, en el periodo 2004-2008, el nivel de los 30 metros mostró mayor variabilidad (Tabla 1).

Tabla 1. Estación Esmeraldas: Principales estadísticos en la columna de agua.

| | 100m | 75m | 50m | 30m | 10m | 5m | 0m |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Max | 18.10 | 20.10 | 24.60 | 27.20 | 28.38 | 28.39 | 28.17 |
| Min | 13.40 | 13.50 | 13.80 | 14.20 | 21.00 | 21.94 | 24.50 |
| Prom | 15.23 | 15.88 | 16.99 | 23.44 | 26.35 | 26.49 | 26.70 |
| Mediana | 15.00 | 15.66 | 16.16 | 24.70 | 26.69 | 26.70 | 26.70 |
| Moda | 14.70 | 15.40 | 15.50 | 24.20 | 27.00 | 26.70 | 26.20 |
| DesvEsta | 1.23 | 1.37 | 2.40 | 3.82 | 1.33 | 1.05 | 0.65 |

Por otro lado, si comparamos la temperatura de la columna de agua del período 2004-2006 de la estación 10 millas costa afuera frente a Puerto López, encontraremos que también en esta estación el año 2005 sería el de los extremos, con los máximos valores en abril del 2005 para las profundidades entre 50 y 100 metros, y marzo 2005 para las profundidades 0 y 5 metros. En julio del 2006 se observó el mayor valor en 75 metros de profundidad. En diciembre del 2006 se observó el mayor valor para los 10 metros de profundidad. Los mínimos valores fueron encontrados en septiembre del 2004 para las profundidades de 50 y 75 metros, febrero y junio del 2005 para las profundidades respectivas de 10 y 0 metros, y marzo del 2006 para las profundidades de 5 y 30 metros. También en esta estación, el nivel de los 30 metros mostró la mayor variabilidad durante el periodo 2004-2008 (Tabla 2).

Tabla 2. Estación Punta Galera: Principales estadísticos en la columna de agua.

| | 100m | 75m | 50m | 30m | 10m | 5m | 0m |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Max | 17.90 | 19.00 | 20.10 | 27.10 | 27.50 | 27.50 | 27.50 |
| Min | 13.50 | 13.60 | 13.80 | 15.80 | 21.70 | 23.70 | 24.30 |
| Prom | 15.27 | 15.89 | 16.76 | 24.48 | 26.15 | 26.25 | 26.36 |
| Mediana | 15.00 | 15.90 | 16.40 | 25.80 | 26.40 | 26.40 | 26.50 |
| Moda | 14.60 | 15.90 | 19.10 | 26.00 | 26.50 | 26.40 | 26.00 |
| DesvEsta | 1.16 | 1.48 | 1.82 | 3.14 | 1.04 | 0.74 | 0.71 |

Comparando las anomalías térmicas de las dos estaciones ubicadas 10 millas costa afuera en el período 2004-2006, el último de estos años no habría sido tan cálido. Es posible inferir entonces que de acuerdo al nivel de anomalías térmicas encontradas en toda la columna de agua, el Ecuador no habría tenido mayormente un impacto en su ecosistema marino-costero durante el 2006, a pesar de ser considerado un año El Niño por la comunidad científica internacional.

Tabla 3. Estación Puerto López: Principales estadísticos en la columna de agua.

| | 100m | 75m | 50m | 30m | 10m | 5m | 0m |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Max | 20.02 | 20.36 | 21.10 | 24.67 | 26.90 | 26.90 | 27.28 |
| Min | 13.50 | 13.60 | 13.90 | 14.20 | 17.97 | 19.40 | 22.49 |
| Prom | 15.51 | 15.96 | 16.85 | 19.94 | 23.50 | 23.81 | 24.23 |
| Mediana | 15.20 | 15.70 | 16.93 | 20.30 | 23.67 | 23.90 | 24.08 |
| Moda | 14.50 | 15.50 | 17.10 | 19.60 | 22.90 | 24.30 | 24.50 |
| DesvEsta | 1.50 | 1.59 | 1.85 | 2.73 | 1.64 | 1.30 | 1.01 |

Si comparamos el año 2006 con el 2008, encontramos que en términos generales el año 2008 habría sido más cálido que el 2006 (Fig. 7), y con mayor variabilidad. En contraste con lo dicho en el párrafo anterior, el año 2008 si habría tenido un impacto en el ecosistema marino costero.

5. CONCLUSIONES

En general, el primer trimestre del año (época lluviosa) ha demostrado una gran variabilidad; sin embargo es poco lo que se puede decir de este período debido principalmente a la enorme diferencia en las anomalías térmicas obtenidas entre los años 2005 y 2006, y a una falta de datos durante en el primer trimestre.

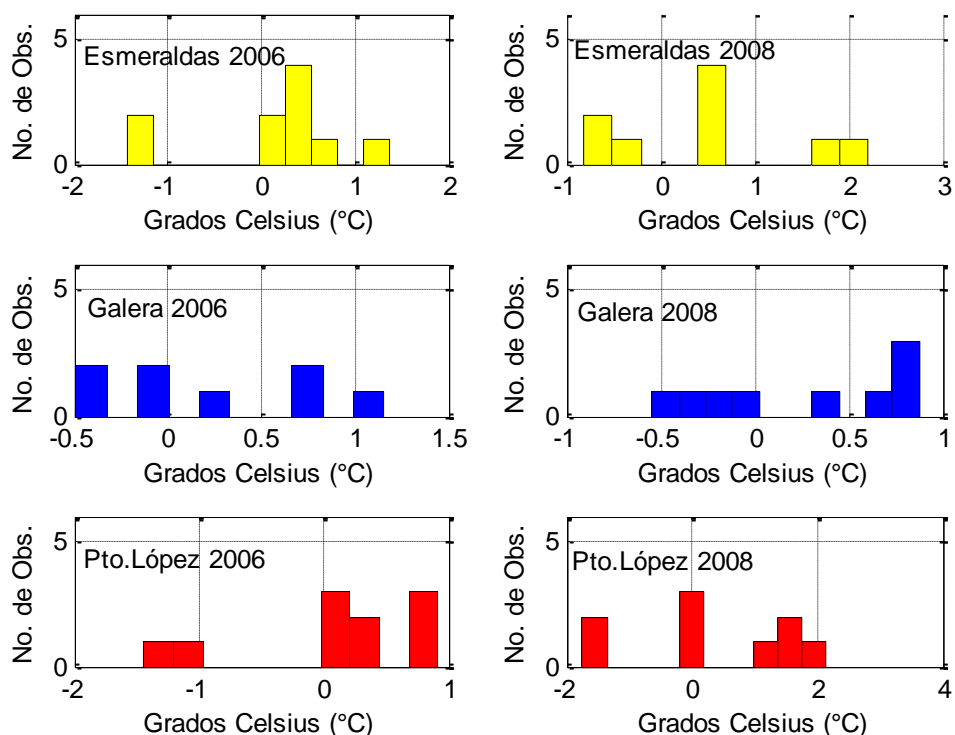


Fig. 7. Comparación de Anomalías Térmicas en la columna de agua ocurridas entre el 2006 y el 2008. (Nivel Superior) Estación frente a Esmeraldas. (Nivel Intermedio) Estación frente a Punta Galera. (Nivel Inferior) Estación frente a Puerto López.

El nivel de anomalías térmicas encontradas en toda la columna de agua, pudiera significar que el Ecuador no habría tenido mayormente un impacto en sus ecosistemas marino-costero durante El Niño 2006, por lo cual es probable que no se haya observado la presencia de indicadores biológicos generalmente asociados a los fuertes cambios térmicos que denotan la presencia de la fase positiva del ciclo ENSO. En contraste durante el 2008, las anomalías térmicas positivas si tuvieron un impacto en los ecosistemas marino-costero.

El nivel de anomalías térmicas encontradas nos sugiere que el año 2007 tuvo mayor variabilidad que el 2005 pero menor variabilidad que el 2006. Sin embargo, de todos ellos el año 2008 habría tenido mayor variabilidad.

6. AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento al Tec. Pesq. John Gumbs Begue, Director General del Instituto Nacional de Pesca (INP), por el apoyo en la ejecución del Monitoreo Permanente de las Variables Oceanográficas, ejecutado en el marco de

la actividad de Inversión del INP; un especial agradecimiento al Ing. Francisco Pesantes Vígano, por sus comentarios y sugerencias al presente documento.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cucalón, E. 1983. Temperatura, Salinity and Water Mass distribution off Ecuador during an El Niño Event in 1976. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. INP. Ecuador. Vol. 2, No.1, 25pp.
- Cucalón, E. 1987. Oceanography Variability off Ecuador Associated with El Niño event in 1982-1983. *J. Geophysical Research*: 92(C13), 14,309-14,322.
- De la Cuadra, T. 1999. Condiciones Oceanográficas y Meteorológicas en el Océano Pacífico frente al Ecuador en el período 1994-1999. Características Oceanográficas y Pesqueras en el Ecuador durante 1994-1999. *Boletín Especial*. 156 pp.
- Enfield, D. 1980. El Niño: Pacific Eastern boundary response to interannual forcing, in *Resource Management and Environmental Uncertainty*, edited by M. Glantz and D. Thompson, 213-254 pp, John Wiley, New York.
- Fiedler, P. 1992. Seasonal climatologies and Variability of eastern Tropical Pacific surface waters. Technical Report. NOAA. EEUU. NMFS 109. XXX pp.
- Journel, A. y M. Alfaro. 1974. Introducción a la práctica de la geoestadística. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid. XX pp.
- Lagos, P., D. Hansen and A. Herman. 1991. Climatological Atlas of the subsurface Thermal Structure of the eastern Tropical South Pacific Ocean. Technical Report. NOAA. EEUU. ERL 444 – AOML 34. XXX pp.
- Moreano, H.L. 1983. Interacción Océano – Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. *Acta Oceanográfica del pacífico*. INOCAR, Ecuador, 2(1), 4pp.
- Regalado, J. 1992. Atlas meteorológico del mar ecuatoriano 1971-1991. Instituto Oceanográfico de la Armada. Ecuador. XXX pp.
- Reynolds, R. 1982. A Monthly average climatology of sea surface temperature. Technical Report. NOAA. EEUU. NWS 31. XXX pp.
- Scheffler W. 1981. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano, S.A. Massachussets, E.U.A. 267 pp.