

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL MAR EN LAS ESTACIONES 10 MILLAS COSTA AFUERA DE MANTA Y LA LIBERTAD DE INOCAR, PARA LOS AÑOS 1992-2014.

Mariela González-Narváez ⁽¹⁾
Isabel García-Arévalo ⁽¹⁾

RESUMEN

El monitoreo de la temperatura del mar a nivel superficial y subsuperficial es de suma importancia debido a que a través de éste se puede contribuir al estudio de los procesos físicos del océano que afectan las costas ecuatorianas. En el presente estudio se utilizaron los datos de los parámetros oceánicos temperatura superficial del mar en las profundidades estándar monitoreadas con el CTD (Conductivity Temperature Depth), a fin de determinar la pertinencia en el uso de su serie como variables de entrada para la predicción de eventos ENOS. Se realizó un análisis descriptivo de las series de temperatura, obtención de climatología y anomalías, correlaciones cruzadas y análisis de densidad espectral para relacionarlos con los índices Niño regionales. En los dos últimos análisis se identificaron correlaciones positivas con los índices siendo la temperatura a 50 metros la más alta con respecto a la primera componente temporal de las variables estudiadas; así mismo un ciclo de ocurrencia aproximado al de los índices regionales utilizando el periodograma.

Palabras Claves: Estaciones fijas, temperatura superficial del mar, control de calidad, ENOS

ABSTRACT

The monitoring of the sea surface temperature and subsurface layers is highly important due to its contribution to the study of physical process of the ocean, the same that affects Ecuadorian coast. In this study oceanic parameters such as sea temperature at standard depths measured with the CTD to demonstrate the potential use as input variables to be used in forecast models of ENSO events. This was done by doing a descriptive analysis of the temperature series, obtaining the climatology and anomalies to perform cross correlations and spectral density analysis. In the last two analyses it was identified positive correlations between the temperature and the El Niño indices, registering 50 meter temperature correlation as the highest. Furthermore the cycle of occurrence of the El Niño indices almost matches the ones from the subsurface temperatures using the periodogram hamming.

Keywords: Permanent stations, Sea surface temperature, quality control, ENOS

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5949 Guayaquil-Ecuador

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la temperatura del mar a nivel superficial y sub-superficial 10 millas costa afuera es de gran importancia debido a que a través de este se puede contribuir al estudio de los procesos físicos del océano que afectan las costas ecuatorianas, siendo un aporte a la investigación de los procesos internos en las capas oceánicas, la hidroacústica, dinámica poblacional y desplazamiento de sustancias contaminantes en el Océano; así como en los procesos de interacción océano-atmósfera como los eventos El Niño Oscilación del Sur (Zambrano, 2009).

Estos eventos son productos del desplazamiento de una masa de agua caliente desde el Pacífico Oeste hasta el Pacífico Este. Las ondas Kelvin son las responsables de este transporte desde el Pacífico occidental hacia el oriental y a las mismas se le atribuye el origen de las condiciones anómalas propias del Niño (Zambrano et al., 1986). Durante los eventos ENOS fuertes pasados la propagación de la onda ha generado intensas anomalías de temperatura superficial del aire y del mar (Zambrano, 1986). Estos eventos se han caracterizado por calentamiento subsuperficial, el mismo que produce niveles anómalos de profundización de las isotermas (Zambrano et al, 2000); debido a que las señales de calentamiento o enfriamiento del trópico están ampliamente confinadas sobre unos cuantos cientos de metros en la columna de agua (Willis et al., 2004). De ahí la importancia de monitorear la temperatura del mar en la columna del agua.

El objetivo principal del presente estudio es relacionar el comportamiento de la temperatura del mar con la ocurrencia de eventos de variabilidad interanual como el estudio de los eventos El Niño Oscilación del Sur., evaluando su potencial predictivo para determinar el curso de un evento ENOS (McPhaden, 2003)

DATOS Y MÉTODOS

Para este análisis la data usada proviene de las estaciones fijas del Instituto Oceanográfico de la Armada, las mismas que se detallan en la Tabla 1 con sus respectivas ubicaciones geográficas:

Tabla 1 Ubicaciones geográficas de las estaciones 10 millas de monitoreo INOCAR y coordenadas SODA

Estaciones Costeras			
Lugar	Fuente	Latitud	Longitud
Manta	CTD	00°52'47.994" S	80°49'47.994W
Libertad	CTD	02°04'48"S	81°05'24"W
Manta	SODA	00°45'00" S	80°45'00W
Libertad	SODA	02°15'00"S	81°45'00"W

Los datos obtenidos de las mediciones 10 millas costa afuera son tomados con un CTD (Conductivity Temperature Depth) que mide conductividad, temperatura, y presión entre sus parámetros principales. Los parámetros oceanográficos utilizados en este estudio corresponden a la temperatura del mar a diferentes profundidades estándar (0-10, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100).

Para estimar los valores detectados como anómalos y los datos faltantes presentes en la serie de datos para las estaciones de Manta y La Libertad, se empleó el método de interpolación P C H I P – Piecewise Cubic Hermite Interpolating Polynomia, éste es un método de interpolación que preserva la monotonicidad y forma que presentan los datos; se caracteriza por enlazar cada par de puntos conocidos mediante un polinomio cúbico diferente. Este método es empleado en series que presentan un comportamiento curvilíneo, como es el caso del parámetro Temperatura del Mar, figura 1 izquierda.

Se interpolaron las series de cada una de las profundidades estándar de cada estación. En promedio por cada profundidad de cada estación se interpoló el 30% de los datos, figura 1 derecha.

Para determinar si el método de interpolación empleado era el adecuado manteniendo el

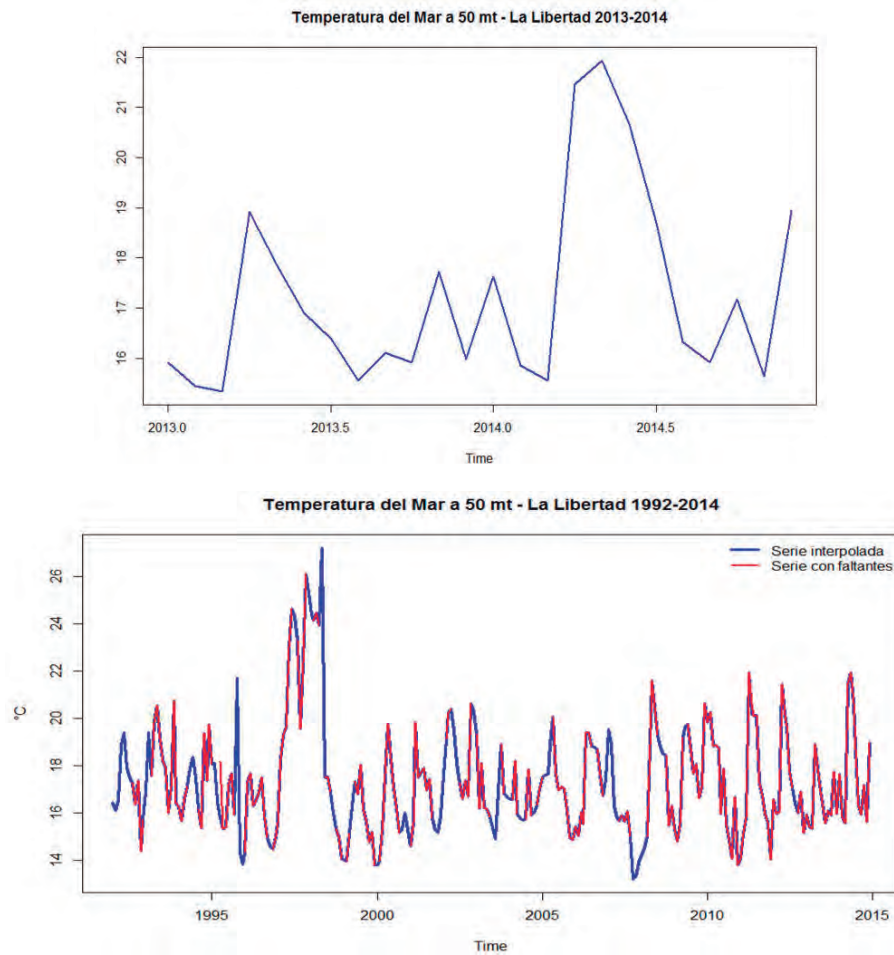


Figura 1 Serie mensual de la temperatura del mar en la estación La Libertad, para los años 2013-2014 (izquierda) y serie final interpolada 1992-2014 (derecha).

comportamiento natural de la serie de datos y para detectar si existen cambios en la serie al identificar aquellos años cuyo valor de temperatura es diferente al patrón, se empleó la herramienta de control de procesos denominada Cartas de Control. Se emplearon los gráficos de control de Shewhart para determinar cuanta

variación se puede esperar que ocurra alrededor del valor objetivo central T , se fijan bandas de confianza - bandas de control de $T \pm 3\sigma$, que son líneas que representan límites de un 99% de confianza.

Se realizaron las cartas para la Media-Rango en la que se grafica el valor de la temperatura

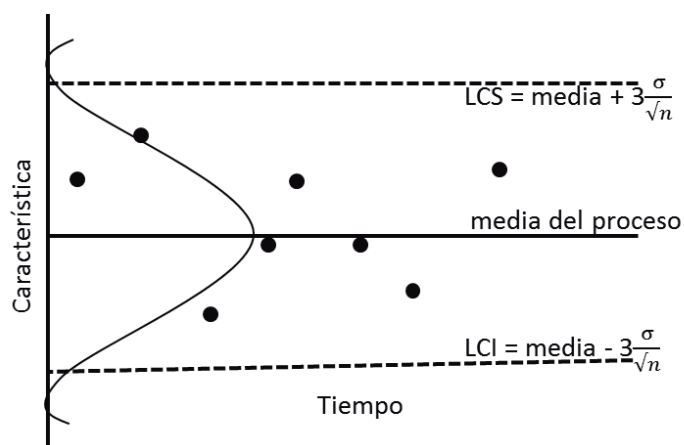


Figura 2. Gráfica de control de Medias

promedio anual. Adicionalmente se realizaron y graficaron las correlaciones cruzadas entre la temperatura a profundidades estándar y los índices Niño regionales. Seguido del análisis de densidad espectral, con el cual se graficaron periodogramas de ventaneo haming para cada profundidad y poder compararlas con los ciclos de ocurrencia de los eventos ENOS (Emery& Thomson, 2004; Matlab, 2013).

RESULTADOS
Análisis exploratorio de los datos

Las profundidades estándar más superficiales consideradas desde los 0 a 20 m se caracterizan por contener los más altos valores de temperatura registrados en la columna de agua, así como la temperatura promedio más elevada. Las profundidades sub-superficiales entre los 30 a 50 m.son las que presentan los valores de

Tabla 2 Estadística descriptiva por profundidades estándar según la estación

Estación por profundidad		Estadísticos Descriptivos											
		Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	SE. Media	CI. Media 95%	Varianza	Desv. Estándar	Coef. Variación	Sesgo	Kurtosis
La Libertad	0 a 10 mt	17,15	28,91	11,76	23,65	23,72	0,12	0,23	3,70	1,92	0,08	-0,21	0,93
	10 mt	18,10	29,07	10,97	24,07	24,17	0,11	0,21	3,09	1,76	0,07	0,02	0,66
	20 mt	15,50	28,92	13,42	22,05	21,91	0,14	0,28	5,76	2,40	0,11	0,11	0,24
	30 mt	14,49	28,88	14,39	19,58	19,91	0,16	0,32	7,12	2,67	0,13	0,65	0,42
	40 mt	14,08	28,84	14,77	17,80	18,39	0,16	0,31	6,87	2,62	0,14	1,04	1,50
	50 mt	13,20	27,20	14,00	16,90	17,34	0,14	0,28	5,69	2,39	0,14	1,22	2,05
	75 mt	12,60	24,39	11,79	15,80	16,14	0,11	0,22	3,51	1,87	0,12	1,41	3,22
Manta	100 mt	9,82	22,80	12,98	15,00	15,13	0,10	0,20	2,98	1,73	0,11	0,85	3,31
	0 a 10 mt	21,12	31,00	9,88	25,12	25,24	0,08	0,17	1,97	1,40	0,06	0,38	1,27
	10 mt	19,19	29,10	9,91	24,92	24,95	0,09	0,18	2,19	1,48	0,06	-0,12	1,11
	20 mt	17,00	29,05	12,05	23,86	23,63	0,12	0,24	4,19	2,05	0,09	-0,66	1,02
	30 mt	15,86	27,96	12,10	21,72	21,48	0,16	0,31	6,81	2,61	0,12	-0,09	-0,55
	40 mt	13,83	27,71	13,88	18,80	19,13	0,16	0,32	7,44	2,73	0,14	0,60	-0,01
	50 mt	13,49	26,37	12,88	17,10	17,72	0,15	0,29	6,09	2,47	0,14	1,15	1,31
	75 mt	13,39	23,98	10,59	15,93	16,42	0,12	0,23	3,72	1,93	0,12	1,59	3,27
	100 mt	11,30	23,40	12,10	15,30	15,56	0,10	0,20	2,78	1,67	0,11	1,84	5,11

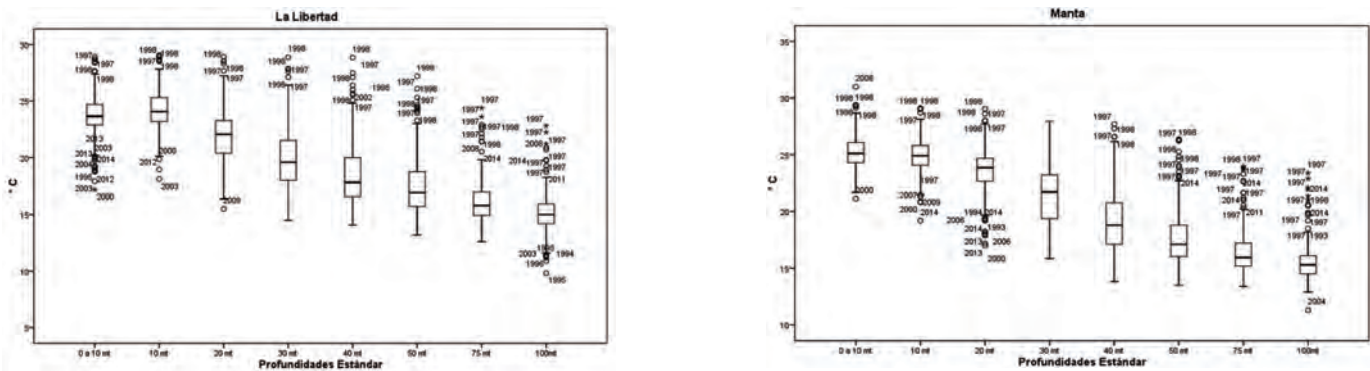


Figura 3. Gráfico Boxplot de la temperatura por profundidad estándar.

rango y variabilidad mayor con respecto a las demás, así como un intervalo de confianza con un nivel de significancia del 0.05 de mayor amplitud con respecto a las otras profundidades. La distribución de los datos en profundidades desde los 75 a 100 m demuestran ser más asimétricas al tener un mayor sesgo positivo, además presentan una forma leptocúrticacon

valores de kurtosis superiores a 3 lo que se evidencia al observar que tienen una distribución más puntiaguda y que sus colas se extienden más que el de una distribución normal estándar, ver figura 4. El análisis del boxplot se caracteriza por detectar la presencia de datos considerados como anómalos dentro del grupo. Al emplear

esta técnica estadística se puede observar que identifica los valores de la temperatura que se registraron en el año 1997-1998 como datos que están fuera del patrón de la serie, como se puede

observar en la figura 3 y como lo indica también las cartas de control figura 5 y 6.

GRÁFICAS DE CONTROL

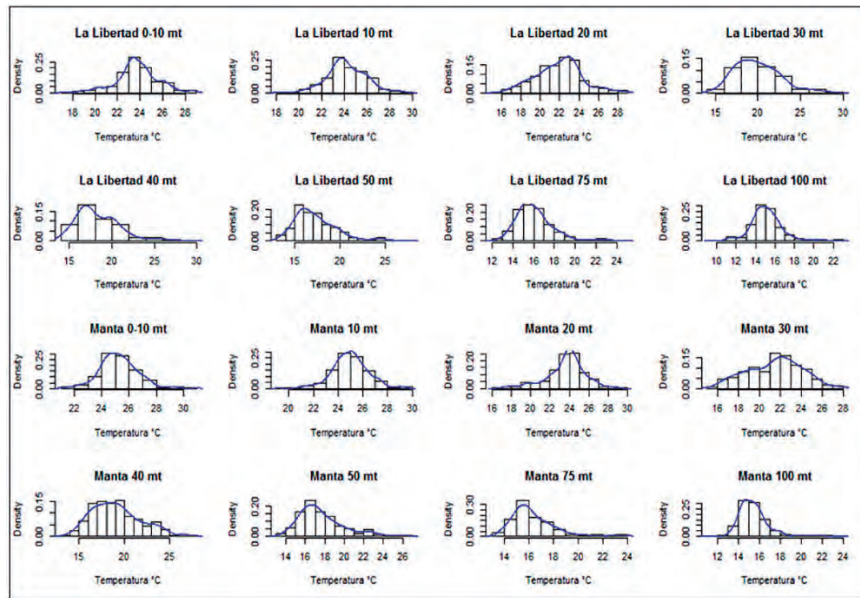
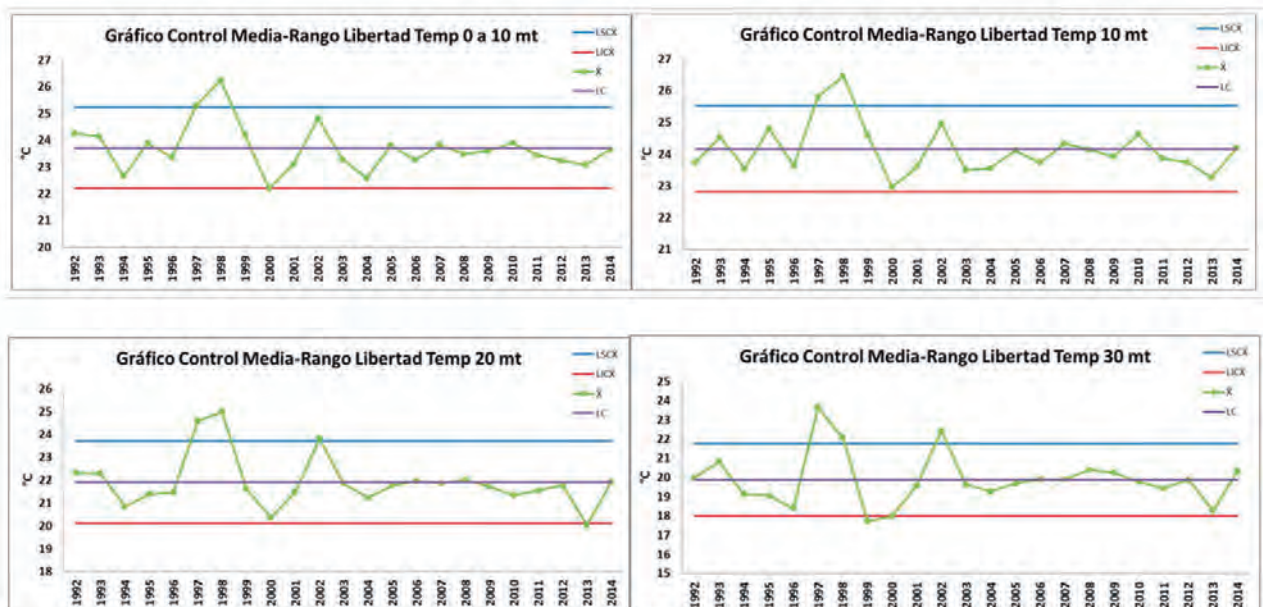


Figura 4 Gráfico de histograma y aproximación a la distribución normal

En la figura 5 al observar los gráficos de control para La Libertad, se observa que los años cuyas mediciones de temperatura exceden las líneas de control superior e inferior son las mediciones correspondientes a los años 1997, 1998, 1999,

2002, años considerados como eventos Niños y Niñas de gran magnitud y permanencia según el Oceanic Niño Index – ONI.

Se observan mediciones que se posicionan sobre las bandas de confianza como es el caso



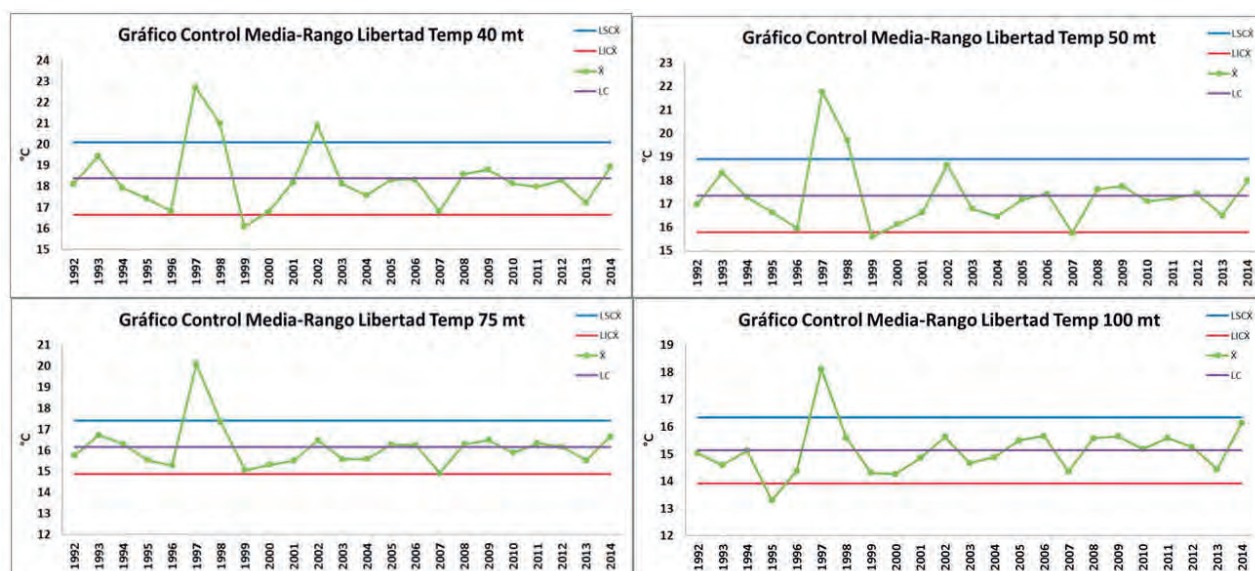
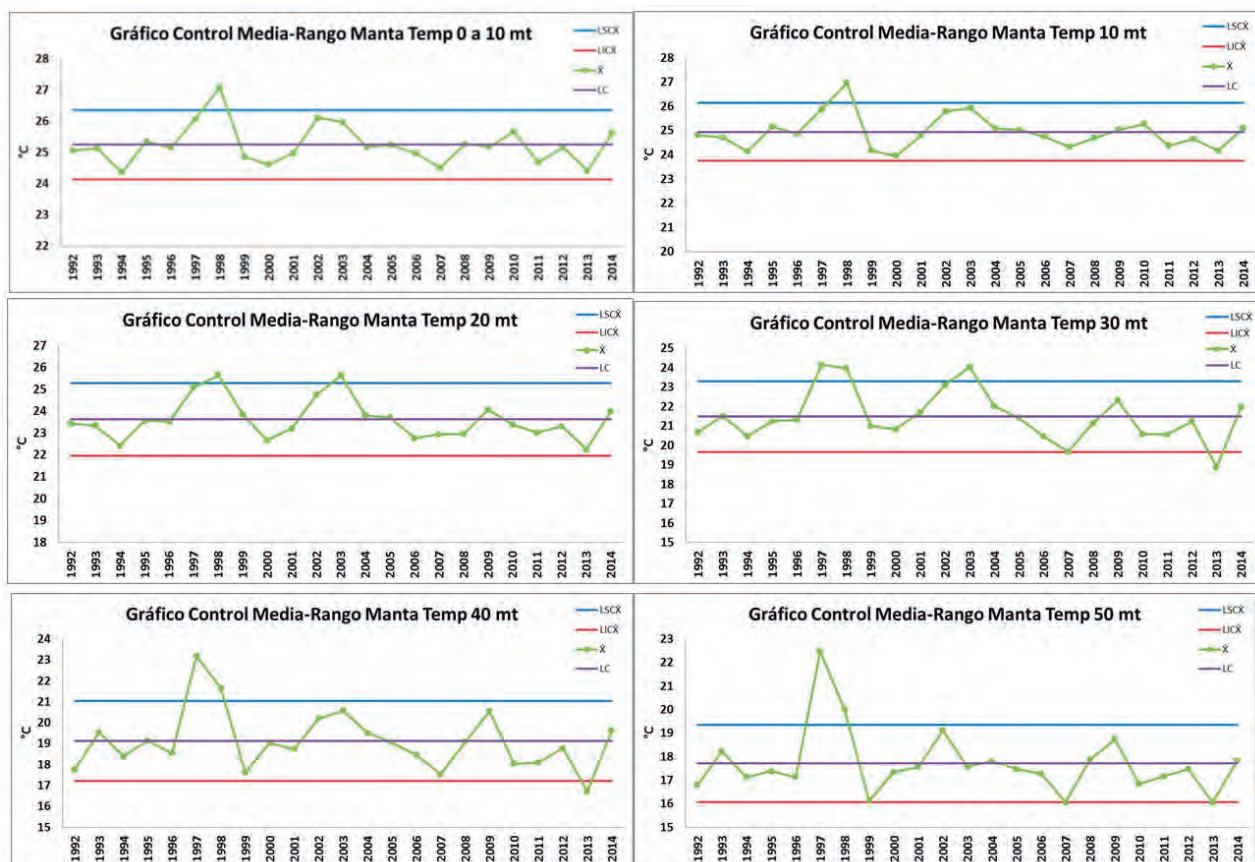


Figura5. Gráficas de control de la temperatura en las profundidades estándar de Libertad

de los años 1996, 2000, 2007, 2013 considerados como años en que acontecieron eventos ENOS, sean estos de condiciones cálidas o frías según el ONI y se evidencia de igual modo con lo ocurrido en el perfil costero. Para el caso de la estación de Manta figura 6, se tiene un

comportamiento similar al observado en la Libertad; en ambas estaciones se observa que es a la profundidad de 50 m donde se hacen evidentes los eventos ENOS considerados relevantes en los últimos 20 años.

ANOMALÍAS



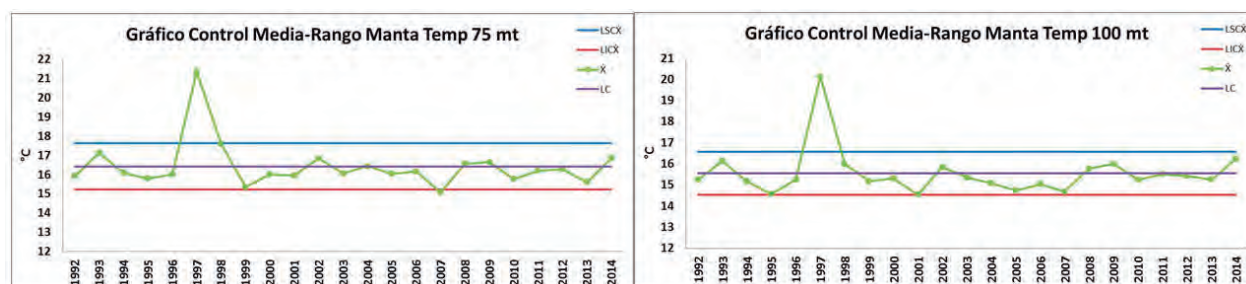


Figura 6. Gráficas de control de la temperatura en las profundidades estándar de Manta

La serie de diez millas inicia en el año 1992, de la que se obtiene la climatología correspondiente a los últimos 23 años; para la obtención de las anomalías de la temperatura para cada profundidad estándar de cada estación, se procede a estandarizar la variable con la finalidad de aproximar la serie de datos a una distribución normal que esté centrada en un punto en común y reducir la variabilidad presente en los datos y de esta manera poder comparar la incidencia de la temperatura entre las dos estaciones.

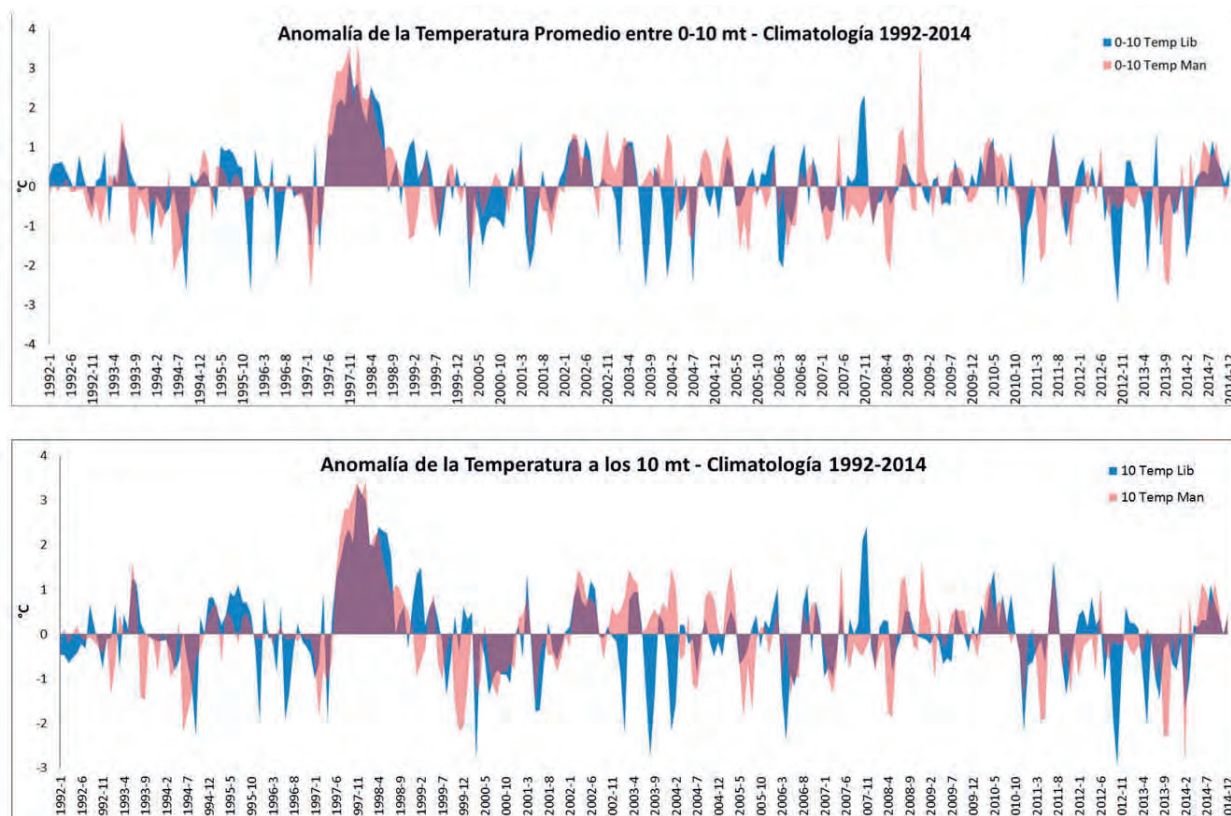
Se estandariza cada valor restando su respectiva media mensual (normal de los últimos 23 años) y se divide para su respectiva desviación estándar del mes

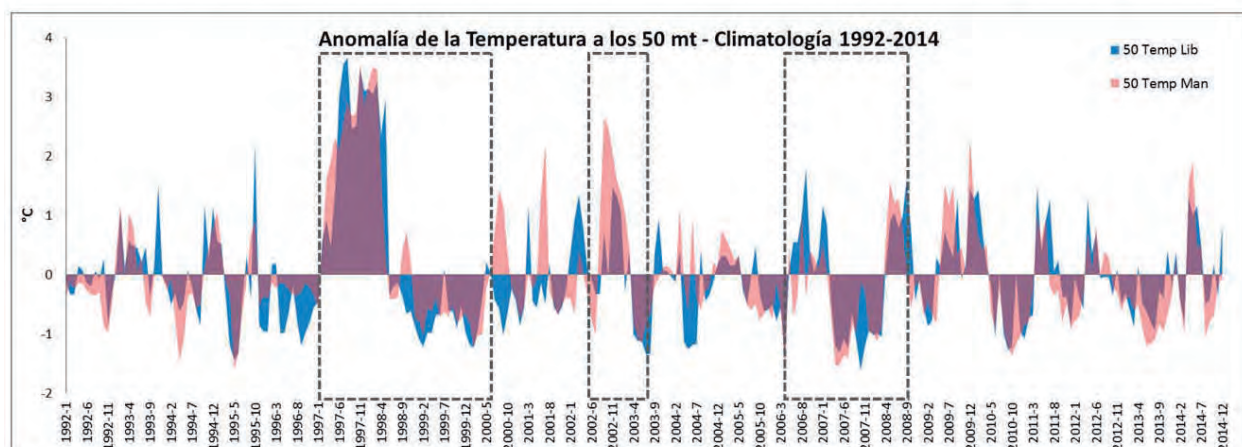
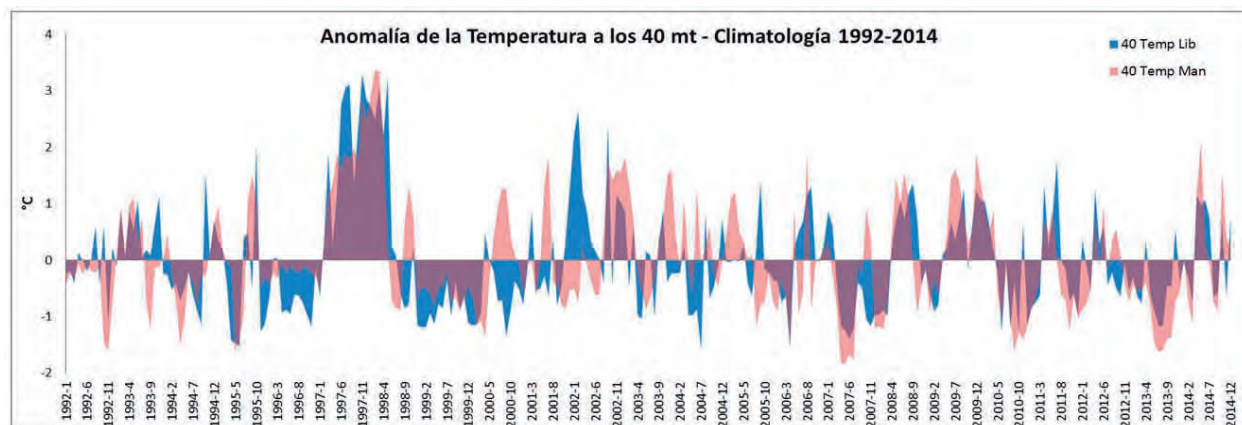
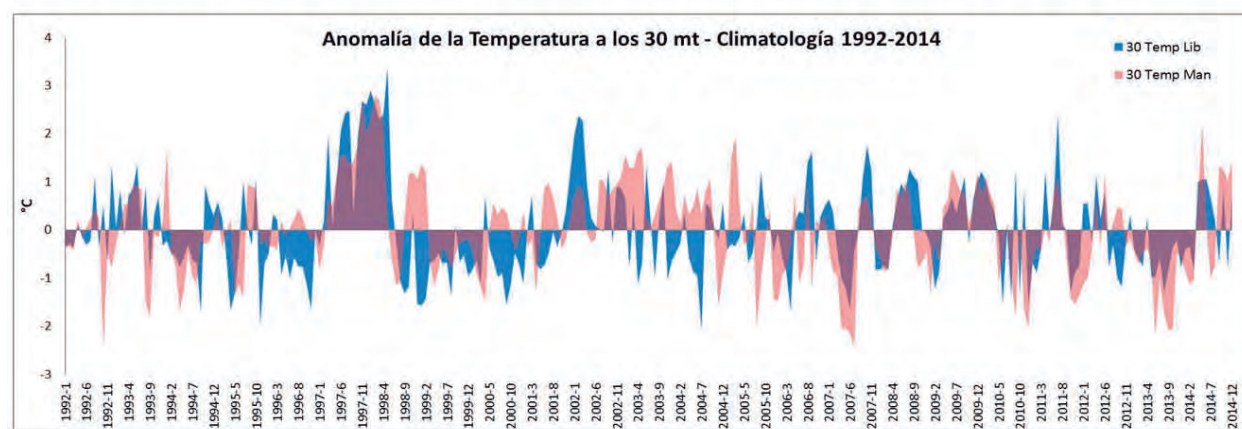
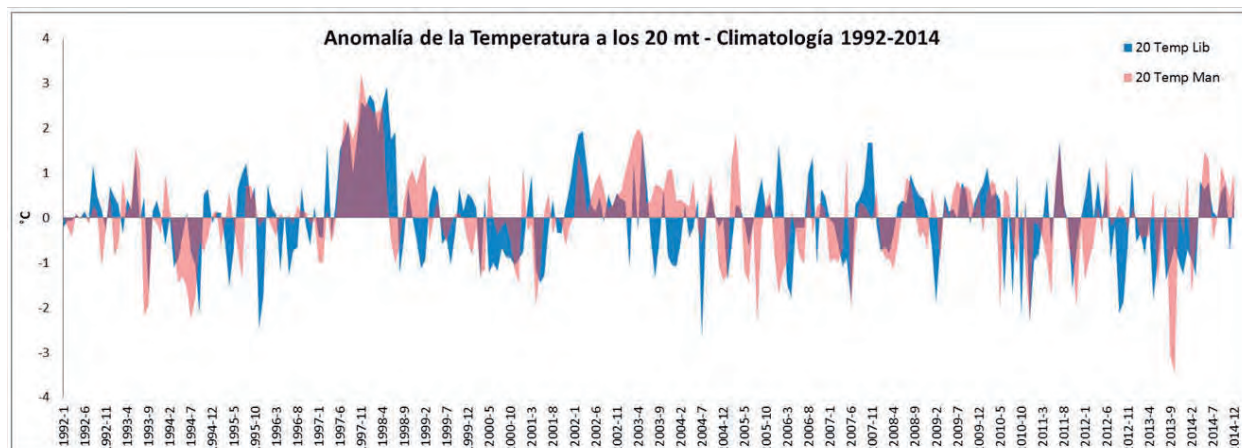
Cada una de las variables mencionadas registra

$$Z_i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i}; \text{ siendo } i \leq 12 \text{ el mes analizado}$$

valores anómalos en los años en que acontecieron eventos ENOS, sean estas condiciones cálidas o frías en el perfil costero.

En la figura 7, el diagrama de las anomalías





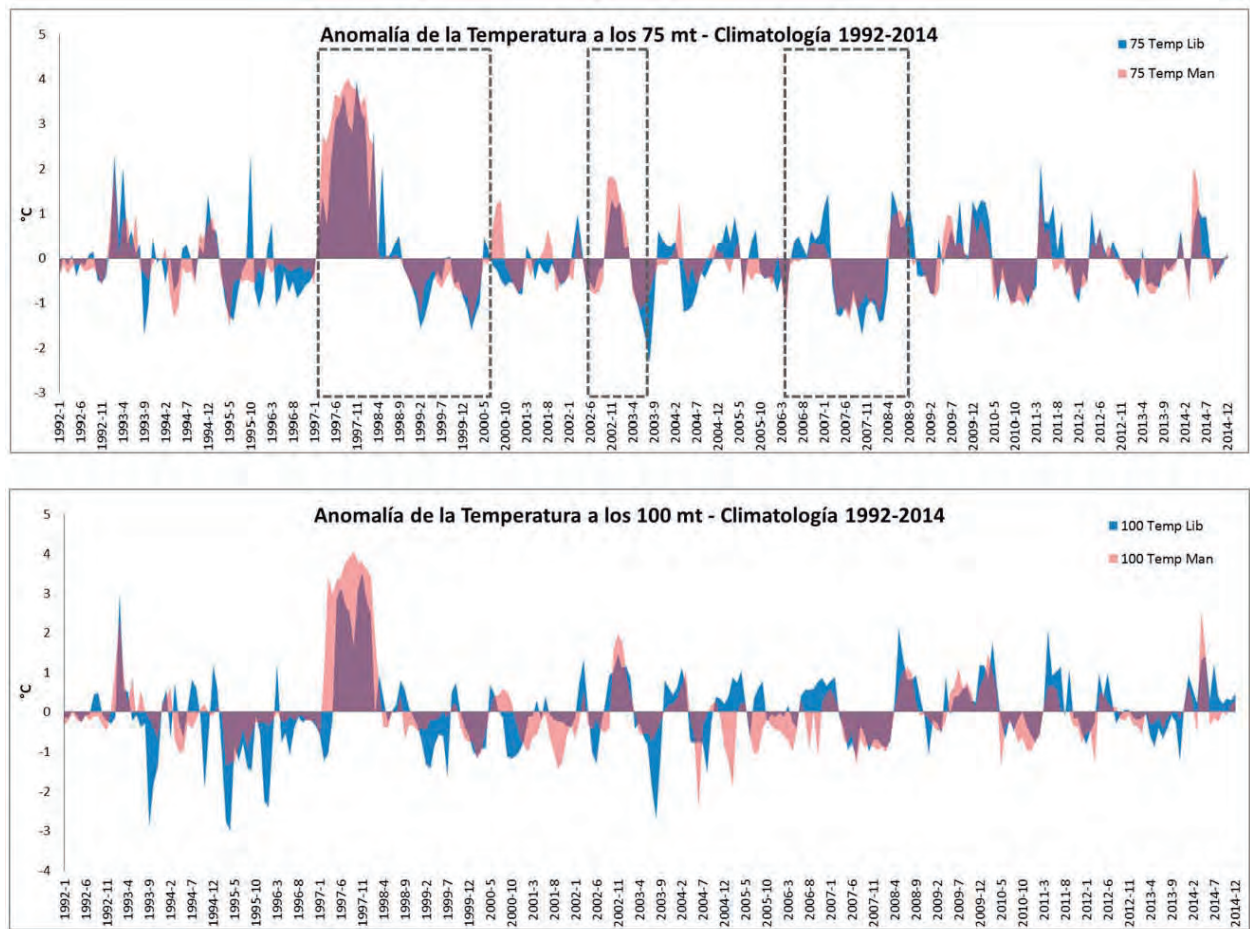


Figura 7. Gráfico de anomalías de temperatura en las profundidades estándar.

muestra claramente la variación interanual y se observa con más detalle la magnitud y permanencia de los eventos. Desde el último evento fuerte de 1997-98 se puede observar que la ocurrencia de eventos cálidos ha disminuido y que la periodicidad de eventos cálidos y fríos no se pueden distinguir con claridad, cambiando su ciclo normal de 2-7 años. Se observa que a nivel subsuperficial 50 y 75 m., se identifica de mejor manera la magnitud y permanencia de los eventos que fueron relevantes en el perfil del litoral ecuatoriano como es el caso del ocurrido en el año 1997-1998, se observa una menor oscilación con respecto a las otras profundidades, se puede observar que durante los eventos cálidos es la estación de Manta la que presenta anomalías de mayor amplitud, mientras que para eventos fríos lo refleja la

estación de La Libertad.

A diferencia de los eventos cálidos, los eventos fríos parecen haber aumentado su frecuencia en los últimos 10 años.

Se evidenció la existencia de una alta relación lineal con un nivel de significancia de 0.01 entre las anomalías estandarizadas de la temperatura del mar del perfil costero en Manta y La Libertad con las anomalías estandarizadas de los índices regionales N1+2, N3, N3.4, siendo a nivel subsuperficial entre los 50 y 75 m. donde se encontraron las más altas correlaciones lineales llegando a tener valores alrededor de 0.7 con la región N1+2 y N3 como se detalla en la tabla 3.

Al obtener las correlaciones lineales para cada

Tabla 3 Coeficiente de Correlación de Pearson

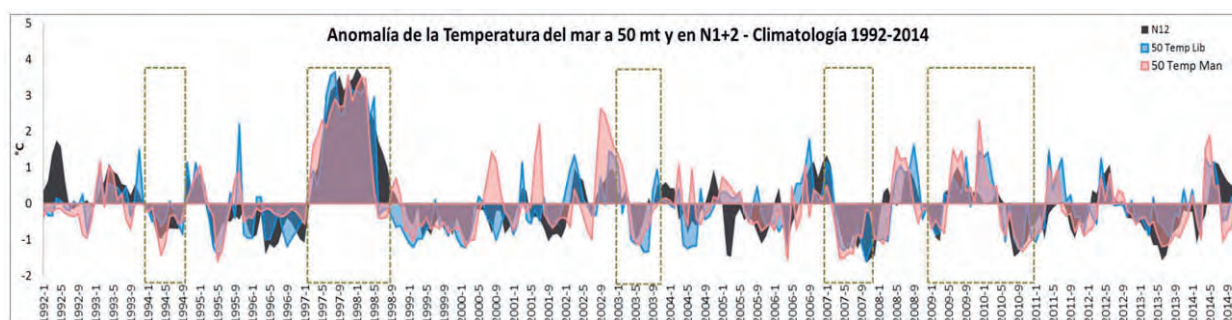
Estación según profundidad		Coeficiente de Correlación			
		N12	N3	N34	N4
La Libertad	0 a 10 mt	,449**	,365**	,248**	,120*
	10 mt	,457**	,334**	,202**	,079
	20 mt	,512**	,441**	,312**	,201**
	30 mt	,585**	,586**	,451**	,311**
	40 mt	,696**	,696**	,545**	,367**
	50 mt	,768**	,759**	,594**	,381**
	75 mt	,706**	,688**	,547**	,351**
	100 mt	,535**	,522**	,381**	,227**
Manta	0 a 10 mt	,570**	,500**	,372**	,202**
	10 mt	,577**	,521**	,408**	,253**
	20 mt	,425**	,432**	,356**	,220**
	30 mt	,460**	,517**	,446**	,314**
	40 mt	,600**	,631**	,519**	,349**
	50 mt	,689**	,692**	,559**	,361**
	75 mt	,732**	,705**	,562**	,354**
	100 mt	,658**	,605**	,473**	,280**

** . La Correlación es significativa al 0.01 nivel de significancia (2-tailed).

* . La Correlación es significativa al 0.05 nivel de significancia (2-tailed).

año de la serie, se observa que no en todos los años las correlaciones son significativamente altas, como es el caso de los años donde no se evidenció un evento de impacto fuerte en el perfil ecuatoriano respecto con el anunciado en las regiones Niño; mientras que en los eventos fuertes como el ocurrido en el año 1997-1998 las correlaciones lineales con las regiones Niño en las dos estaciones están por arriba de 0.8, siendo la estación de La Libertad la que presenta valores más significativos; el año 1994 presenta correlaciones lineales significativas para las regiones N1+2 y N3, para el año 2003 Manta presenta las más altas correlaciones lineales por encima de 0.71 en las tres regiones Niño, siendo en La Libertad solo la región N1+2 con la que

presentó correlaciones cercanas a 0.7; para el año 2006 existen correlaciones lineales significativas pero es la región N3 la que mejor se asocia La Libertad; 2007 presenta correlación lineal de las tres regiones niño con La Libertad y con Manta solo N3; el 2008 se asocia solo La Libertad con N3 significativamente, 2009-2010 se relaciona altamente las dos estaciones del perfil costero con las tres regiones Niño; a continuación se puede observar el comportamiento de asociación lineal entre los eventos de las estaciones del perfil costero comparadas con las de las regiones Niño, enmarcados están los años de correlación significativa.



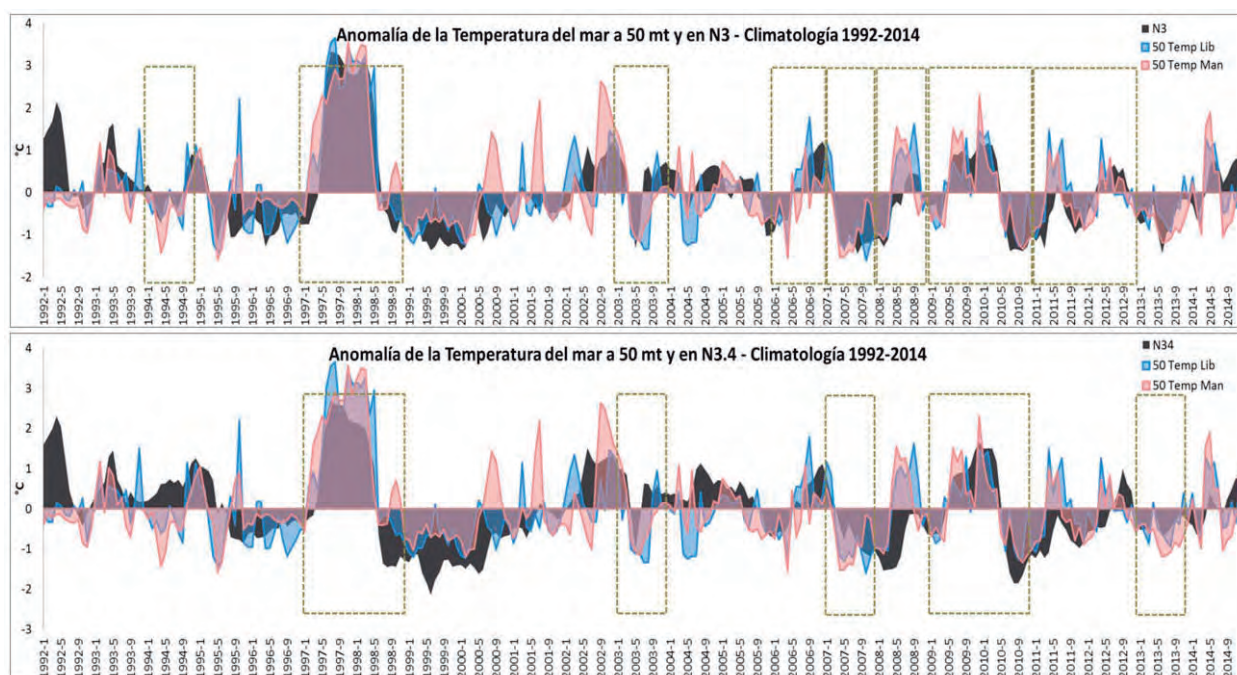


Figura 8. Gráfico de anomalías de temperatura del mar a 50 mts de las estaciones de La Libertad y Manta, y las regiones Niño N1+2, N3 y N3.4.

CORRELACIONES CRUZADAS

A continuación se muestran las correlaciones cruzadas entre los índices regionales Niño y la temperatura a profundidades estándar. En la figura 9 se encuentran las correlaciones cruzadas de la estación 10 millas de La Libertad, todos los coeficientes más altos del análisis de correlaciones cruzadas resultaron positivos. Con el índice Niño 1+2 la temperatura de los niveles 10, 20 50 y 75 metros no presentó retardos, mientras que la temperatura a 30, 40 y

100 presentan un adelanto con respecto al índice regional en cuestión, siendo la temperatura a 50 metros la que mayor coeficiente de correlación presentó. Así como en el caso del índice Niño 3 la temperatura de 50 m fue la que registró un mayor coeficiente sin desfase junto a los niveles de 20, 30, 40 y 75 m, mientras que la temperatura de 100 m registra un adelanto de un mes y la de 10 m un adelanto de dos meses. En ambos índices la máxima correlación estuvo cercana a 0.8.

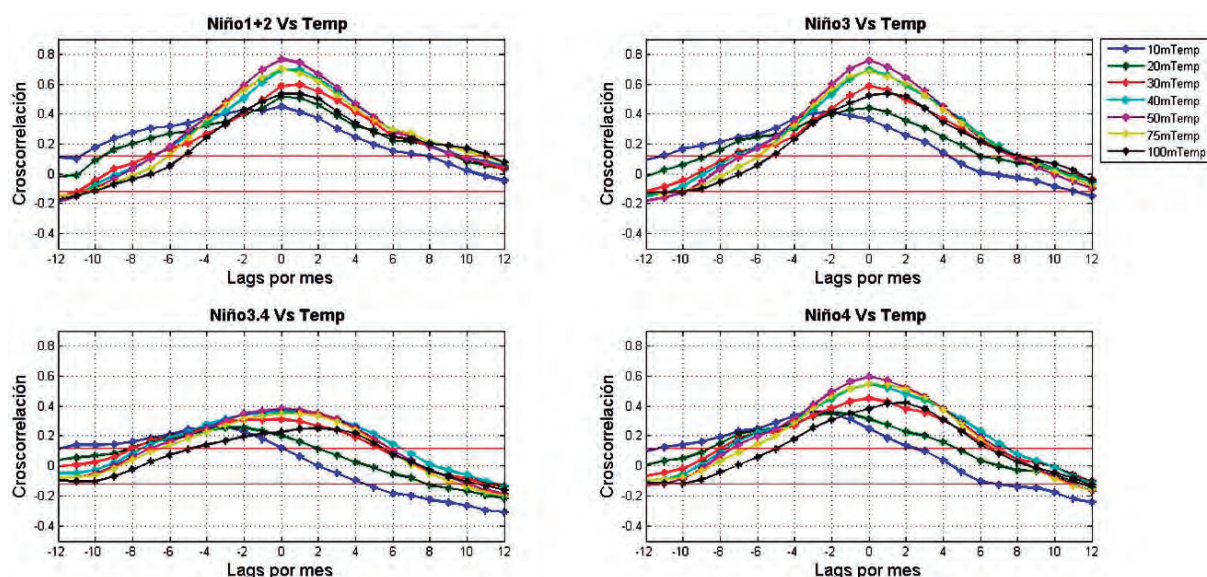


Figura 9. Correlación cruzada entre los índices Niño regionales y la temperatura estándar de las estación de Libertad

Sin embargo para los índices Niño 4 y Niño 3.4 los coeficientes de correlación se encontraron inferiores a 0.4 y 0.6 respectivamente. En el Niño 4 los niveles de 30, 40, 50 y 75 m registraron valores similares y sin desfases. La temperatura a 100 m fue la única en presentar un desfase positivo de dos meses. Los niveles de 10 y 20 presentaron un desfase negativo de 4 y 2 meses respectivamente. El mismo patrón de desfases se repite con Niño 3.4 con una diferencia de una fase menos con la temperatura a 10 m.

Un comportamiento ligeramente diferente se registró en la estación 10 millas de Manta, todos los coeficientes más altos del análisis de

correlaciones cruzadas resultaron positivos pero los coeficientes y retardos varían. Con el índice Niño 1+2 la temperatura de los niveles 20, 30, 40, 50 y 75 metros no presentó retardos, mientras que la temperatura a 10 m presenta un retardo de un mes y la temperatura a 100 m un adelanto con respecto al índice regional en cuestión, obteniendo un mayor coeficiente el nivel de 75 m. En el caso del índice Niño 3 la temperatura de 50 y 75 m fue la que registró un mayor coeficiente y sin desfase junto a los niveles de 20, 30, 40 y 75, mientras que la temperatura de 100 m registra un adelanto de dos meses y la de 20 y 10 m un adelanto de uno y dos meses respectivamente.

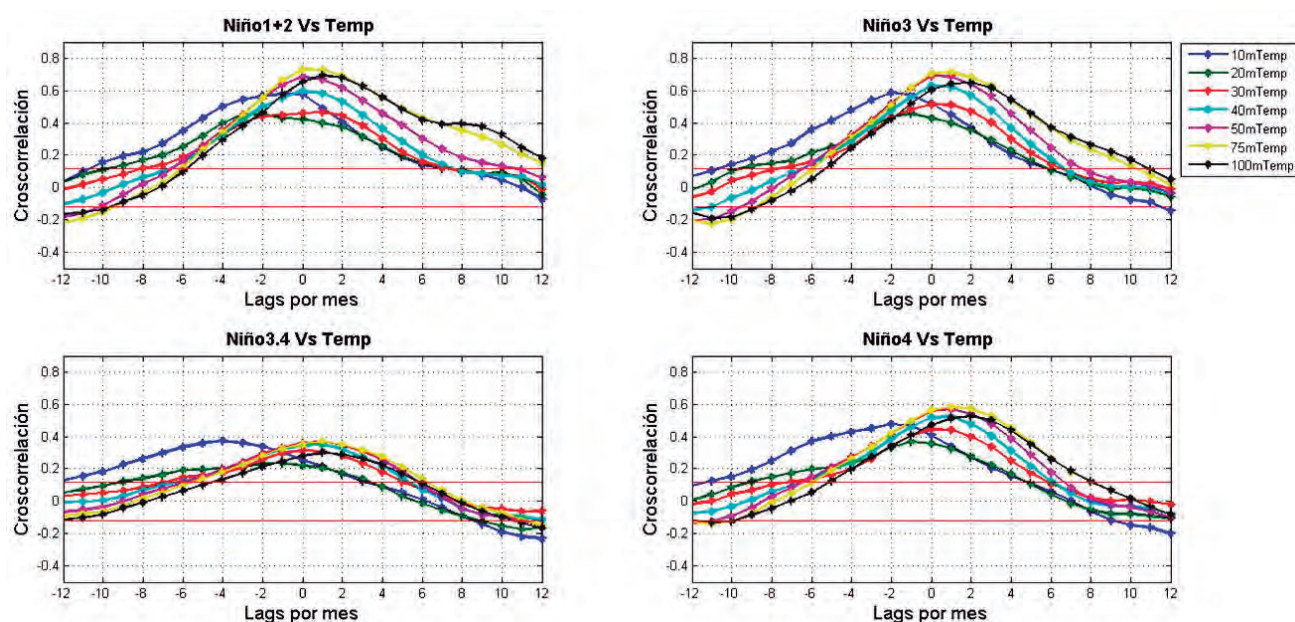


Figura 10. Correlación cruzada entre los índices Niño regionales y la temperatura estándar de las estación de Manta

Sin embargo para los índices Niño 4 y Niño 3.4 los coeficientes de correlación se encontraron inferiores a 0.4 y 0.6 respectivamente. Con el Niño 4 los niveles de 30, 40, 50 y 75 registraron valores similares con desfases positivos de un mes. La temperatura a 10 m fue la única en presentar un retardo de cuatro meses. El nivel de 20 m no presentó desfase. El mismo patrón de desfases se repite con Niño 3.4 con la diferencia de que con la temperatura a 10 m el desfase de

dos meses negativos y el nivel a 100 m presenta un adelanto de dos meses.

ANÁLISIS DE DENSIDAD ESPECTRAL

A continuación se encuentran representadas la máxima proporción de varianza por frecuencia normalizada en los gráficos de periodograma 11 y 12, junto con los ciclos de ocurrencia de cada serie en la tabla 4 (Matlab, 2013).

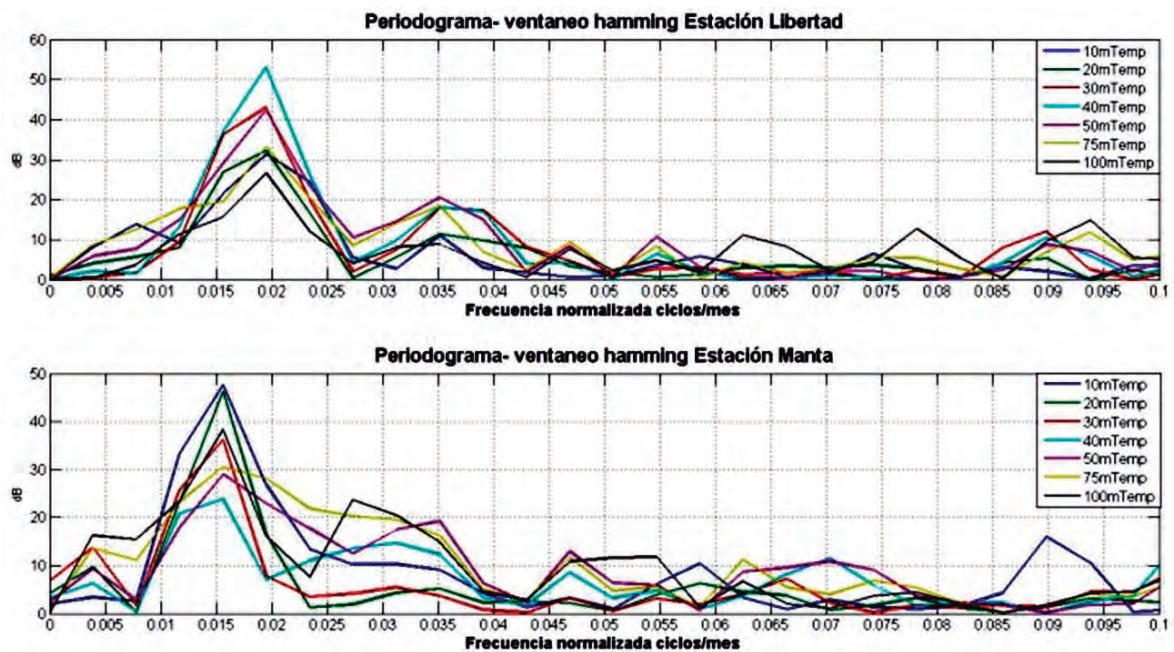


Figura 11. Gráfico de periodograma con ventaneo hamming de las series de temperatura a profundidades estándar de datos monitoreados con CTD y con datos asimilados SODA.

En la figura 11 se observan los gráficos de periodograma de las estaciones de Libertad y Manta. Se puede observar que la frecuencia normalizada de las anomalías de temperatura de la estación de Manta no es la misma que la presentada en Libertad. Las series con mayor amplitud son temperatura a 40 m en Libertad y temperatura a 10 y 20 m en Manta. La serie de 75 m de la estación de Manta es la única que no tiene definido el valor máximo de proporción de

varianza, lo que indica que presenta la señal de otro proceso oceánico. En la figura 12 podemos ver que el periodograma de las series de SODA presentan frecuencias similares por estación siendo la temperatura a 10 m la que posee mayor amplitud en ambas estaciones. El ciclo de ocurrencia de la máxima proporción de varianza de las anomalías de temperatura es la misma para todas las profundidades en ambas estaciones con los datos asimilados SODA.

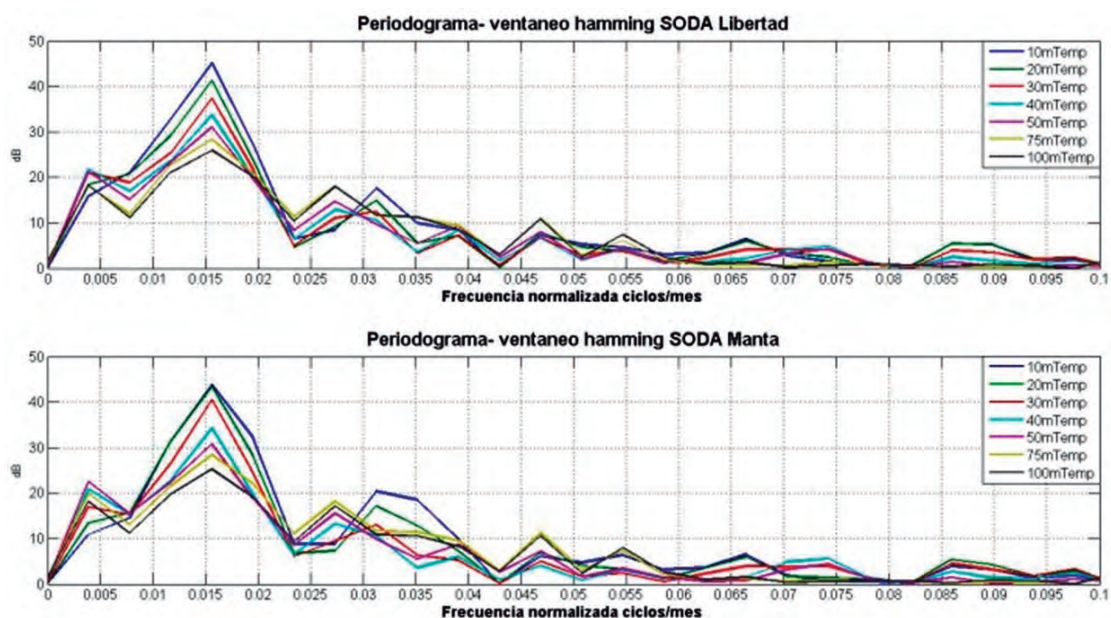


Figura 12. Gráfico de periodograma con ventaneo hamming de las series de temperatura a profundidades estándar de datos monitoreados con CTD y con datos asimilados SODA.

Tabla 4 Resultados del análisis de densidad espectral de las series de las Estaciones costeras monitoreadas con CTD y con los datos asimilados SODA.

	CTD	Temp 10m	Temp 20m	Temp 30m	Temp 40m	Temp 50m	Temp 75m	Temp 100m
Libertad	Amplitud	31.398	32.202	43.027	53.092	42.396	33.135	26.630
	Frecuencia	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	Ciclo	4.267	4.267	4.267	4.267	4.267	4.267	4.267
Manta	Amplitud	47.612	46.290	36.262	23.861	29.008	30.551	38.359
	Frecuencia	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	Ciclo	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333

	SODA	Temp 10m	Temp 20m	Temp 30m	Temp 40m	Temp 50m	Temp 75m	Temp 100m
Libertad	Amplitud	45.127	41.292	37.335	33.696	31.034	28.260	26.000
	Frecuencia	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	Ciclo	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333
Manta	Amplitud	43.806	43.444	40.535	34.288	30.746	28.430	25.254
	Frecuencia	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	Ciclo	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333

En la tabla 4 se puede observar que el ciclo de ocurrencia de la máxima proporción de varianza de las series de temperatura a profundidades estándar en las estaciones 10 millas de La Libertad y Manta, monitoreadas con CTD y asimiladas con SODA, estuvieron entre 4.2 y 5.3 años. La serie de temperatura de Libertad de CTD no coincide con los datos asimilados de SODA, teniendo los datos asimilados un mayor ciclo que coincide con el presentado por Niño 1+2 y Niño 3 en Perugachi et al (2014). Cabe destacar que esta señal fue la más significativa por lo que se puede concluir que las anomalías de temperatura en la columna de agua presentan la señal de variabilidad interanual propia de los eventos ENOS.

CONCLUSIONES

En el perfil costero son las profundidades subsuperficiales de 50 y 75 mts las que mejor representan los eventos cálidos y fríos al observar la amplitud y permanencia que reflejan. Siendo la estación de La Libertad la que mejor representa los eventos fríos, mientras que para los eventos cálidos mejor lo representa Manta.

Los eventos ENOS manifestados en las regiones Niños no siempre reflejan la misma influencia en el perfil costero, como lo indica las correlaciones lineales obtenidas de forma anual; se tienen años en las que las correlaciones son altamente significativas con un nivel de significancia del 0.01 y otros años donde no se refleja esta asociación lineal. La profundidad de los 50 mt presenta la más alta correlación lineal con los índices regionales niño N1+2 y N3 al presentar valores cercanos a 0.8. La señal de la temperatura del mar a 50 mts en las estaciones de Manta y La Libertad no presenta desfase respecto a la señal de las regiones Niño.

La estación de Manta presenta el mismo ciclo de ocurrencia del evento, como lo refleja los índices regionales niño y los datos asimilados SODA para las coordenadas próximas a Manta; sin embargo al comparar La Libertad se observa un ciclo diferente.

Estos nuevos acercamientos tienen el potencial de mejorar la representación de ENOS y enfatizan la importancia de un monitoreo subsuperficial de las condiciones

oceanográficas en el Pacífico Central.

REFERENCIAS

Emery, W. J. & Thomson, R. E. (2004) Data analysis methods for physical oceanography. Chapter 4. Elsevier. London.

George. E, P. Box, William G. Hunter, J. Stuart Hunter (1988) Estadística para Investigadores, introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de modelos. Editorial Reverté, S.A. pp 573

Hernández, F. & Zambrano, E. (2009) Relación entre la temperatura superficial del mar del océano Pacífico Oriental y las precipitaciones en la costa del Ecuador. Acta oceanográfica del Pacífico, vol. 15 N° 1.

McPhaden, M. J., Lee, T. & McClurg, D. (2011) El Niño and its relationship to changing background conditions in the tropical Pacific Ocean. Geophysical research letters, 38, L15709.

Moreano, H., Zambrano, E., Suescum, R. & Paredes N. (1986) El Niño 1982-83, su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta oceanográfica del

Pacífico, vol. 3 N° 1.

Periodogram, Matlab. Periodogram powerspectral, density estimate. [En línea] 2013. <http://www.mathworks.com/help/signal/ref/periodogram.html>.

Perugachi-Salamea, C., González-Narváez, M., Pambabay-Calero, J., García-Arévalo, I., Vargas-Ayala, F., Shigla-Cuji, G. & Nath-Nieto, J. (2014) Caracterización Oceanográfica del perfil costero ecuatoriano a través de métodos estadísticos aplicados a las estaciones fijas de monitoreo del INOCAR, serie a partir de 1981. Acta oceanográfica, vol. 19 N° 1.

Zambrano, E. (1986) El fenómeno del Niño y la oscilación del Sur. Acta oceanográfica del Pacífico, vol. 3 N° 1.

Zambrano, E., Martínez, G. & Garcés-Vargas, J. (2000) Variabilidad oceanográfica en Ecuador asociada con el evento ENSO 1997-98. Acta oceanográfica del Pacífico, vol. 10 N° 1.

Zambrano, L. (2009) Importancia del manejo de datos oceanográficos Acta oceanográfica, vol. 15 N° 1.

