

Bol. Cient. CIOH	Cartagena (Colombia)	No. 12	Sep. 1992	Pág. 55 - 68	ISSN 0120 0542
---------------------	-------------------------	--------	--------------	--------------	----------------

## CARACTERISTICAS CLIMATICAS RELEVANTES EN EL NOR-OCCIDENTE SUDAMERICANO DURANTE LA OCURENCIA DE FENOMENOS EL NIÑO - OSCILACION DEL SUR (ENOS)

Por :  
Edgar Montealegre\*  
Daniel Pabón C.\*

### RESUMEN

El objetivo fundamental de este trabajo es el análisis de los efectos de los fenómenos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) sobre el clima en la región nor-occidental del continente Sudamericano. Mediante el análisis detallado sobre el comportamiento histórico de las anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM) y del nivel medio mensual del mar (NMM) en Tumaco y Buenaventura, se estudia la manifestación del ENOS al norte de la región El Niño-2, en la costa pacífica colombiana y se obtiene información complementaria acerca de las características específicas del ENOS en dicha región. Igualmente, se estudia el impacto sobre la distribución espacio-temporal de la precipitación y se establecen patrones de comportamiento anómalo en las fases El Niño - anti - El Niño.

### .ABSTRACT

*The purpose of this paper is to analyse the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) effects on the climate over the northwestern region of South America. With a detailed analysis of the historical behavior of the sea surface temperature (SST) anomalies and the sea level height (SLH) anomalies in Tumaco and Buenaventura, the manifestation of the ENSO north of the El Niño-2 region, over the colombian pacific coast is studied and complementary knowledge about the particularity of the ENSO in this region, is obtained. In the same way, the impact on the space-time distribution of rainfall is also studied and anomalies in the El Niño and anti - El Niño phases are identified.*

### 1. INTRODUCCION

El fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), es un evento de naturaleza oceánica y atmosférica, que presenta efectos muy destacados en la interface de estos dos medios en la región del océano pacífico tropical y sobre extensas regiones conti-

nentales. Ocurre de manera cíclica, con un período irregular, que en los últimos 40 años ha fluctuado entre 3 y 7 años, incidiendo de manera directa y catastrófica en la economía de los países a escala global, particularmente en aquellos localizados so-

\* Meteorólogos División Hidrometeorología HIMAT.

bre la margen oriental del pacífico tropical, entre ellos Colombia.

Tal frecuencia del fenómeno ENOS, ha centrado la atención de los estudiosos en los últimos años, como lo demuestra la copiosa lista de investigaciones (Enfield D.B., 1989) que a partir del evento 1982-1983, catalogado como el más intenso de lo que va corrido de este siglo, se han venido desarrollando a nivel mundial. Al analizar esta abundante bibliografía encontramos, que debido a su mayor repercusión económica, las investigaciones para el pacífico oriental se han centrado en las regiones Niño-1 y Niño-2 (Fig. 1) pasando desapercibida la zona al norte del Ecuador, como se puede constatar en la extensa bibliografía presentada por Enfield D.B., 1989 y en documentos como CPPS-1985 y IOC-1986, así como en las publicaciones divulgadas en el marco del Estudio Regional del fenómeno El Niño (Boletín ERFEN y otros). Sin embargo, es de gran interés tanto para el enriquecimiento de los conceptos sobre este tema, así como para fines prácticos (económicos, ambientales, de prevención de desastres, etc.) conocer las particularidades del ENOS al norte de la zona Niño-2, en la costa pacífica colombiana.

Con el propósito de suplir tal deficiencia se realizó el análisis del comportamiento de los parámetros indicadores de la presencia del ENOS en la costa pacífica colombiana, cuyos resultados se exponen más adelante.

De otra parte y de acuerdo con los resultados obtenidos hasta hoy, las evidencias de la influencia del ENOS, a través de teleconexiones, sobre las fluctuaciones climáticas interanuales a la escala regional y global (Rasmusson E.M., 1985), ponen de manifiesto efectos en la distribución de la precipitación de diferentes lugares del mundo, hecho que ya ha sido establecido por Ropelewski C.F., Halpert M.S., 1987, 1989, quienes determinaron que los enlaces entre el Índice de Oscilación del Sur y la precipitación varían de diferentes maneras:

en algunos casos la relación es estrecha, en otros es débil o no existe. esto deja aún pendiente la cuestión de la interrelación ENOS y precipitación para diferentes regiones del mundo.

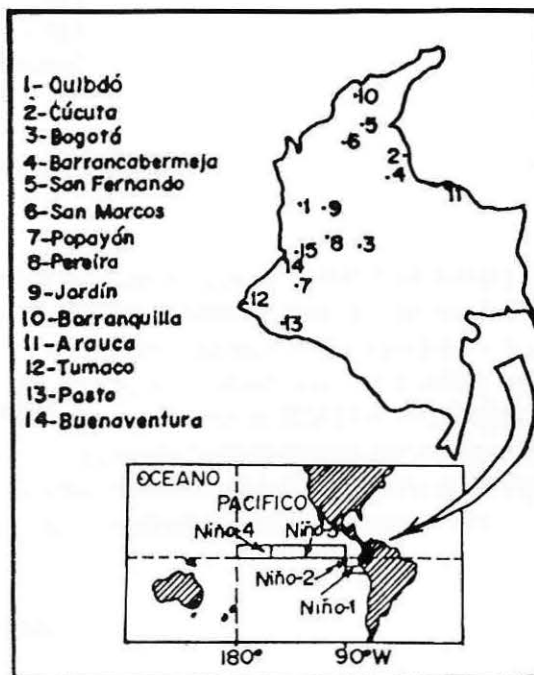


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y localización de las estaciones meteorológicas analizadas.

Teniendo en cuenta la importancia práctica para el desarrollo de predicciones climáticas a corto plazo, se realizó un detallado análisis de la interrelación ENOS y precipitación en el nor-occidente suramericano, concretamente sobre el territorio colombiano (Fig. 1), cuyos resultados son también el objeto del presente trabajo. Vale la pena destacar que en trabajos anteriores ya se ha explorado la correlación entre ENOS y la temperatura del aire sobre la región indicada (Ortiz G. et al., 1990), encontrando incrementos significativos de esta última en los valles interandinos durante los eventos El Niño. Asimismo, se ha sugerido que existe una estrecha relación entre el ENOS y la precipitación



en una subregión (sur-occidente colombiano) adyacente al área de ocurrencia del fenómeno (Pabón J.D., 1990). En general, existe la sensación (observaciones subjetivas así lo muestran) de que la variabilidad interanual de la precipitación en esta región está relacionada con el ENOS, sin embargo no se ha realizado aún un detallado análisis cuantitativo al respecto. Por tal motivo, se pretende fundamentar más los conceptos relacionados con la influencia del ENOS sobre algunos parámetros característicos del clima de la región, para así introducirlos como bases de métodos objetivos de predicción.

## 2. METODOLOGIA

Los resultados presentados en este trabajo, se basan en el análisis de registros históricos de parámetros tales como el índice de oscilación del sur (IOS), la temperatura media mensual de la superficie del mar (TSM) y el nivel medio mensual del mar (NMM) de Tumaco y Buenaventura, así como las secuencias de totales mensuales de precipitación de diferentes estaciones distribuidas en el área de estudio (Fig. 1). A esta información se aplicó la metodología estadística necesaria para lograr un buen control de calidad de los datos utilizados y la complementación de las series incompletas, a saber: Test de Spearman para verificar independencia y tendencia de las series; Run test, para determinar aleatoriedad; Test Mann-Whitney, para establecer homogeneidad. Asimismo, se calcularon estadísticos convencionales como la desviación estandar, los coeficientes de asimetría y curtosis, el coeficiente de variabilidad, etc, los cuales fueron de gran utilidad en la fase de análisis descriptivo.

A partir de la información básica mencionada se calcularon las anomalías de TSM y de NMM para Tumaco y Buenaventura con el fin de estructurar las secuencias correspondientes para el desarrollo del análisis, el cual se inició con el examen de la mani-

festación del ENOS en el área de estudio mediante comparaciones visuales de las secuencias del IOS y de dichas anomalías. Posteriormente, se cuantifica la correlación de estas últimas con el IOS y se elaboran los respectivos espectros para tomarlos como base de comparación en la búsqueda de afinidad y/o diferencia en el intervalo de las frecuencias bajas que nos permita profundizar en el conocimiento de la conexión del ENOS y los procesos en el área de estudio.

De otra parte, se tomaron las series de precipitación con mayor período de observación para seleccionar aquellas con continuidad y sin problemas de homogeneidad. Se determinó un índice de precipitación (IP) para cada estación, consistente en la relación del total mensual de precipitación a su promedio multianual. Asimismo, se formaron series producto de la aplicación de las medias móviles a las secuencias de valores mensuales. Con todo este material se efectuó el análisis que incluyó desde comparación visual, hasta el cálculo de espectros.

Tomando como referencia la secuencia del IOS, se determinó como fase negativa aquellos períodos mayores de seis meses durante los cuales predominaron valores inferiores a -1.0 y como fase positiva los valores mayores que +1.0, catalogando como eventos fuertes a los casos en que el índice se sitúa por encima de 2.5 (valor absoluto). Finalmente, se elaboraron mapas de distribución espacial del IP para las fases opuestas (El Niño y anti Niño) del ciclo ENOS.

## 3. MANIFESTACION ENOS EN LA COSTA PACIFICA COLOMBIANA

En la Fig. 2 se presenta la secuencia del IOS para el período 1935-1992, donde se puede observar los eventos El Niño (valores mínimos) y anti El Niño (valores máximos) ocurridos durante ese período. Siguiendo la clasificación de Quinn W.H. et al., 1978

en la secuencia mostrada se destacan los eventos fuertes El Niño de 1941, 1957, 1972-73 y 1982-83; los moderados de 1939, 1953, 1965, 1976 y 1987, como también el inicio del evento 1991-92 que, se-

gún los reportes del Climate Diagnostics Bulletin (CDB-1992), alcanzó una intensidad entre moderada e intensa.

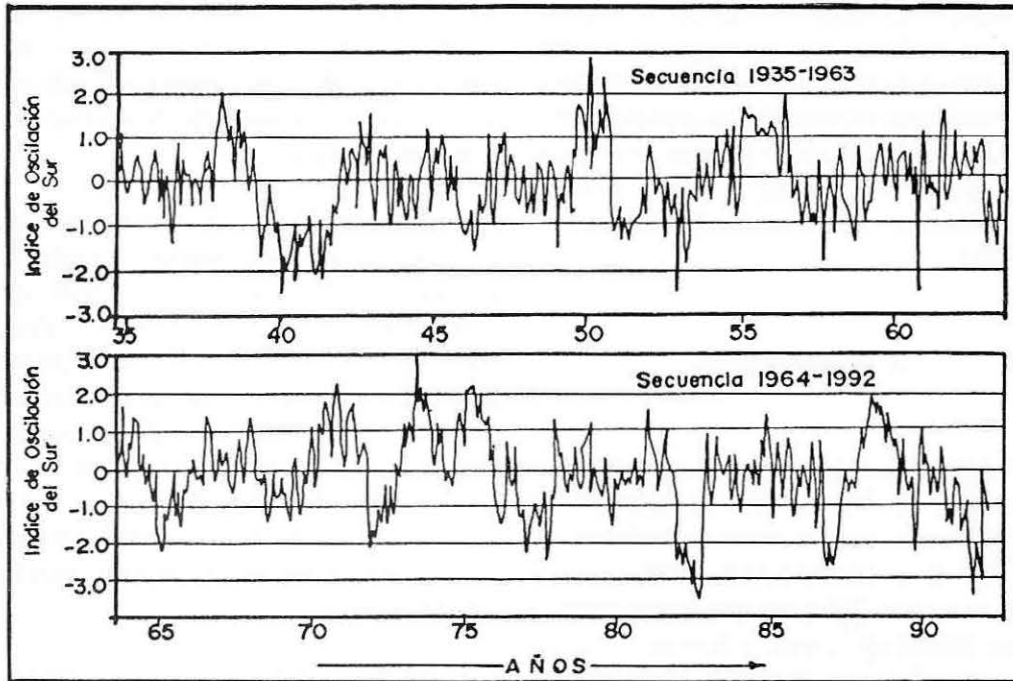


Figura 2. Comportamiento del IOS durante el período 1935-1992

### 3.1 Análisis comparativo del comportamiento del IOS y de las anomalías de TSM y de NMM

En las secuencias disponibles de anomalías de TSM y de NMM (Fig. 3), las cuales permiten captar únicamente los últimos tres eventos fuertes y los últimos cuatro moderados, se puede observar claramente anomalías positivas (negativas) de TSM y de NMM durante El Niño (anti-El Niño) en Tumaco y Buenaventura. Es conveniente anotar que el calentamiento de las aguas marítimas superficiales y el incremento del nivel del mar frente a la costa pacífica suramericana, al sur del Ecuador, durante los eventos El Niño es un hecho demostrado y estudiado desde hace ya varios años, no así al norte de la zona Niño-2.

A primera vista es posible determinar que las oscilaciones de TSM y de NMM son un tanto más pronunciadas en Tumaco que en Buenaventura. También se observa (Fig. 3b) que en la primera localidad, durante todos los eventos El Niño, las anomalías positivas de TSM están mejor marcadas (entre 0.6 y 2.0 °C) que en Buenaventura (caso de 1982-83, por ejemplo). Lo anterior sugiere que las anomalías de TSM pueden servir también como un buen indicador de la manifestación del ENOS en esta región.

En la Fig. 3c se observa igualmente que en los eventos fuertes de El Niño, las anomalías positivas de NMM son mayores en Tumaco, lo cual puede ser



atribuido a la localización de este lugar dentro del área del canal dinámico conductor de las ondas Kelvin ecuatoriales (Gill A., 1982) relacionadas con el ENOS (Lukas R. et al., 1984). En casos bastante fuertes como el de 1982-1983, la influencia de este tipo de ondas se extiende hasta la latitud de Buenaventura donde las anomalías de NMM, aunque un poco menores, son comparables y se presentan simultáneamente con las de Tumaco.

En los eventos moderados, Buenaventura se ve afectada más que todo por las ondas Kelvin costeras. Efectivamente, en un análisis más detallado (difícil de apreciar en la Fig. 3c debido a la escala gráfica) se encontró que algunos máximos, luego de registrarse en Tumaco, tardan en aparecer en Buenaventura. Según se pudo establecer, este retraso es muy cercano a un mes, que para 280 Kms (distancia aproximada Tumaco-Buenaventura) da una velocidad del orden de 0.1 m/s, equivalente a la velocidad de fase de una componente de baja frecuencia y se puede interpretar como la propagación de una onda Kelvin costera.

Estas apreciaciones sobre el incremento del nivel del mar en eventos El Niño tienen importancia para la planificación de diversas actividades y en la prevención de desastres en la costa pacífica colombiana. Así, en casos El Niño fuertes, el nivel medio del mar en Tumaco se eleva hasta cerca de 40 cms.

### 3.2. Análisis de correlación

El análisis de correlación presentado en la Tabla 1 nos permite constatar algunas de las anteriores afirmaciones. La correlación IOS-anomalías de TSM (Tabla 1a) nos muestra coeficientes negativos relativamente altos (cerca de -0.5) para la serie de Tumaco y menores (alrededor de -0.3) para Buenaventura. La correlación con desfase de tres meses, que podría significar que al tercer mes (dos meses después de iniciada la señal en la margen

occidental de la cuenca) se manifiestan en Tumaco las condiciones relacionadas con las fases del ciclo ENOS, lo cual está en concordancia con los resultados obtenidos anteriormente por diferentes autores para la región Niño-1 y Niño-2 y con la teoría de la propagación de las ondas Kelvin ecuatoriales. En Buenaventura, aunque la correlación es baja en este caso, se obtiene también el mayor coeficiente (-0.26) sobre el desfase de tres meses.

La correlación directa de secuencias para un determinado mes muestra los enlaces IOS-anomalías de TSM con mayores detalles. Para Tumaco existe una alta correlación en dos períodos del año bien definidos: enero-febrero (-0.6) y agosto-noviembre (entre -0.56 y -0.67, siendo el mayor el de agosto). A partir de marzo hasta julio los enlaces son relativamente débiles. Resultados similares fueron reportados por Wallace J.M., 1986, quien obtuvo, para regiones situadas al sur de la analizada aquí, coeficientes de correlación altos entre el IOS y TSM para el período frío (julio-noviembre), a pesar de que las mayores anomalías de TSM se presentan en la estación cálida (marzo-junio). Es muy posible que esto se deba a que las anomalías de TSM se hacen más evidentes sobre el océano relativamente frío.

En relación con las anomalías de NMM (Tabla 1b) los coeficientes de correlación en desfase fueron también negativos pero relativamente muchísimo más bajos que para las anomalías de TSM. El comportamiento de las correlaciones en el caso de las secuencias por meses, fue similar al anterior, en términos generales.

En la tabla 1c, se presentan, de manera complementaria, los coeficientes de correlación IOS-anomalías temperatura media mensual del aire (TA) los cuales resultaron relativamente altos tanto en Tumaco como en Buenaventura y son mayores que los obtenidos en el análisis de los parámetros anteriores. Además, en la variante de desfase se obtiene buena correlación para 0, 1, 2 y 3 meses.

	Parámetros correlacionados		Correlación con desfase (meses) en Y (tomando secuencia corriente completa)						Correlación para las series de determinado mes											
	X	Y	0	1	2	3	4	5	6	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
a)	IOS	ATSM-1	-0.46	-0.46	-0.47	-0.49	-0.46	-0.41	-0.36	-0.60	-0.60	-0.22	-0.43	-0.04	-0.34	-0.46	-0.67	-0.61	-0.56	-0.65
	IOS	ATSM-2	-0.19	-0.23	-0.24	-0.26	-0.23	-0.20	-0.17	-0.36	-0.18	-0.11	-0.07	-0.25	-0.16	-0.24	-0.26	-0.11	-0.18	-0.26
b)	IOS	ANMM-1	-0.27	-0.28	-0.33	-0.31	-0.26	-0.23	-0.22	-0.24	-0.18	-0.04	-0.17	-0.08	-0.24	-0.41	-0.40	-0.36	-0.39	-0.39
	IOS	ANMM-2	-0.41	-0.40	-0.45	-0.38	-0.28	-0.23	-0.19	-0.41	-0.36	-0.11	-0.21	-0.04	-0.49	-0.49	-0.54	-0.60	-0.40	-0.67
c)	IOS	ATA-1	-0.58	-0.57	-0.56	-0.57	-0.54	-0.50	-0.45	-0.69	-0.56	-0.71	-0.57	-0.30	-0.51	-0.61	-0.71	-0.69	-0.47	-0.59
	IOS	ATA-2	-0.51	-0.47	-0.46	-0.50	-0.48	-0.42	-0.35	-0.51	-0.79	-0.64	-0.69	-0.14	-0.13	-0.50	-0.62	-0.55	-0.45	-0.73

**Tabla 1.** Análisis de correlación entre IOS y anomalías de temperatura de la superficie del mar (a), IOS y anomalías de nivel medio del mar (b) e IOS y anomalías de temperatura media mensual del aire (c) para Tumaco 91 y Buenaventura (2).

C A S O	Parámetros correlacionados				Correlación con desfase (meses) en Y (tomando la secuencia corriente completa)						
	X		Y		0	1	2	3	4	5	6
a)	IOS	MV5	ATSM	MV5	-0.62	-0.63	-0.63	-0.62	-0.59	-0.55	-0.49
	IOS	MV7	ATSM	MV7	-0.65	-0.66	-0.66	-0.64	-0.61	-0.56	-0.50
	IOS	MV9	ATSM	MV9	-0.67	-0.68	-0.67	-0.65	-0.62	-0.57	-0.52
	IOS	MV11	ATSM	MV11	-0.68	-0.68	-0.68	-0.66	-0.63	-0.59	-0.54
	IOS	MV13	ATSM	MV13	-0.68	-0.68	-0.68	-0.66	-0.64	-0.60	-0.55
b)	IOS	MV5	ATA	MV5	-0.71	-0.72	-0.72	-0.70	-0.67	-0.62	-0.56
	IOS	MV7	ATA	MV7	-0.72	-0.73	-0.73	-0.71	-0.67	-0.63	-0.57
	IOS	MV9	ATA	MV9	-0.73	-0.75	-0.74	-0.72	-0.68	-0.64	-0.58
	IOS	MV11	ATA	MV11	-0.75	-0.76	-0.75	-0.73	-0.69	-0.66	-0.60
	IOS	MV13	ATA	MV13	-0.76	-0.76	-0.76	-0.74	-0.71	-0.67	-0.63

**Tabla 2.** Análisis de correlación entre secuencias de medias móviles del IOS y de anomalías de temperatura de la superficie del mar (ATSM) y del aire (ATA) en Tumaco (MV5, MV7, MV9 y MV13 son medias móviles sobre 5, 7, 9, 11 y 13 meses).



La correlación se mantiene igualmente "alta" durante la mayor parte del año.

El análisis de correlación para las secuencias de medias móviles del IOS y de las anomalías de TSM, que resultó ser mejor indicador en Tumaco que Buenaventura se presenta en la Tabla 2. Los mejores resultados (coeficientes de correlación del orden de  $-0.68$ ) se obtuvieron para las medias móviles de trece meses (Tabla 2a), es decir, cuando se filtran las variaciones estacionales e intra-anales. Precisamente los componentes de mayor frecuencia son más marcados en Buenaventura que en Tumaco como lo demostrará el análisis espectral, lo cual se manifestó en las correlaciones de la Tabla 1. Igualmente, la correlación IOS-anomalías TA (Tabla 2b) es bastante alta ( $-0.78$ ) para las secuencias de medias móviles en trece meses.

### 3.3. Análisis espectral

El análisis espectral de IOS presentado en la Fig. 4 no persigue mostrar la ubicación de los máximos de la amplitud espectral en la zona de frecuencias bajas (períodos largos) concretamente en el intervalo de 24 a 76 meses para concluir lo ya ampliamente conocido: el ENOS no tiene un período estrictamente definido. Se realiza como base de partida para explorar la posible afinidad con los espectros de otros parámetros analizados que nos indique algo más sobre la interrelación entre los mismos. Para tal efecto, hay que tener en cuenta que en el espectro del IOS no existen picos significativos correspondientes a períodos menores a 24 meses, característicos de las escalas estacional e intra-anual; la mayor parte de la energía espectral se ubica en el intervalo de 2 a 7 años (variabilidad interanual). En el recuadro de la Fig. 4 se presenta el espectro para la serie del IOS 1959-1990, truncada para unificar la longitud de las series de parámetros con las que se hace la comparación de espectros. Como se puede apreciar, una particularidad del espectro de la secuencia mas larga del IOS en la

Fig. 4 es la ubicación del valor máximo de la amplitud espectral en el período de 60 meses (5 años).

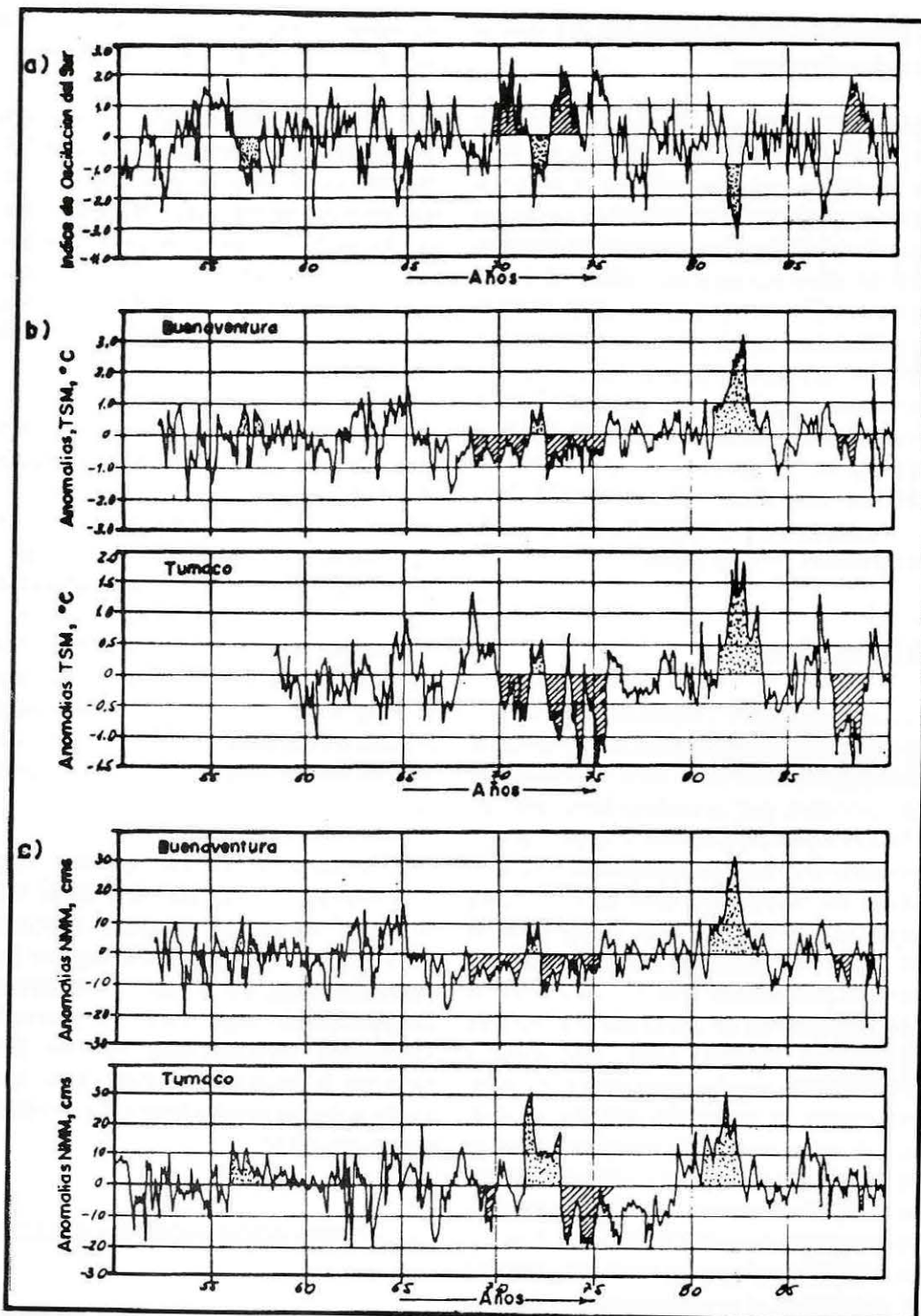
En la Fig. 5 se presentan los espectros de anomalías de TSM, de NMM y de temperatura del aire (TA). Al comparar los espectros de anomalías de TSM, en Buenaventura encontramos componentes menores a 24 meses (6 y 12 meses), los cuales no aparecen bien marcados en Tumaco. Lo mismo se observa en los espectros de anomalías de NMM y de TA. Esto corrobora los resultados obtenidos con el análisis de correlación.

También se aprecia claramente que en el intervalo de frecuencias donde se ubican las variaciones relacionadas con ENOS (entre 24 y 72 meses en el espectro del IOS) existen picos significativos en los espectros tanto en Buenaventura como de Tumaco, pero en este último la amplitud espectral tiende a ser mayor. Lo común de estos espectros es que presentan el valor máximo de la amplitud espectral sobre los 42 meses (igual que el espectro del remarco de la Fig. 4) y no sobre los 60 como en el espectro de la secuencia larga del IOS, lo cual es consecuencia de la diferencia en la longitud de las series tomadas para el cálculo.

Los resultados del análisis espectral muestran claramente que las anomalías de TSM, de NMM y de TA en Tumaco están controladas básicamente por el ciclo ENOS que actúa en el diapason de las frecuencias bajas, por lo cual en esta latitud los componentes de mayor frecuencia (variabilidad estacional e intra-anual) están ausentes. Más al norte, por la latitud de Buenaventura, el período anual y la variabilidad estacional de TSM, NMM y TA si son perceptibles.

### 4. INTERRELACION ENOS-PRECIPITACION

En nuestro medio, la precipitación es el parámetro que en definitiva, caracteriza el estado del tiempo



**Figura 3.** Comportamiento del IOS (a) y de las anomalías de temperatura superficial del mar (b) y de nivel medio del mar (c) en Buenaventura y Tumaco a partir de 1951.



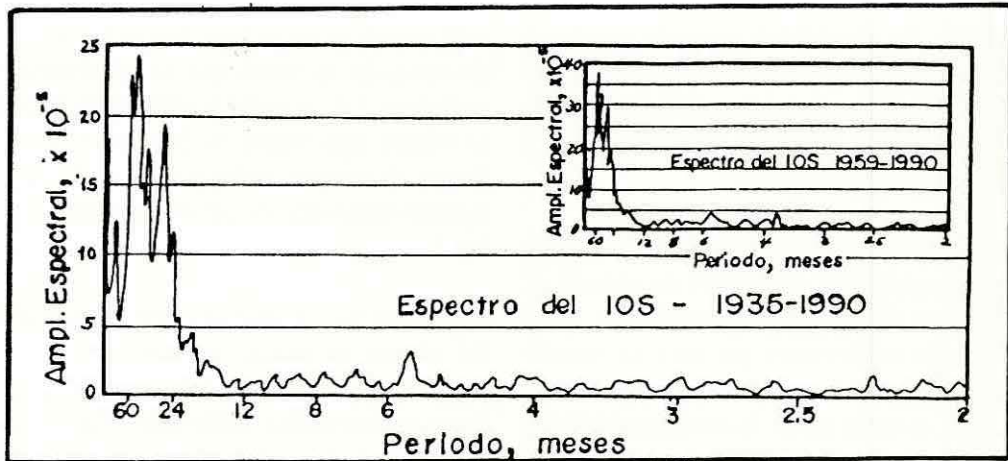


Figura 4. Análisis espectral de la serie del IOS 1935-1992 y de la serie truncada 1959-1990 (recuadro)

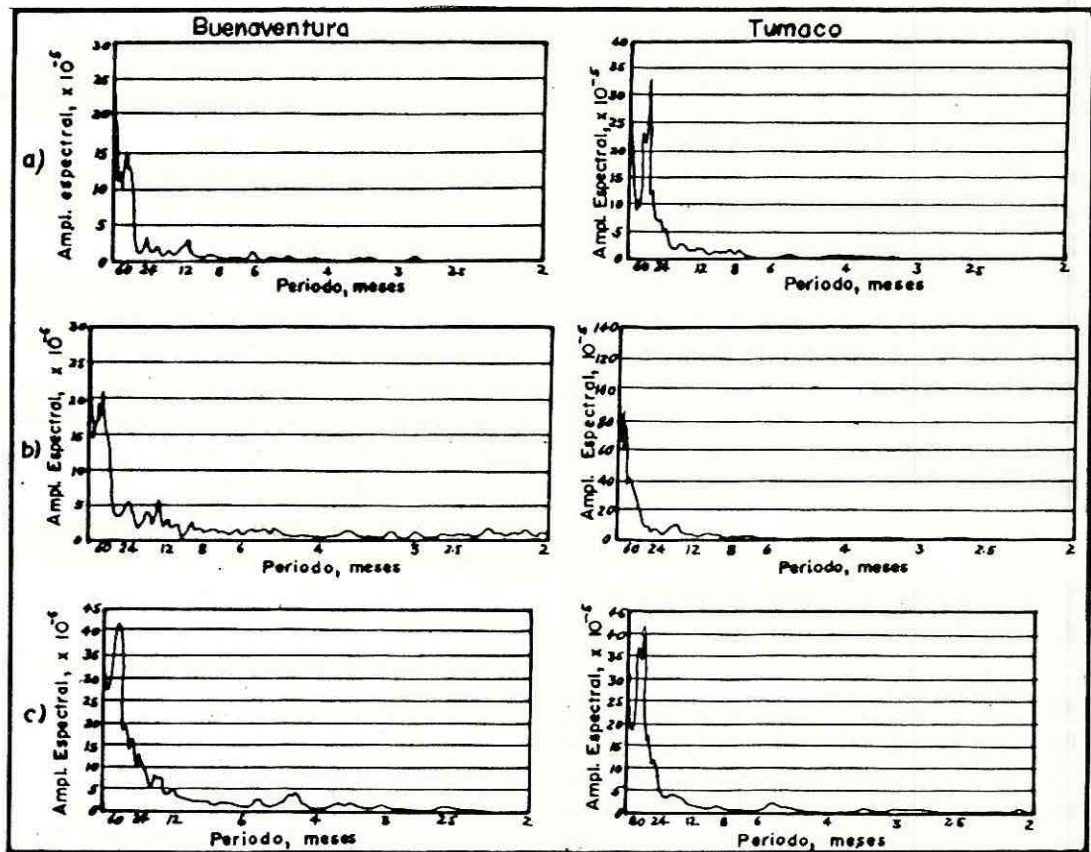


Figura 5. Análisis espectral de las anomalías de TSM (a), NMM (b) y TA (c) para las series de Buenaventura y Tumaco

atmosférico. Su variabilidad repercute adversa o beneficiosamente sobre casi todas las actividades del quehacer humano y de su conocimiento depende en buena medida, el óptimo desarrollo social y económico de muchos países.

La lluvia es uno de los parámetros meteorológicos de mayor variabilidad, por cuanto su génesis es función de un sinnúmero de factores físicos, que a su vez, están influenciados por otros de carácter global, que determinan su distribución espacio-temporal, tales como la latitud, la continentalidad y el relieve. En el tiempo la variabilidad puede ser intra-anual (intraestacional y estacional) e interanual. Esta última ha sido relacionada con el ENOS por diversos autores.

En general el espectro de las series temporales de precipitación en la región estudiada presenta componentes intra-anales muy bien definidos en el pulso de 6 meses y algo menor en el de 12 meses, en tanto que en el diapason de frecuencias bajas (períodos altos) del orden del ciclo ENOS (24 a 60 meses) no se aprecia ninguna señal. Se puede pensar que filtrando las series en más de 12 puntos (12 meses), es decir dejando únicamente la variabilidad interanual se podría llegar a obtener una mejor respuesta en el análisis de correlación precipitación-ENOS, pero aún así los coeficientes son poco alentadores. Por esta razón se decidió realizar en análisis de las características de la precipitación durante las fases opuestas del ciclo ENOS.

#### **4.1. Análisis durante las fases negativas del IOS (El Niño)**

El análisis de la distribución espacio-temporal de las precipitaciones durante las fases negativas del IOS en eventos fuertes y moderados (conforme con la clasificación de Quinn W.H. et al., 1978) muestra una clara tendencia hacia una disminución generalizada de las lluvias, la cual aumenta siste-

máticamente a lo largo de la zona Andina en sentido sur-norte, de tal forma que en el extremo más septentrional de la región (península de la Guajira) se registra algo menos del 50% de lo normal en épocas de eventos fuertes y entre el 50 u 80% en eventos moderados, lo cual se puede apreciar en la Fig. 6.

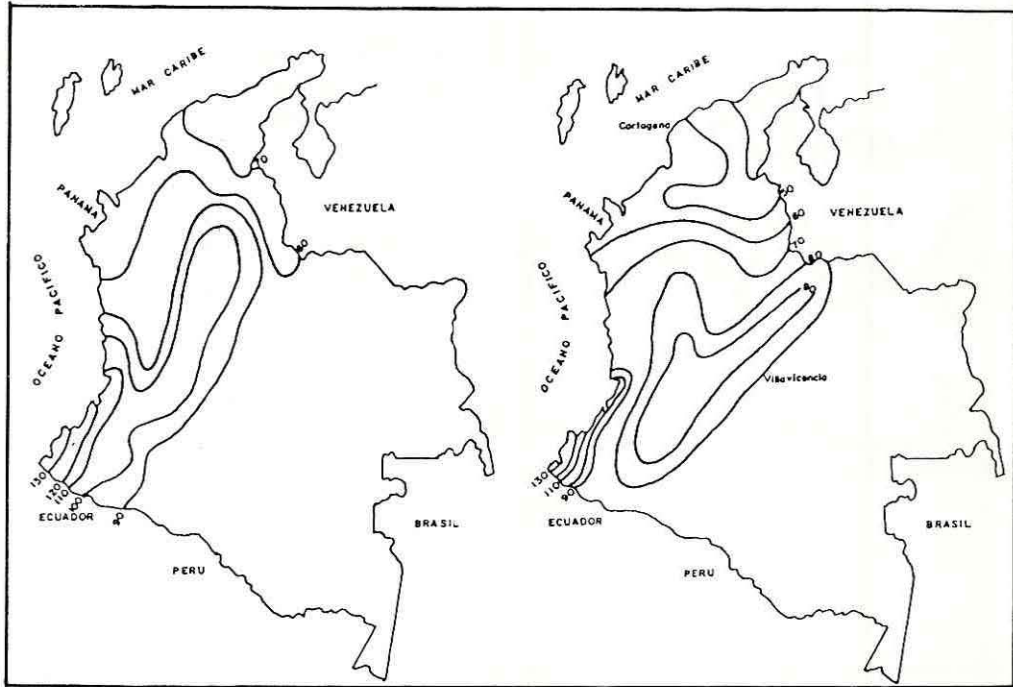
En armonía con los resultados anteriores, el análisis del número de meses (en porcentaje) para los cuales las precipitaciones fueron inferiores al 70% de sus valores medios multianuales (Fig. 7), durante las fases negativas del IOS, muestra igualmente una mayor severidad en los déficits de precipitación para los eventos fuertes, particularmente en el área norte de la región estudiada, correspondiente a las llanuras del mar Caribe aledañas a las estribaciones norte de la cordillera Andina, donde el cerca del 65% de estos meses (9 de 14 meses aprox.) presentan lluvias mensuales equivalentes al 70% o menos de lo que tradicionalmente suele caer en los mismos (Fig. 7b). Para eventos moderados se reduce esta área a un pequeño núcleo localizado en la parte media del litoral Atlántico colombiano (Fig. 7a).

Profundizando un poco más sobre este particular, se analizaron los meses con precipitación inferior a la mitad de lo normal encontrando que, para los eventos fuertes (Fig. 8b), el área donde se presentan 9 de 14 meses con déficit, está localizada al norte de las estribaciones de la cordillera, hacia la parte media de las llanuras del caribe. Para eventos moderados, el área reduce igualmente a una zona menor en la parte media del litoral norte de la región (Fig. 8a).

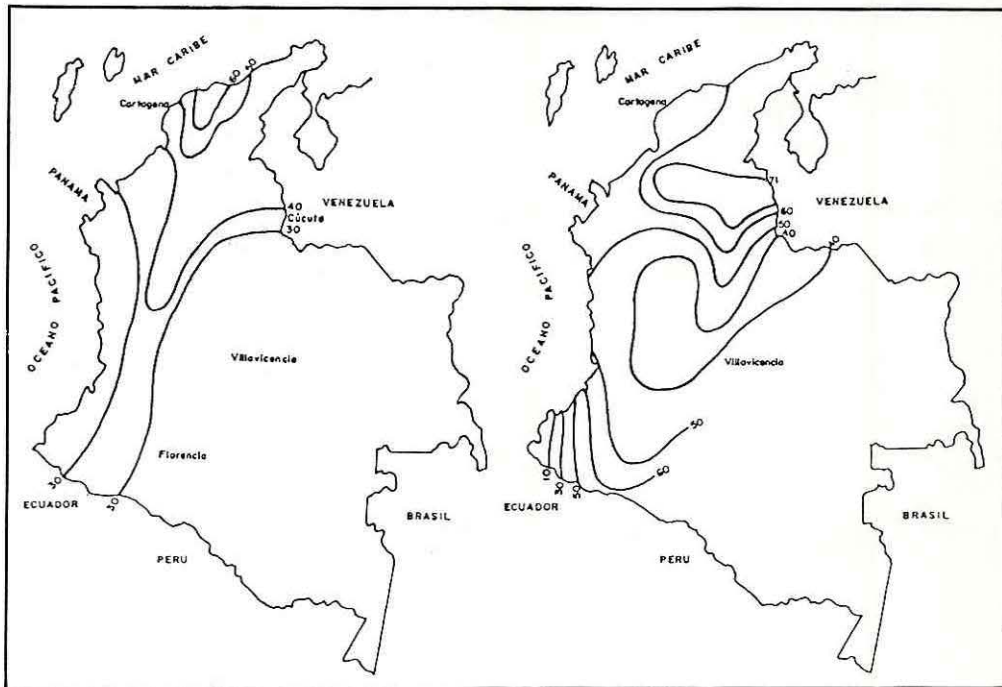
#### **4.2. Análisis para las fases positivas del IOS (anti-El Niño)**

Es importante destacar la correspondencia directa que existe entre los excesos de lluvia y los períodos denominados anti-El Niño (fase positiva del IOS). El análisis de la distribución de las lluvias para estas

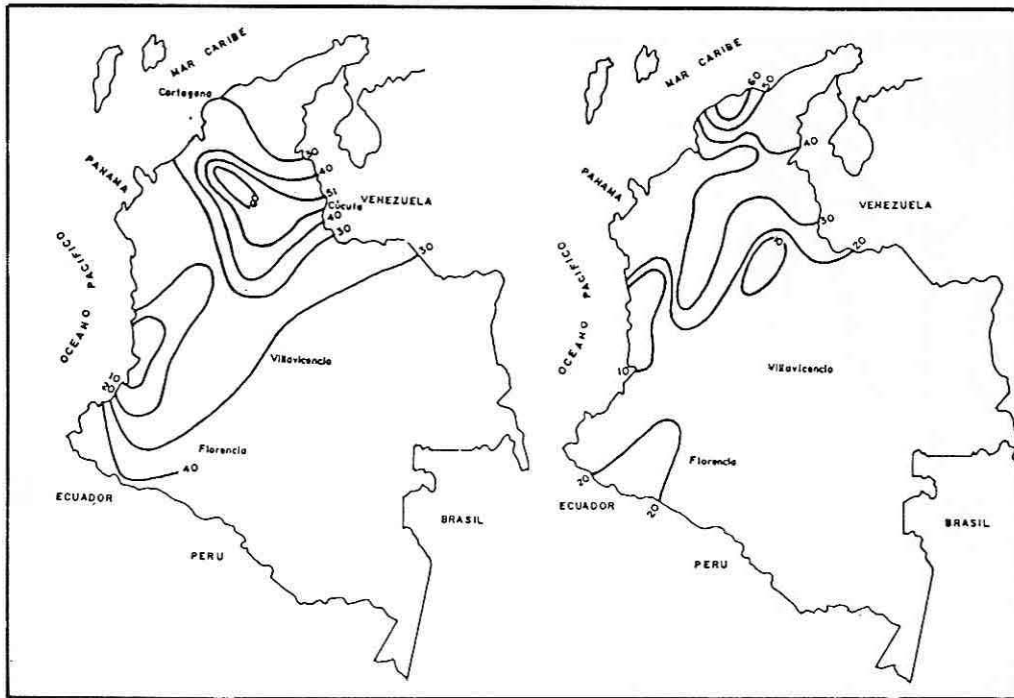




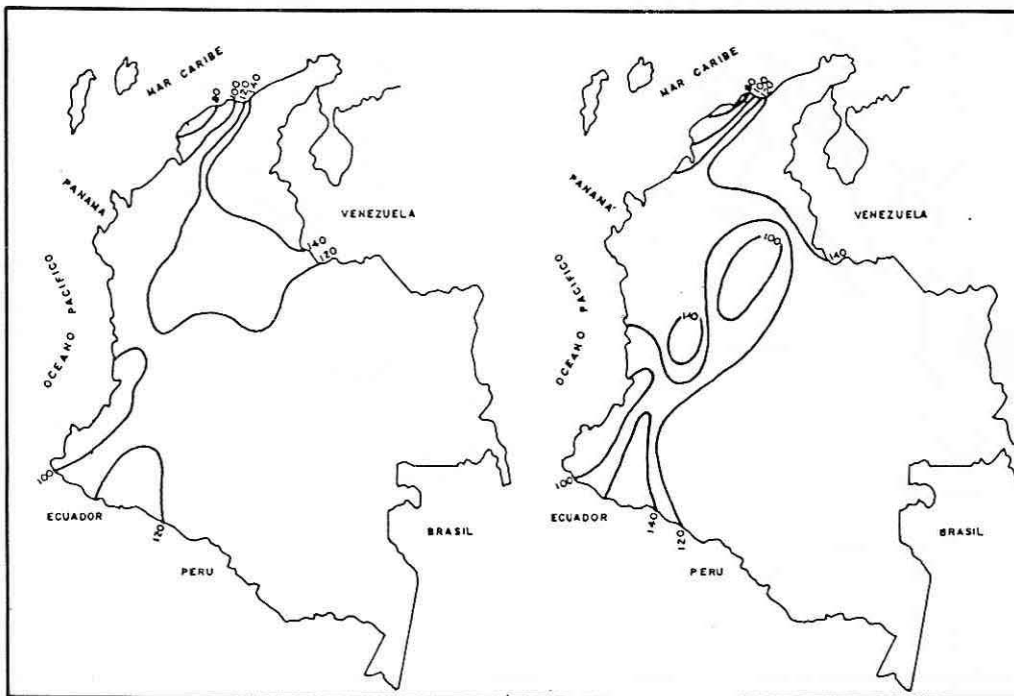
**Figura 6.** Porcentajes de precipitación (en relación con los promedios multianuales) durante las fases negativas del IOS en eventos ENOS moderados (a) y fuertes (b)



**Figura 7.** Porcentajes de precipitación (en relación con los promedios multianuales) durante las fases negativas del IOS en eventos ENOS moderados (a) y fuertes (b)



**Figura 8.** Isolíneas de porcentaje de meses con lluvias deficitarias (cantidades inferiores al 70% del promedio multianual) durante las fases negativas del IOS en eventos moderados (a) y fuertes (b)



**Figura 9.** Porcentaje (en relación con el promedio multianual) de precipitación durante las fases positivas del IOS en eventos anti-El Niño de carácter moderado (a) y fuerte (b).  
BOLETIN CIENTIFICO CIOH No. 12



fases durante eventos catalogados como fuertes y moderados se puede resumir en los mapas mostrados en la Fig. 9, en la cual se observa como los IP en eventos fuertes son superiores en un 50% o más que lo normal en el sector nororiental de las llanuras del Caribe y excesivas entre 20-50% en el área nor-occidental (límites con Panamá) y sur-occidental (límite con Ecuador). En los anti-El Niño moderados los excesos son de menor valor en la parte norte de la región y nulos al nor-occidente.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del anterior análisis permiten concluir lo siguiente:

- El comportamiento de los valores medios mensuales de la temperatura de la superficie del mar, del nivel medio del mar y de la temperatura del aire en Buenaventura presenta variaciones interanuales e interanuales, mientras que en Tumaco sólo se registran oscilaciones en la escala interanual.
- En Tumaco y Buenaventura la variabilidad interanual de los parámetros mencionados está directamente relacionada con el ENOS y son una respuesta a este último, particularmente en Tumaco donde ésta correlación es más marcada.
- Durante los eventos El Niño moderados y fuertes, las ondas Kelvin ecuatoriales alcanzan la latitud de Tumaco produciendo un incremento en el nivel medio mensual del mar (hasta de 40 cms en casos fuertes), lo cual crea condiciones para que las pleamares alcancen mayores alturas.

### **Agradecimientos**

*Los autores de este artículo expresan los más sinceros agradecimientos al Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) por el apoyo dado a la realización del presente trabajo como parte de los programas de la Sección de Investigaciones Meteorológicas, a la vez que hacen llegar un sentido reconocimiento al personal técnico y profesional de esa Sección que participó en la culminación del mismo.*

- Buenaventura generalmente se ve afectada por las ondas Kelvin costeras que se propagan en los eventos El Niño. Sin embargo, en casos extremadamente fuertes, la influencia de las ondas Kelvin ecuatoriales puede extenderse hasta esta latitud con consecuencias similares a las de Tumaco.

- Existe una alta correlación entre el comportamiento espacio-temporal de las lluvias y el ciclo ENOS, la cual se manifiesta en los déficit registrados durante la fase negativa del IOS y los excesos en la fase positiva, que son bastante significativos en la parte norte de la región estudiada, donde se localizan las tierras bajas de la zona caribe colombiana.

- Durante las fases negativas del IOS se aprecia una disminución en la cantidad mensual de precipitación registrada en gran parte de la región analizada, particularmente en el sector norte, la cual es más marcada durante los eventos ENOS de carácter fuerte.

- En las fases positivas del IOS, en anti-El Niño, se observa un incremento significativo en las cantidades mensuales de lluvia registrada en la parte norte de la región, particularmente en eventos fuertes.

Finalmente, es conveniente anotar que las anteriores conclusiones deben considerarse, aún como preliminares, por cuanto la extensión de las series utilizadas no permitió realizar el análisis de la distribución de la precipitación en un mayor número de eventos. Por otra parte, la carencia de información en algunas regiones, particularmente la Orinoquía y la Amazonía, impidió lograr una mayor cobertura territorial del análisis.

## BIBLIOGRAFIA

- Climate Analysis Center. Climate Diagnostics Bulletin. Near real time analyses ocean-atmosphere. July/1992. -U.S. Department of Commerce-NOAA-NWS-NMC, Washington, D.C.
- Climate Analysis Center. Climate Diagnostics Bulletin. Near real time analyses ocean-atmosphere. July/1992. -U.S. Department of Commerce-NOAA-NWS-NMC, Washington, D.C.
- CPPS, 1985. Taller sobre el fenómeno El Niño 1982-83, Guayaquil, Ecuador, 12 de diciembre de 1983. -Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Secretaria de la CPPS, Quito, 1982-1985.
- QUINN W.H., Zopf D.C., Short K.S., Kuo-Yang R.T.W., 1978. Historical trends and Statistic of the Southern Oscillation, El Niño and Indonesian Droughts. - Fish Bull., 76. pp. 663-678.
- ENFIELD D.B., 1989. El Niño: Past and Present. - Rev. of Geoph., 27, 1/February, pp. 159-187.
- RASMUSSON E.M., 1985. El Niño and variations in climate. - Am. Sci, 73. pp. 168-177.
- GILL A.E., 1982. Atmosphere-Ocean Dynamics. - Academic Press. New York - London - Paris - San Diego. pp. 662.
- ROPELEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. - Mon. Wes. Rev, 115, pp. 1606-1626.
- IOC, 1986. Workshop Report No. 49. "AGU-IOC-WMO-CPPS Chapman Conference: An International Symposium on El Niño", Guayaquil, Ecuador, 27-31 October, 1986.
- ROPELEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1989. Precipitation patterns associated with high index phase of the Southern Oscillation. - J. Climate, 2. pp. 268-284.
- LUKAS R., HAYES S.P., WYRTKIK., 1984. Equatorial sea level response during 1982-1983 El Niño. -J. Geophys. Res., v. 89, 10, p. 425-450.
- WALLACE J.M., 1986. El Niño events along the South American coast and their relation to the Southern Oscillation. - Abstract issued in: Workshop Report No. 49, AGU-IOC-WMO-CPPS Chapman Conference: An International Symposium on El Niño. (Guayaquil, Ecuador, 27-31 October, 1986). p. 2. - Anexo III.
- ORTIZ G., MONTEALEGRE J.E., RAMIREZ P., 1990. Impacto Ambiental del fenómeno El Niño en Colombia. -En Memorias del IV Congreso Interamericano y II Colombiano de Meteorología, 17-21 de Septiembre de 1990, Bogotá. pp. 169-173.
- PAVON J.D., 1990. Efecto climático del fenómeno El Niño en el suroccidente colombiano. -En memorias del IV Congreso Interamericano y II Colombiano de Meteorología, 17-21 de Septiembre de 1990, Bogotá. pp. 161-168