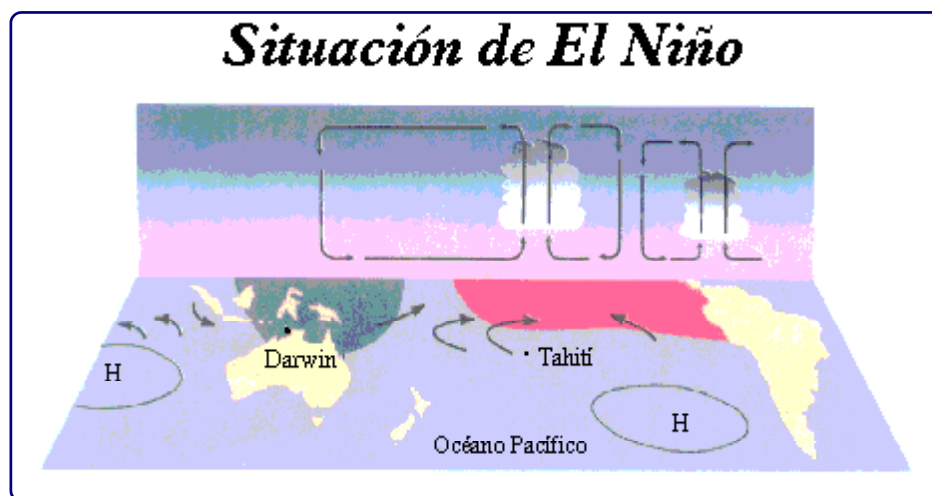


RESPUESTAS DE LAS TEMPERATURAS SUPERFICIAL DEL MAR Y DEL AIRE DE LA CUENCA DEL PACÍFICO COLOMBIANO PRODUCIDAS POR EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR



Daniel Hernández-Deckers, Ph.D.

Postgrado en Meteorología,
Departamento de Geociencias,
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia
dhernandezd@unal.edu.co

Nancy Villegas, Ph.D.

Postgrado en Meteorología,
Departamento de Geociencias,
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia

Igor Málikov, Ph.D.

Postgrado en Meteorología,
Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia

RESUMEN

En búsqueda de predictores de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) para la Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC) se analiza la respuesta de la Temperatura del Aire (Ta) en la región de estudio en relación con el fenómeno de El Niño Oscilación Sur (ENOS) y se compara con la respuesta de la TSM obtenida en un estudio anterior. Ambas series de tiempo presentan las mismas periodicidades que el Índice de Oscilación del Sur (IOS) y la TSM de las regiones Niño3.4 y Niño1+2, mostrando una correlación significativa. La respuesta de la Ta es más lenta que la de la TSM, aunque la correlación es mejor. En ambas series de tiempo de la CPC se presentan retrasos respecto a señales provenientes del IOS y de las regiones Niño, salvo en relación a la región Niño1+2, donde la señal de la componente de 15 años se presenta con adelantos en la CPC.

*Recibido : 03 Marzo 2007 *Aceptado: Septiembre 30 2008

PALABRAS CLAVES

El Niño Oscilación del Sur, Océano Pacífico Colombiano, Series de Tiempo, Temperatura del Aire, Temperatura Superficial del Mar.

ABSTRACT

In search for predictors of the superficial temperature of the sea (STS) for the Pacific Basin the response of air temperature (AT) is analyzed in the regions been studied and in relation to the Niño phenomenon South Oscillation (ENOS), and it is compared with the response of the STS obtained in a previous study. Both series of time present the same periodicities as the Oscillation Index of the South (OIS) and the STS in the regions Niño 3.4 and Niño 1+2, showing a significant correlation. The response of Ta is slower than that of STS, though the correlation is a better one. In both series of time for CPC are retards in relation to the signals coming from IOS and the Niño regions, except for the relation of the region Niño 1+2, where the signal of the component of 15 years shows in advance in the CPC.

KEY WORDS

Niño South Oscillation, Colombian Pacific Ocean, Time series, Air Temperature, Sea Superficial Temperature.

1. INTRODUCCIÓN

Las respuestas de parámetros oceanográficos de una región determinada ante el ciclo El Niño Oscilación Sur (ENOS) pueden ser analizadas a través del estudio detallado de series de tiempo de factores relacionados con procesos océano – atmosféricos, como son la Temperatura del Aire (Ta) y la Temperatura Superficial del Mar (TSM). El estudio de estas series de tiempo a través del análisis espectral se realiza con el propósito de encontrar periodicidades características del ciclo ENOS. Este análisis permite esclarecer las relaciones entre las series estudiadas y comprender la respuesta de ciertos parámetros locales frente al fenómeno ENOS.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), en un informe sobre el ENOS y su impacto en Colombia (IDEAM, 2002), describe su efecto sobre la TSM de dos estaciones costeras (Tumaco y Buenaventura), especialmente durante el evento de 1997-1998. Igualmente el informe presenta un resumen de los efectos sobre la Ta en el territorio colombiano. Pabón (2003) amplía esta información a partir de datos tomados en Tumaco y Buenaventura. Anteriormente, Málikov (1999) realizó un análisis espectral de datos hidrometeorológicos de Tumaco, entre los cuales la anomalía de la TSM mostró la relación de sus periodicidades con las del ENOS. Montealegre (1999) relaciona las oscilaciones de precipitación en el territorio Colombiano con periodicidades propias del ENOS, y más recientemente, Pedraza y Díaz Ochoa (2006) han hallado correlaciones entre la presencia anual de atún en el área de Buenaventura y la TSM en la región Niño 3 del Pacífico ecuatorial, sobre todo durante la ocurrencia de un evento extremo.

Otros trabajos que mencionan los efectos del ENOS sobre la Ta se refieren a su efecto en la zona continental del país (Montealegre y Zea, 1994 ; Pabón et al., 2001), (IDEAM, 2002). Éstos describen básicamente las magnitudes de las anomalías positivas de Ta durante algunos fenómenos ENOS. Susunaga y Gómez (1995) presentan las condiciones de parámetros oceanográficos y meteorológicos después del fenómeno ENOS de 1991-1992, entre ellos la TSM y la Ta, pero en este caso directamente sobre la CPC. Montealegre y Pabón (1992) presentaron resultados similares. Allí se establecieron coeficientes de correlación entre series de tiempo del IOS y de TSM en las estaciones costeras de Tumaco y Buenaventura, considerando algunos desfases, y se realizó un análisis espectral de series de tiempo correspondientes.

Todos estos trabajos presentan únicamente una descripción de las anomalías observadas, ya sea de TSM o de Ta, en relación a algún fenómeno ENOS, pero pocos desarrollan un análisis que vaya más allá de una descripción casi puntual (salvo el de Montealegre y Pabón (1992)). Halpert y Ropelewski (1992) realizaron un estudio más profundo para determinar la respuesta de la temperatura del aire al ENSO a nivel global y observaron que las anomalías positivas o negativas de la temperatura en superficie en el trópico son una respuesta retrasada al calentamiento o enfriamiento de la TSM ecuatorial, principalmente en el Pacífico. Esta respuesta

tiene el mismo signo de la variación de la TSM. Es de esperar que este resultado a escala global se presente de forma similar a nivel más local en la CPC.

No existe, por lo tanto, un estudio completo que permita determinar relaciones específicas entre zonas de la CPC y el ENOS. La principal razón de esto es la falta de datos de la región, especialmente de TSM. Aunque existen datos, éstos no se encuentran completos durante un período de tiempo suficientemente largo, ni tampoco cubren toda el área necesaria. Se han logrado determinar ciertas generalidades de distintas zonas de la CPC a partir de estos datos (Devis et al., 2002), pero un análisis completo en relación al ENOS a partir de ellos es imposible. Se destaca el trabajo de Málikov y Villegas (2005), donde a partir de series incompletas tomadas in-situ por la DIMAR entre 1972 y 2000 y de datos de TSM del puerto de Tumaco se han construido las series de TSM para seis zonas de la CPC. Estas series permiten realizar estudios sobre la CPC e incluso pueden servir para comparar resultados de investigación futura.

El presente artículo muestra el análisis de las series de TSM como variable oceanográfica de mayor vulnerabilidad ante influencias externas y de Ta como característica atmosférica de mayor variabilidad. El entendimiento de la relación entre la TSM de la CPC y el IOS es una base para el mejoramiento de la capacidad de pronóstico de los efectos y consecuencias del ENOS sobre el clima regional. Naturalmente, parámetros meteorológicos como la Ta, la presión atmosférica (Pa) y la humedad relativa (Hr) en la CPC están relacionados con las variaciones de la TSM de la región e igualmente pueden mostrar la influencia del ENOS. Por lo tanto, para lograr un estudio completo del comportamiento de la TSM en la CPC en relación al ENOS es útil tener en cuenta el comportamiento de estos parámetros meteorológicos. Una vez analizada la relación espacio-temporal entre la TSM de la CPC y el ciclo ENOS (Hernández et al., 2006), corresponde estudiar la misma relación con respecto a parámetros meteorológicos. Como un primer paso, en este estudio se pretende analizar la relación espacio-temporal entre Ta en la CPC y el ENOS y comparar este resultado con el obtenido anteriormente para la TSM en la CPC. De esta forma se conocerá mejor la interacción entre los distintos parámetros la cual, facilitará la determinación de predictores de TSM en la CPC.

La principal conclusión de este artículo es que la Ta en la CPC presenta una mejor correlación con los parámetros del ENOS y muestra mayores rezagos que la TSM en la CPC.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

Se definió el área de estudio considerando sectores importantes para la investigación del ENOS en el Océano Pacífico: Regiones Niño y Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC) (Figura 1). El trabajo se enfocó a las regiones Niño 1+2 (localizadas en el Océano Pacífico Oriental, entre las coordenadas 0 – 10° S y 80 – 90° W (A)), Niño 3.4 (localizada en el Océano Pacífico Central entre las coordenadas 5° N – 5° S y 170° – 120° W (B)), el sector que caracteriza al IOS en el Océano Pacífico Sur (C) y tres puntos sobre la CPC (ubicada entre 01° 30' y 07° 10' latitud Norte y entre 77° 40' y 84° 00' longitud Oeste) que pertenecen a las zonas costera (5°30' N y 77°45' W zona I), intermedia (4° N y 80°30' W, zona II) y oceánica (3° N y 84° W, zona III).

2.2 Datos utilizados

Las series de tiempo analizadas son: TSM de las zonas definidas para la CPC, obtenidas por modelamiento (Villegas, 2003); Ta de las tres zonas definidas para la CPC y TSM de las regiones Niño1+2 y Niño 3.4 y la serie de IOS, obtenidas de la página <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>. El período de las series es 1971-2000, debido a que, desde el 2001, éste es tomado como base para estudios de TSM mensual de las Regiones Niño, según el Centro de Predicción del Clima de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos(NOAA) (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>; Xue et al., 2001).

2.3 Tratamiento de la información

De manera análoga a lo realizado con la TSM de la CPC en Hernández et al. (2006), se trabajó con la Ta. Se determinaron los promedios climatológicos y se calcularon las anomalías. Se realizó un análisis espectral de Fourier (Press et al., 1992), que permitió identificar periodicidades más importantes en cada serie inicial, con un intervalo de confianza del 95%. En algunas series se tomaron en cuenta todos los picos para estudiar todas las posibles oscilaciones de la serie. El primer análisis consistió en comparar las periodicidades de los distintos parámetros con el fin de identificar procesos comunes de las series. Las frecuencias o períodos hallados se filtraron de las series iniciales apoyados en un filtro pasa-banda, con lo cual se obtuvieron nuevas series que representaban cada una de esas periodicidades.

Posteriormente se buscaron las relaciones espacio-temporales entre las series a partir de un análisis de correlación cruzada entre las series iniciales (Wei, 1993) e igualmente entre las series filtradas. Como resultado se genera una tabla con los coeficientes de correlación de mayor valor, seguida por sus correspondientes rezagos en meses, que se interpretan también gráficamente.

Las relaciones espacio-temporales para la Ta en la CPC se compararon con los resultados para la TSM en la CPC (Hernández *et al.*, 2006) analizando histogramas. Se utilizaron dos tipos de histogramas: uno correspondiente a los valores de los coeficientes de correlación y otro con respecto a los rezagos.

Se realizaron dos histogramas de los coeficientes de correlación: el primero corresponde a los coeficientes de correlación entre las series iniciales y el segundo entre las series filtradas. De esta forma se observó cómo están distribuidos en distintos rangos de valores los coeficientes de correlación para la TSM y para la Ta, comparando así estos dos parámetros.

Para analizar los rezagos se utilizaron cuatro histogramas, debido a que los rezagos contienen información directamente relacionada con una relación espacial; es decir, no tiene sentido mezclar rezagos que se obtienen entre la CPC y el IOS con rezagos que se obtienen entre la región Niño1+2 y la CPC. Es necesario, por lo tanto, considerar cada combinación en un histograma por separado, lo cual proporciona, en este caso, cuatro histogramas: uno entre las series de IOS y las series de TSM (o Ta) de la CPC, otro entre las series de la región Niño 3.4 y las series de la CPC, un tercer histograma entre las series de la región Niño1+2 y las series de la CPC y, por último, uno que relacione las series de una zona de la CPC con otra.

El análisis de estos histogramas permitió hallar características comunes de las relaciones espacio-temporales para la TSM y la Ta en la CPC. De esta forma fue posible hallar similitudes y diferencias e inferir algún tipo de interacción entre ellas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis espectral de las distintas series del ENOS de las anomalías de TSM y de Ta en la CPC detectó fuertes coincidencias en las periodicidades, presentando las

más significativas en la Tabla 1.

Tabla 1. Periodicidades halladas en el análisis espectral de las diferentes series.

Series	Periodos y Años
	IOS 5,0; 2,5 15 1,7 0,8
	Niño 3.4 5,0; 2,5 15 1,7 1,3
	Niño 1+2 5,0; 2,2 15 1,4 0,9
Anomalías TSM	Zona 3 4,3; 1,5 2,5 1,7 0,9 0,5
	Zona 2 5,0; 2,5 15; 1,7 0,9 1,3
	Zona 1 15; 5,0 3,8 1,9 2,3 0,9
Anomalías Ta	Zona 3 5,0; 2,5 15 1,3 1,8
	Zona 2 5,0; 2,5 15 1,8 1,3
	Zona 1 5,0; 2,5 15 1,8

Se observa que tanto las anomalías de TSM como las de Ta en la CPC tienen las mismas periodicidades que el IOS y las regiones Niño analizadas, que se podrían catalogar como periodicidades propias del ENOS. Incluso coinciden mejor las periodicidades de Ta que las de TSM con las del ENOS. Las periodicidades más significativas que se hallaron en las series de Ta son las de 5, 2,5 y 15 años, en orden de importancia o aporte de energía. Estas mismas y en el mismo orden aparecen en las series del IOS y de la TSM de las regiones Niño. Este resultado indica que gran parte de la variabilidad de estas series (de anomalías de Ta y TSM en la CPC) se debe al fenómeno ENOS, y, por lo tanto, tiene sentido el enfoque de este trabajo, ya que el ENOS determina de forma significativa el comportamiento de estos parámetros.

En un estudio anterior, Hernández *et al.* (2006) mostraron la relación espacio-temporal entre el ENOS y la TSM de la CPC, hallada a partir de los coeficientes de correlación cruzada obtenidos, tanto para las series iniciales como para las series filtradas en cada una de sus componentes más importantes. Entre las conclusiones más importantes de ese estudio se tienen las siguientes: periodicidades de las series del ENOS y las de anomalías de TSM en la CPC coinciden bastante bien; la correlación entre el IOS y las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 con las anomalías de TSM en la CPC es bastante buena y muestra un desplazamiento de las distintas señales que, en general, llega primero a la zona 3 y, por último, a la zona 1 de la CPC; y finalmente, todas

Tabla 2. Coeficientes de correlación y rezagos correspondientes entre las series del ENOS y la Ta en la CPC.

Series	Coeficientes de Correlación (diferencia en meses)				
	Entre series iniciales	Entre componentes filtradas			
		5 años	2.5 años	15 años	1.7 años
IOS vs. Ta Zona 3	-0,60(-2)	-0,88(-1)	-0,83(-1)	-0,82(-14)	-0,48(-2)
IOS vs. Ta Zona 2	-0,63(-2)	-0,91(-1)	-0,86(-2)	-0,85(-11)	-0,40(-2)
IOS vs. Ta Zona 1	-0,64(-3)	-0,94(-1)	-0,90(-2)	-0,63(-12)	-0,48(-3)
Niño 3.4 vs. Ta Zona 3	0,78(-1)	0,93(-2)	0,87(-1)	0,80(-17)	
Niño 3.4 vs. Ta Zona 2	0,82(-1)	0,95(-2)	0,88(-1)	0,82(-13)	
Niño 3.4 vs. Ta Zona 1	0,81(-2)	0,97(-2)	0,90(-2)	0,60(-13)	
Niño 1+2 vs. Ta Zona 3	0,89(0)	0,96(0)	0,90(-1)	0,67(3)	
Niño 1+2 vs. Ta Zona 2	0,85(0)	0,94(0)	0,86(-1)	0,76(11)	
Niño 1+2 vs. Ta Zona 1	0,80(0)	0,91(0)	0,84(-2)	0,82(15)	
Ta Zona 3 vs. Ta Zona 2	0,97(0)	0,99(0)	0,99(0)	0,97(6)	0,96(0)
Ta Zona 3 vs. Ta Zona 1	0,89(0)	0,97(0)	0,98(-1)	0,85(14)	0,93(-1)
Ta Zona 2 vs. Ta Zona 1	0,95(0)	0,99(0)	0,99(-1)	0,91(4)	0,92(0)

las componentes determinadas en las series investigadas (IOS, anomalías de TSM en las regiones Niño 3.4, Niño 1+2 y CPC) pueden ser utilizadas para la construcción de relaciones lineales entre las anomalías que se presentan en las regiones Niño y la aparición de las anomalías de TSM en la CPC.

El mismo procedimiento se realizó con las anomalías de Ta para las tres zonas de la CPC, obteniendo como resultado una tabla con todos los coeficientes de correlación y sus rezagos correspondientes (Tabla 2).

En la primera columna de la Tabla 2 se presentan las parejas de parámetros, entre los cuales se determinan los coeficientes de correlación. En la segunda columna aparecen los coeficientes de correlación entre las series iniciales de estos parámetros, y en las siguientes cuatro columnas se presentan los coeficientes de correlación entre las cuatro series filtradas. En todos los casos, el coeficiente de correlación viene acompañado por un valor entre paréntesis que corresponde al rezago. Si éste es negativo implica un retraso de la segunda serie respecto a la primera, mientras que si es positivo indica un adelanto. Toda esta información determina cuáles son las relaciones espacio-temporales entre el ENOS y la Ta en la CPC.

A modo de ejemplo se analizó la respuesta de la serie inicial del IOS con la Ta en la CPC. Se observó que una señal que aparece en el IOS llega con un retraso de 2

meses a las zonas 2 y 3 de la CPC, con un coeficiente de correlación de -0,60 a la zona 3 y uno de -0,63 a la zona 2, y con un retraso de 3 meses y un coeficiente de correlación de -0,64 a la zona 1 de la CPC. Si se tiene en cuenta únicamente la componente de aproximadamente 5 años, entonces se observa que la señal del IOS llega a las tres zonas de la CPC con un mes de retraso,

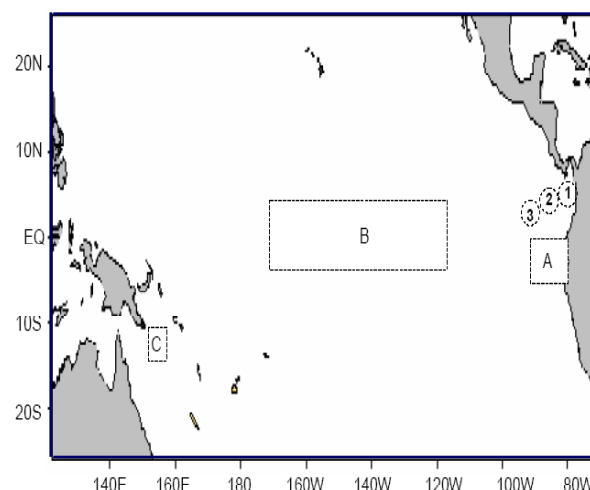


Figura 1. Área de estudio. 1- Zona 1; 2- Zona 2; 3- Zona 3; A- Región Niño 1+2; B- Región Niño 3.4; C- IOS.

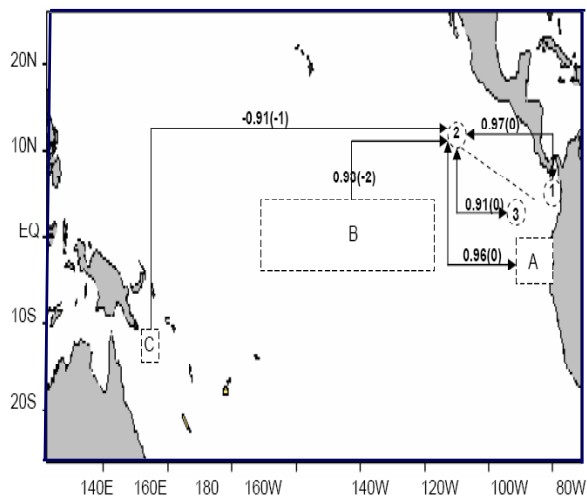


Figura 2. Relaciones espacio-temporales para el período de 5 años en relación a la zona 2 de la CPC.

y los coeficientes de correlación son de -0,88 para la zona 3, -0,91 para la zona 2 y -0,94 para la zona 1. Esta componente de 5 años es la que aporta más energía en todas las series correspondientes al ENOS, y en todas las series de TSM y Ta en la CPC, salvo en la TSM de la zona 1 de la CPC. Es, por lo tanto, la periodicidad más importante en el ENOS y por esa razón se ha escogido aquí para ilustrar el procedimiento de análisis.

El mismo procedimiento en todas las combinaciones posibles se aplicó para todas las relaciones espacio-temporales, incluso dentro de la misma CPC, obteniendo gráficos que permitieron visualizar en cada caso estas relaciones más fácilmente. A modo de ejemplo se presenta aquí una de estas gráficas la cual que representa las relaciones espacio-temporales correspondientes al período de aproximadamente 5 años en relación a la zona 2 de la CPC (Figura 2).

Las flechas indican la dirección en que viaja la señal y sobre ésta se escribe el coeficiente de correlación con su correspondiente rezago entre paréntesis; una flecha en ambos sentidos indica que la señal se percibe al mismo tiempo en ambas regiones.

En términos generales, en la Tabla 2 se observa que los coeficientes de correlación entre las series filtradas son más altos que entre las series iniciales. A pesar de esto, los coeficientes entre las series iniciales son también bastante altos. Los más bajos se observan entre el IOS y la Ta de la CPC, con valores entre -0,60 y -0,64. También se observa que las correlaciones más altas son entre la misma CPC, lo cual era de esperar; luego le

siguen las correlaciones con las regiones Niño 3.4 y Niño1+2, y finalmente los coeficientes más bajos son con el IOS, aunque salvo en la componente de 1,7 años, todos están por encima de 0,60.

En cuanto a los rezagos, éstos tienen valores de máximo 3 meses excepto en la componente de 15 años. En esta componente los rezagos son de hasta 17 meses; a pesar de esto, los valores de los coeficientes de correlación en esta componente son bastante altos (mayores a 0,63). Vale la pena anotar que el único caso de la tabla donde se observa un adelanto en la CPC es en relación a la región Niño1+2, en la componente de 15 años. Es decir, aparentemente esta componente presenta su señal primero en la CPC y luego en la región Niño1+2, mientras que con la región Niño 3.4 y con el IOS sucede lo contrario. Esto mismo sucede con la TSM (Hernández *et al.*, 2006), y sería un fenómeno que merece una investigación posterior.

Ya teniendo las relaciones espacio-temporales de las anomalías de TSM (Hernández *et al.*, 2006) y de las anomalías de Ta en relación al ENOS, se compararon estas dos para determinar si alguna de ellas reacciona más rápidamente y/o mejor que la otra. De esta forma se conocerá mejor la interacción entre los distintos parámetros y así se espera llegar en un estudio posterior a determinar predictores de TSM en la CPC.

El primer punto de comparación se realizó con los coeficientes de correlación entre las variables del ENOS y los dos parámetros en la CPC. A partir de los coeficientes de correlación correspondientes a las series iniciales, y luego con los de las series filtradas en componentes se obtuvieron cuatro histogramas de ocurrencias de coeficientes de correlación entre ciertos rangos de valores: dos para la TSM y dos para la Ta, los cuales se

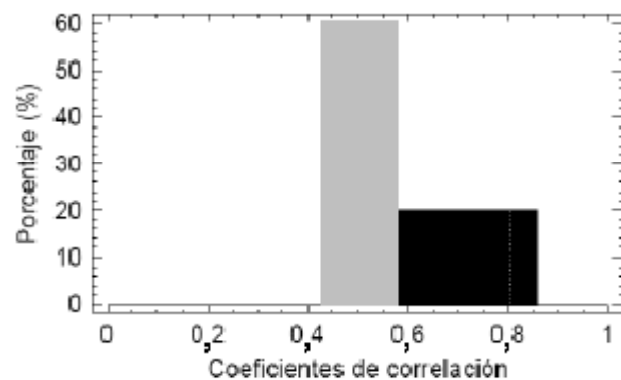


Figura 3. Histograma de los valores de los coeficientes de correlación para las series iniciales de TSM en la CPC.

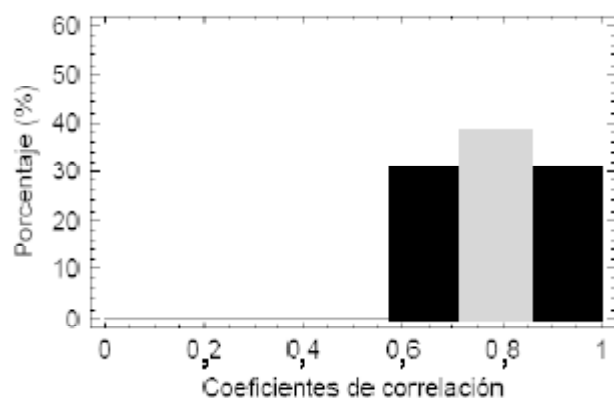


Figura 4. Histograma de los valores de los coeficientes de correlación para las series iniciales de Ta en la CPC.

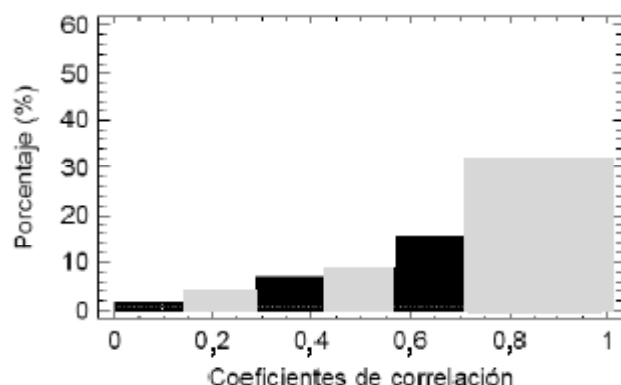


Figura 5. Histograma de los valores de los coeficientes de correlación para las series filtradas de TSM en la CPC.

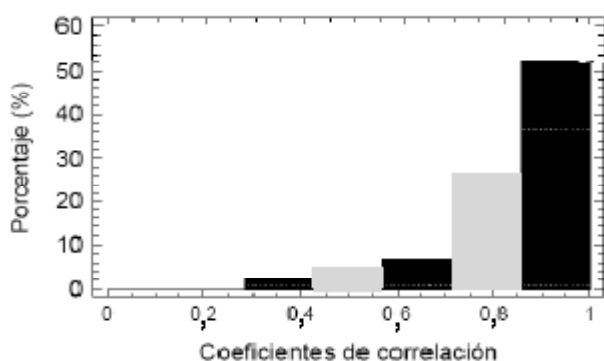


Figura 6. Histograma de los valores de los coeficientes de correlación para las series filtradas de Ta en la CPC.

presentan en las Figuras 3 a 6. Los histogramas muestran los coeficientes de correlación entre las variables relacionadas con el ENOS y la TSM en la CPC, siendo más bajos que con la Ta en la CPC. Para el caso de la TSM en la CPC, los coeficientes de correlación oscilaron entre 0,43 y 0,80, con el 60% de los casos menores a 0,6. En cambio, en cuanto a Ta, los valores están entre 0,6 y 0,97, con el 80% de los casos cercanos a 0,8.

En las componentes filtradas se observó la misma tendencia. En ambos casos los histogramas muestran una distribución con un decrecimiento exponencial, pero en el caso de la TSM este decrecimiento es más lento, encontrando valores incluso de correlación cercanos a cero. En cambio, en la Ta el decrecimiento es mucho más rápido, estando todos los coeficientes por encima de 0,4. Además, el 60% de los datos de Ta tienen coeficientes de correlación entre 0,86 y 1,00, mientras que sólo el 32% de los datos de TSM están entre estos valores. En conclusión, los coeficientes de correlación entre los parámetros del ENOS y la Ta de la CPC son más altos que con la TSM de la CPC.

Al realizar los histogramas para los rezagos, se observa que la Ta muestra valores mayores que la TSM, salvo en la componente de 15 años, apareciendo retrasos hasta de 17 meses, mientras que la TSM muestra retrasos de máximo 6 meses. El 80% de los casos de TSM están con rezagos entre 0 y 3 meses, mientras que en la Ta esto se presenta en el 65% de los casos. Esto indica que la respuesta de la TSM es, en general, más rápida que la respuesta de Ta en la CPC. De hecho, el 20% de los casos con Ta tienen rezagos entre 9 y 15 meses, mientras que estos valores no se presentan con la TSM. Algo similar se observa con la TSM de la región Niño 3.4. El 60% de los casos con TSM de la CPC muestran rezagos entre 0 y 1 mes, y el máximo retraso es de 7 meses. En cambio, con la Ta de la CPC sólo el 34% de los datos tienen retrasos de 0 ó 1 mes, y hay casos con retrasos de hasta 13 y 17 meses. El rezago más frecuente en Ta está alrededor de 3 meses, mientras que el de TSM está alrededor de 1 mes.

En cuanto a la relación con la región Niño1+2, el histograma con la TSM de la CPC muestra mayor dispersión; hay adelantos hasta de 26 meses, mientras que con la Ta el valor más alto es un adelanto de 15 meses. En la Ta, el 75% de los casos no muestran retraso ni adelanto, o un retraso de máximo 2 meses, mientras que en la TSM hay un 25% de datos con

retrasos entre 3 y 7 meses, y es únicamente el 50% de los datos que tienen rezagos de menos de 2 meses. En este caso no hay una diferencia tan notoria en cuanto al comportamiento de Ta o de la TSM en la CPC, pero se podría decir que la Ta reacciona un poco más rápido a cambios en la región Niño1+2 que la TSM. Nuevamente es importante anotar que es con la región Niño1+2 con la única con la cual se observan adelantos significativos tanto de TSM como de Ta en la CPC.

Todo esto da un indicio de que los rezagos en general con la Ta son un poco mayores que con la TSM en la CPC. Si se tiene en cuenta que según Halpert y Ropelewski (1992) estas anomalías de Ta son una respuesta rezagada de las anomalías de TSM, esto tiene sentido, ya que se están observando rezagos mayores con la Ta, aunque los coeficientes de correlación con la TSM sean menores que con la Ta.

En cuanto a esto último, es necesario también tener en cuenta que los datos de TSM utilizados aquí son modelados mientras que los de Ta son reales, lo cual podría influir en los valores de los coeficientes de correlación.

Los resultados de esta investigación son preliminares y se hace necesario tener series in-situ para comparar lo aquí encontrado. Un trabajo que proporciona series apropiadas para esta comparación es el de Málikov y Villegas (2005), ya que las series completas in-situ no existen.

Por último, se compara la relación de TSM y de Ta dentro de la misma CPC; es decir, los coeficientes de correlación y los rezagos al tomar estos parámetros en las distintas zonas de la CPC.

En este caso no se presenta una diferencia significativa entre los dos parámetros. En la Ta aparecen algunos rezagos más altos que en la TSM, pero no es algo realmente significativo. En ambos casos, el 80% de los datos tienen rezagos entre 0 y 2 meses.

De esta información podría tratar de obtenerse algún indicio de la circulación en la CPC. Aunque no hay un patrón general en los rezagos (de hecho en las series iniciales no se observan rezagos con ninguno de los dos parámetros), se podría decir que en cuanto a la componente de 2,5 años la señal viaja de la zona oceánica (zona 3) a la zona costera (zona 1) y la componente de 15 años viaja en dirección contraria. Esto se cumple tanto con la TSM como con la Ta en la CPC.

4. CONCLUSIONES

Las periodicidades de las series del IOS, las anomalías de TSM de regiones Niño y las anomalías de TSM y de Ta en las zonas de la CPC presentan fuertes similitudes, siendo las de mayor aporte las de 5, 2,5 y 15 años, aproximadamente. Incluso se observa que las periodicidades de las anomalías de Ta en la CPC coinciden mejor con las del ENOS que las de las anomalías de TSM en la CPC.

A partir del análisis de correlación cruzada se obtuvieron las relaciones espacio-temporales entre la Ta en la CPC y el ENOS, caracterizado por el IOS, y las anomalías de TSM de las regiones Niño 3.4 y Niño1+2. En cuanto a Ta, se observa que los coeficientes de correlación entre las series filtradas son más altos que con las series iniciales, siendo los más bajos con el IOS.

En general, se observa que los coeficientes de correlación entre la Ta en la CPC y el ENOS son más altos que entre la TSM y el ENOS. En cambio, los rezagos son un poco mayores entre Ta de la CPC y el ENOS que entre TSM de la CPC y el ENOS. Esto es consecuente con el hecho de que Ta es una respuesta rezagada de la TSM, a pesar de que los coeficientes de correlación sean más bajos para la TSM. Esto podría estar relacionado con el hecho de que los datos de TSM son modelados, mientras que los de Ta son reales. Una comparación de estos resultados con el análisis de otras series de TSM podría ser útil en un futuro para verificar esto.

Se observa, que la TSM y la Ta en la CPC, (región Niño1+2) es la única con la cual se observan adelantos. Esto se presenta en la componente de 15 años únicamente y podría ser tema para una posterior investigación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Devis, A., García, I., Málikov, I., Villegas, N. (2002). *Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana*. Tumaco, Colombia: Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP.
- Halpert, M. S., Ropelewski, C. F. (1992). Surface Temperature Patterns Associated with the

- Southern Oscillation. *Journal of Climate* **5**, 577-593.
- Hernández D., Málikov, I., Villegas, N. (2006). Relaciones espacio-temporales entre la temperatura superficial del mar de la Cuenca del Pacífico Colombiano y el ciclo El Niño Oscilación del Sur. *Memorias VII Congreso Colombiano de Meteorología*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- IDEAM (2002). *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Málikov, I. (1999). Análisis espectral de los datos hidrometeorológicos del puerto de Tumaco y su comparación con el evento El Niño. Informe Final 1999, CCCP. Tumaco: CCCP, Colombia.
- Málikov, I., Villegas, N. (2005). Construcción de Series de Tiempo de Temperatura Superficial del Mar de las Zonas Homogéneas del Océano Pacífico Colombiano. *Boletín Científico CCCP*, 12, 79-93.
- Montealegre, J. E., Pabón, J. D. (1992). *Características climáticas relevantes durante la ocurrencia de fenómenos ENOS en el Nor-Occidente Sudamericano*. Santafé de Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adeacuación de Tierras –HIMAT-.
- Montealegre, J. E., Zea, J. A. (1994). *Estudio sobre el fenómeno "El Niño"*. Santafé de Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adeacuación de Tierras –HIMAT-.
- Montealegre, J. E. (1999). *La influencia de los procesos de interacción océano-atmósfera del Pacífico tropical y el Atlántico en la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia*. Bogotá, Colombia: Trabajo de grado Magíster en Meteorología, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias.
- Pabón, J. D., Zea, J., León, G., Hurtado, G., González, O. C., Montealegre, J. E. (2001). La atmósfera, el tiempo y el clima. En: P. Leyva (editor), *El medio ambiente en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, (Capítulo 3).
- Pabón, J. D. (2003). Fenómeno el Niño: Efectos e impactos en el Pacífico colombiano. En: Universidad Nacional de Colombia. Red de Estudios del Mundo Marino. REMAR, El mundo marino de Colombia, investigación y desarrollo de territorios olvidados. Universidad Nacional de Colombia, Unibiblios, Bogotá, Colombia.
- Pedraza, M. J., Díaz Ochoa, J. A. (2006). Sea level height, sea surface temperature and tuna yields in the Panama bight during El Niño. *Advances in Geosciences* **6**, 155-159.
- Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., Flannery, B. (1992). *Numerical Recipes in C, the Art of Scientific Computing*. New York: Cambridge University Press.
- Susunaga, J. O., Gómez, R. E. (1995). Características Oceanográficas y Meteorológicas en el Sur del Pacífico Colombiano en el período Enero-Diciembre/93 y su relación con el fenómeno "El Niño 91/92". *Boletín Científico CCCP* **5**, 36-72.
- Villegas, N. (2003). Formation laws of Colombian Pacific Ocean thermodynamic structure. Russia: Scientific degree competition thesis to Dr. of phys. and math. RSHU.
- Wei, W. S. (1993). *Time Series Analysis*. United States of America: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Xue, Y., Smith, T. M., Reynolds, R. W. (2001). A New SST Climatology for the 1971-2000 Base Period and Interdecadal Changes of 30-Year SST Normal. *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Climate Diagnostic and Prediction Workshop*, San Diego, Ca., 1-12.
- <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.