

ASPECTOS DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE GRAN ESCALA SOBRE EL NOROCCIDENTE DE SURAMÉRICA ASOCIADA AL CICLO ENOS 2009-2010 Y SUS CONSECUENCIAS EN EL RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN EN COLOMBIA.

Gloria León Aristizábal¹

Resumen

En los años 2009 y 2010 la circulación atmosférica de gran escala sobre el noroccidente de Suramérica estuvo influenciada por los eventos extremos de la variabilidad climática interanual, en particular relacionados con la transición de un fenómeno La Niña a El Niño en junio de 2009, posteriormente se dio un cambio rápido de retorno a un evento La Niña a mediados del 2010. A pesar de que La Niña del 2009 fue de corta duración tuvo un fuerte impacto en los patrones de la convección y vientos tropicales del norte de Sur América, la precipitación en Colombia presentó excesos entre el 40% y 70%, durante el primer trimestre del 2009, especialmente en la región Andina, por el retraso de la ZCIT en su desplazamiento hacia el sur; el resto del año la circulación atmosférica se caracterizó por la supresión de los patrones de convección como consecuencia de la alteración de la celda de Waker. Para el último trimestre de 2009 se hizo más notoria la supresión y las deficiencias de la precipitación que llegaron a ser del orden del 50% en amplias zonas de la regiones Caribe, Andina y Pacífica. A pesar de que los primeros meses del 2010 continuó El Niño, el balance anual de las precipitaciones fueron de excesos extraordinarios, y repetidamente se superaron los registros históricos en múltiples localidades, como consecuencia del incremento del contenido de humedad, alteraciones en el comportamiento de la ZCIT y el fortalecimiento de la convección, asociadas con una Niña de categoría entre moderada y fuerte.

Palabras clave: El Niño, La Niña, precipitación, variabilidad climática, Colombia

Abstract

In the years 2009 and 2010 the large-scale atmospheric circulation over northwestern South America was influenced by extreme events of climate variability, particularly related to the transition from La Niña to El Niño in June 2009, subsequently gave a quick change back to a La Niña event in mid-2010. Although La Niña of 2009 was of short duration had a strong impact on patterns of tropical convection and winds north of South America precipitation in Colombia showed excesses between 40% and 70% during the first quarter of 2009, especially in the Andean region, the delay of the ITCZ as it moves south, the remainder of the atmospheric circulation is characterized by the suppression of convection patterns as a result of altered cell Waker. For the last quarter of 2009 was more pronounced suppression and rainfall deficiencies that became the order of 50% in large areas of the Caribbean, Andean and Pacific. Although the first months of 2010 continued El Niño, the annual balance of excess rainfall was extraordinary, and repeatedly exceeded historical records in multiple locations as a result of increased moisture content, changes in behavior ITCZ and the strengthening of convection, associated with a moderate to strong La Niña.

Key words: El Niño, La Niña, precipitation, climate variability, Colombia

1. Introducción

El clima de Colombia, durante el 2009-2010 se caracterizó por periodos extremos relacionado con las condiciones fluctuantes a través del Pacífico Tropical. El año 2009 terminó bajo el efecto de un episodio moderado de El Niño que se mantuvo hasta el mes de mayo, dando lugar a que el primer trimestre presentara condiciones bastantes secas. Tras la rápida disipación de este evento a

¹ Profesional Especializado, Subdirección Meteorología, IDEAM
Profesor Asociado, Posgrado Meteorología, Universidad Nacional de Colombia

principios de mayo de 2010, en el Pacífico tropical surgieron las condiciones frías características de La Niña, que sumado a una condición cálida del Caribe y Atlántico tropical, alteraron el comportamiento de las variables climáticas desde superficie hasta la baja estratosfera. Estas condiciones tuvieron como consecuencia un aumento de los volúmenes de lluvias sobre Colombia con excesos en gran parte del territorio nacional, especialmente en la región Caribe, Andina y Pacífica, durante el segundo semestre de 2010. El mes de julio fue el más lluvioso de los últimos 10 años y fue el de mayor intensidad, comparando con los meses de julio de los años La Niña 1998, 1999 y 2000; en varias localidades de las regiones Caribe y Andina se registraron los valores más altos de los últimos cuarenta años para el mes en cuestión; noviembre fue otro mes con altos volúmenes de lluvia en la mayor parte de la región Caribe, Pacífica, Andina y sectores distribuidos a lo largo de la Orinoquia. Los registros de precipitación fueron los mayores con respecto a los meses de noviembre de otros años La Niña, como los de 1988, 1995, 1998, 2000 y 2007. Las lluvias excesivas del segundo semestre del 2010 dieron lugar a inundaciones, deslizamientos y movimientos en masa que ocasionaron desastres de extraordinarias proporciones en el territorio nacional, en particular en las regiones Caribe y Andina, razón por la cual el gobierno tuvo que decretar la emergencia invernal en 28 de los 32 departamentos, exceptuando a San Andrés, Guaviare, Amazonas y Guainía, con la pérdida de 315 vidas humanas, afectación a más de 2 millones de persona y una inversión que supera los \$540.000 millones de pesos para atender la emergencia.

2. Materiales y Métodos

La circulación mensual y estacional se analizó a partir de los campos del viento (componentes zonal y meridional), humedad específica, y omega de los datos del reanálisis del National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (Kalnay et al., 1996), que abarca el período 2009 y 2010, para la construcción de las anomalías se usó la climatología 1968 – 1996. Los análisis del campo de OLR

(Outgoing Longwave Radiation) se efectuaron con base en los datos operacionales del NCEP (Liebmann and Smith, 1996) y el periodo de referencia para la generación de las anomalías fue 1979-1995.

Para estudiar la influencia de la temperatura superficial del mar se usó la serie mensual del periodo 1951-2010, NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (TSM) V3b - ERSST V3b (Smith et al., 2008) y la climatología correspondió al periodo 1971- 2000.

Para el análisis de la precipitación se utilizaron los datos mensuales de precipitación de 230 estaciones que se obtuvieron de la red de estaciones del IDEAM con normales climatológicas 1971-2000, para representar el campo nacional de precipitación.

Se calcularon los vectores propios de varianza-covarianza de los datos de ERSST V3b para el Océano Pacífico tropical para el área comprendida entre 25°N-25°S y 75°W-200°W, igualmente para el Mar Caribe y Atlántico Tropical entre 25°N-5°S y 85°W-0°.

Se empleó el análisis de componentes principales a las series temporales de los totales mensuales de precipitación para los periodos de enero-marzo, marzo-mayo y septiembre-noviembre y a las series de la TSM media mensual para el Océano Pacífico tropical, en el área comprendida entre 25°N-25°S y 75°W-200°W, para los periodos de enero-febrero, marzo-abril y septiembre-octubre, con el propósito de agrupar la variabilidad y sintetizar la información de las variables. El número de componentes seleccionadas se tomó sobre el 80% de la varianza, 15 componentes fueron retenidas en el caso de la precipitación y 5 para TSM en el Océano Pacífico tropical. Con las componentes seleccionadas se realizó el análisis de correlación canónica para generar las variables canónicas y definir las series temporales de los datos reconstruidos a partir de las componentes principales que mejor se ajustan y los mapas canónicos para representar la correlación entre las variables canónicas, de manera que se puedan establecer las relaciones entre las regiones en que el comportamiento de la nueva variable se asemeja a la serie de datos reconstruidos.

3. Análisis de Resultados

A continuación se presenta un análisis de la variabilidad interanual estacional de la precipitación en Colombia y su relación con la TSM en el Océano Pacífico tropical. Así mismo, se realiza una breve descripción de las características climatológicas de los niveles superiores e inferiores de la circulación troposférica sobre el noroccidente de Suramérica asociada al ciclo ENOS 2009-2010 y sus consecuencias en el régimen de precipitación en Colombia.

3.1. Características de la temperatura superficial del mar

Las fluctuaciones extremas de la TSM en el Océano Pacífico tropical, entre eventos cálidos de El Niño y fríos de La Niña, fueron las características principales durante el 2009 y 2010 (Figura 1). Es de anotar que este fenómeno es la variación climática más prominente que se presenta en la Tierra (McPhaden et al., 2006) y conjuntamente con el patrón oscilante de presión atmosférica de la zona tropical del océano Índico y el Pacífico, Oscilación del Sur, aunado a la alteración de la fuerza de los vientos alisios del Pacífico, es el responsable de la principal fuente de variabilidad interanual en el sistema climático de esta cuenca (Hsiung y Newell, 1983) y a través de teleconexiones atmosféricas afecta los patrones climáticos de regiones alejadas de la cuenca del Pacífico (Trenberth et al., 1998). El Niño-Oscilación de Sur (ENOS) tiene un papel activo en la dinámica de la troposfera en el noroccidente de Suramérica y produce cambios significativos en los patrones de precipitación en Colombia con una respuesta de deficiencias en la precipitación ante eventos El Niño y excesos ante La Niña (Montealegre, 1996).

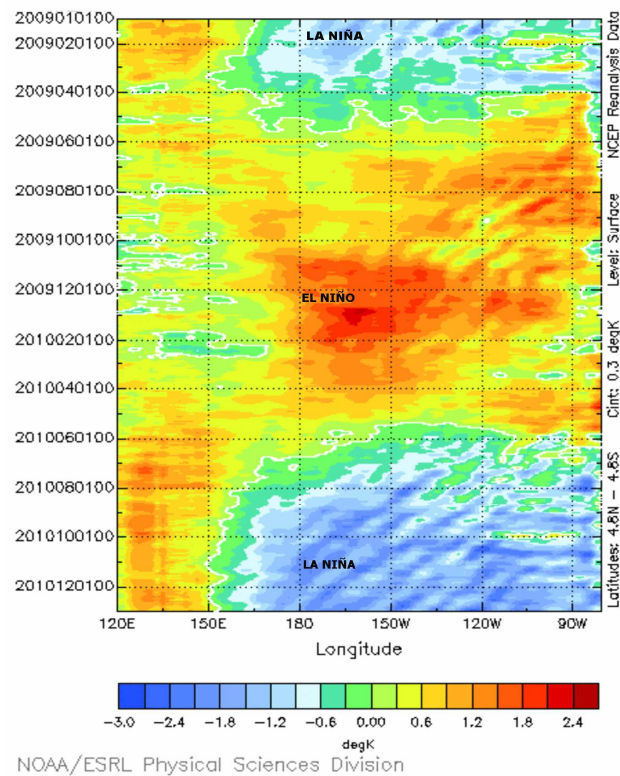


Figura 1. Anomalías de la temperatura superficial del mar de enero de 2009 a diciembre de 2010, a partir de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis.

El 2009, inició bajo condiciones semejantes a las del fenómeno de La Niña, con anomalías de la TSM en la región El Niño-3.4 de -1.0°C , como resultado de una breve reaparición del episodio de La Niña que se dio a finales del 2007 y primer semestre de 2008, no obstante, cabe destacar que estas condiciones dieron lugar a alteraciones climáticas importantes en Colombia. La transición de La Niña a condiciones de ENOS-neutral se observó en abril de 2009, cuando las anomalías de TSM empezaron a tornarse positivas en las zonas del Pacífico oriental y en la región Niño-3.4, donde la TSM alcanzó un valor de -0.2°C , mientras que en la región Niño-4 el índice de TSM fue de 0.0°C .

EL Niño empezó a manifestarse desde mayo de 2009 por un calentamiento de las aguas del Océano Pacífico tropical, y a mediados de junio las condiciones meteorológicas y oceanográficas mostraron el inicio de la etapa temprana de formación, cuando la superficie marina presentó un índice TSM en

la región Niño-3.4 de $+0.6^{\circ}\text{C}$, los vientos del Este se debilitaron y empezó a observarse un aumento progresivo en el nivel promedio del mar; entre diciembre de 2009 y enero de 2010 el fenómeno llegó a su máxima intensidad, cuando la TSM alcanzó valores de $+1.5^{\circ}\text{C}$ y $+1.6^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Esta condición se acercó o fue ligeramente superior a un episodio típico de El Niño; a partir de abril inició la fase de debilitamiento y se disipó a finales del mes de mayo 2010 cuando empezó una nueva fase de enfriamiento sobre gran parte del Océano Pacífico tropical. Para el mes de julio de 2010, las anomalías de TSM en la región Niño-3.4 ya eran de -0.9°C y un episodio La Niña se puso en marcha, alcanzando un gran desarrollo a finales de año, con un índice de TSM de -1.5°C , para ser catalogado como un evento de moderado a fuerte.

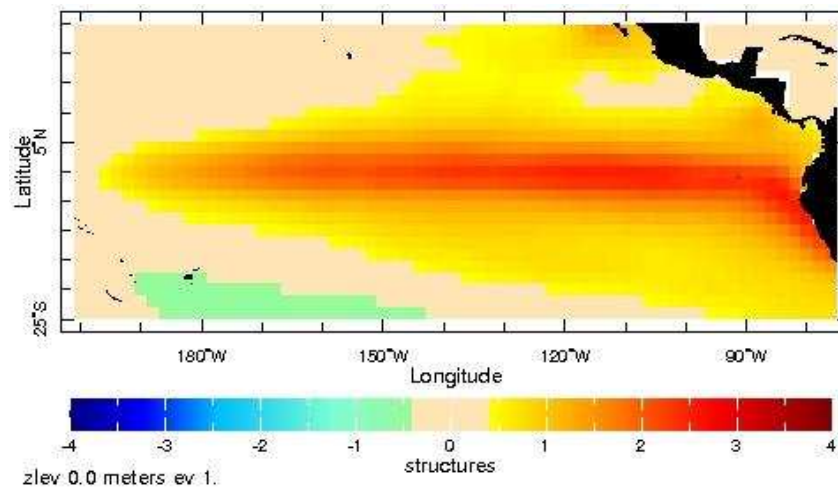


Figura 2. Imagen de la estructura del primer valor propio de ERSST V3b para el Océano Pacífico tropical, periodo 1951-2010, que explica el 56% de la varianza total presente en los datos originales y que representan el patrón climático de variabilidad interanual El Niño/La Niña.

Los resultados del análisis de componentes principales mostraron que la primera estructura del vector propio (EOF1) de la variabilidad interanual de TSM del Océano Pacífico tropical representa el patrón El Niño/La Niña, con un valor propio normalizado de 0.56, en tanto que el segundo vector cae rápidamente a 0.11, el tercero 0.6, con las siguientes componentes aproximándose a cero. El patrón espacial de la variabilidad que se describe de manera sucinta en la primera función empírica

ortogonal (EOF1) de la TSM, se muestra en la Figura 2. El fenómeno El Niño/La Niña, junto con la Oscilación del sur ENSO produce fuertes perturbaciones de características complejas sobre la circulación atmosférica de noroccidente de Suramérica y en particular en Colombia, como por ejemplo la actividad conectiva y por lo tanto en las cantidades de precipitación.

La figura 3 muestra los resultados del análisis de correlación canónica efectuado con la TSM y la precipitación para tres épocas del fenómeno El Niño/La Niña, ceñidas a marcar los periodos donde tiene un buen grado de desarrollo, como lo son los meses de enero-febrero, marzo-abril y septiembre-octubre, contra la precipitación para los periodos de enero-marzo, marzo-mayo y septiembre-noviembre, respectivamente. Las dos series temporales muestran un comportamiento muy acoplado en la fase de principios de año, con una correlación canónica de 0.8, en tanto que a finales de año, la correlación decae un poco, siendo del orden de 0.6.

Los mapas canónicos muestran las correlación entre las primeras variables canónicas y indican que durante enero a marzo en las regiones Caribe, Andina y Pacífica, hay una correlación inversa entre la precipitación y TSM; en la Orinoquia y Amazonía, a pesar de contar con una menor cantidad de estaciones, la señal es contraria, definiendo un comportamiento de tipo dicotómico entre la precipitación en el oriente de Colombia y resto del país, lo que significa que cuando hay excesos (deficiencias) de precipitación en la región oriental, en la otras regiones del país presentan valores inferiores (superiores) a la climatología, resultados similares a los obtenidos por Montealegre (1996).

Para la fase septiembre-noviembre, las series temporales de TSM y precipitación muestran un comportamiento menos acoplado comparado con el de la fase de enero-febrero, pero mantiene la estructura espacial en el comportamiento de

excesos (deficiencias) en la región oriental durante El Niño (La Niña) y deficiencias (excesos) en el resto de Colombia. Los mapas canónicos muestran que el comportamiento espacial de la TSM también es semejante a los otros entre marzo y abril, pero la precipitación en el norte del país aparece un comportamiento contrario entre marzo y mayo donde los excesos empiezan a manifestarse. En general, el análisis de correlación canónica revela que existe una buena coherencia entre las anomalías de precipitación con los fenómenos El Niño/La Niña.

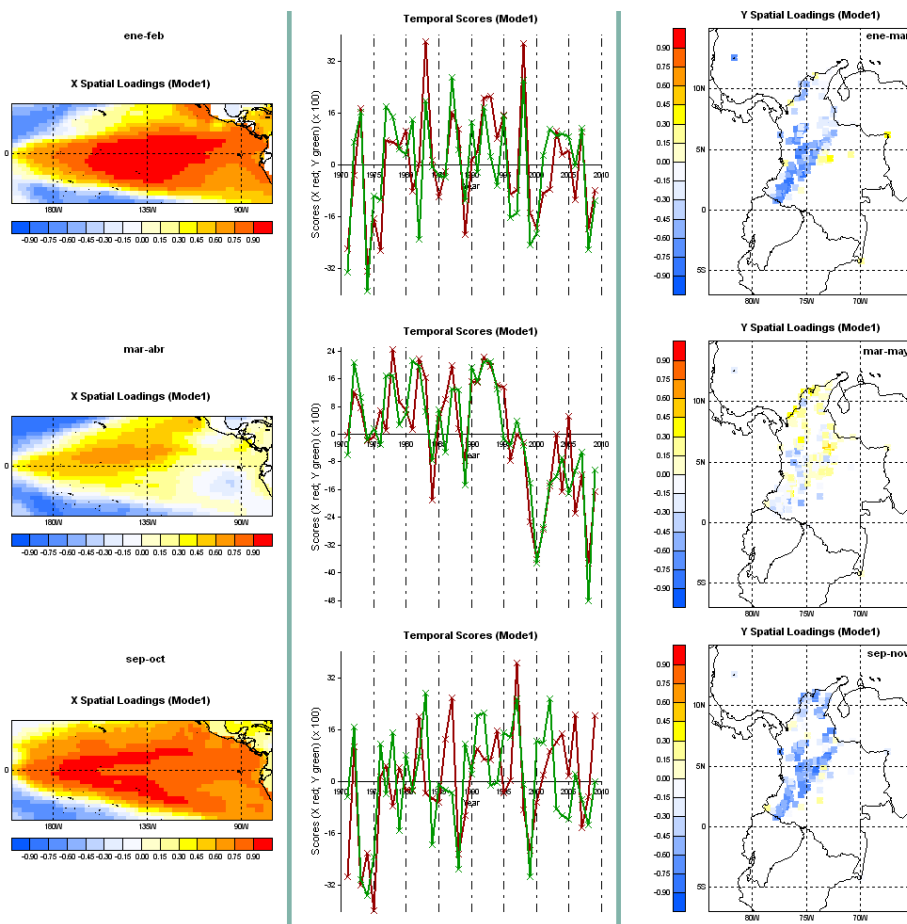


Figura 3. Análisis de correlación canónica entre la TSM en el Océano Pacífico tropical para los periodos de enero-febrero (superior), marzo-abril (central) y septiembre-octubre (inferior) y precipitación para los periodos de enero-marzo, marzo-mayo y septiembre-noviembre. a) Patrón del primer modo para la TSM, mapa de la izquierda, b) primera variable canónica para la TSM (rojo) y la precipitación (azul) y c) patrón del primer modo para la precipitación.

Como consecuencia de la interacción océano-atmósfera, ante cambios en la temperatura de la superficie del mar, la circulación atmosférica sufre alteraciones como la Oscilación del sur y el debilitamiento/fortalecimiento de los Alisios. Las anomalías climáticas en la zona tropical por El Niño/La Niña están asociadas al desplazamiento de Walker, con migraciones de Este a Oeste que repercuten en el comportamiento del movimiento vertical en amplias zonas ecuatoriales y por ende en los patrones de convección, teniendo como resultado cambios en la ubicación de la precipitación ecuatorial, por otro lado, tienen impactos en estructuras como la Zona de Confluencia Intertropical y corrientes en chorro subtropicales. Los movimientos descendentes en el noroccidente de Suramérica, la Amazonía oriental y el noreste de Brasil durante los eventos cálidos de El Niño explican las condiciones generalmente secas que se presentan durante esta fase, mientras que en Perú y Ecuador los patrones de convección se fortalecen; anomalías climáticas opuestas son características de la fase fría. Por lo tanto, las situaciones de TSM cálidas (frías) que se derivan del análisis de correlación canónica deberán estar asociadas a distintos patrones de circulación.

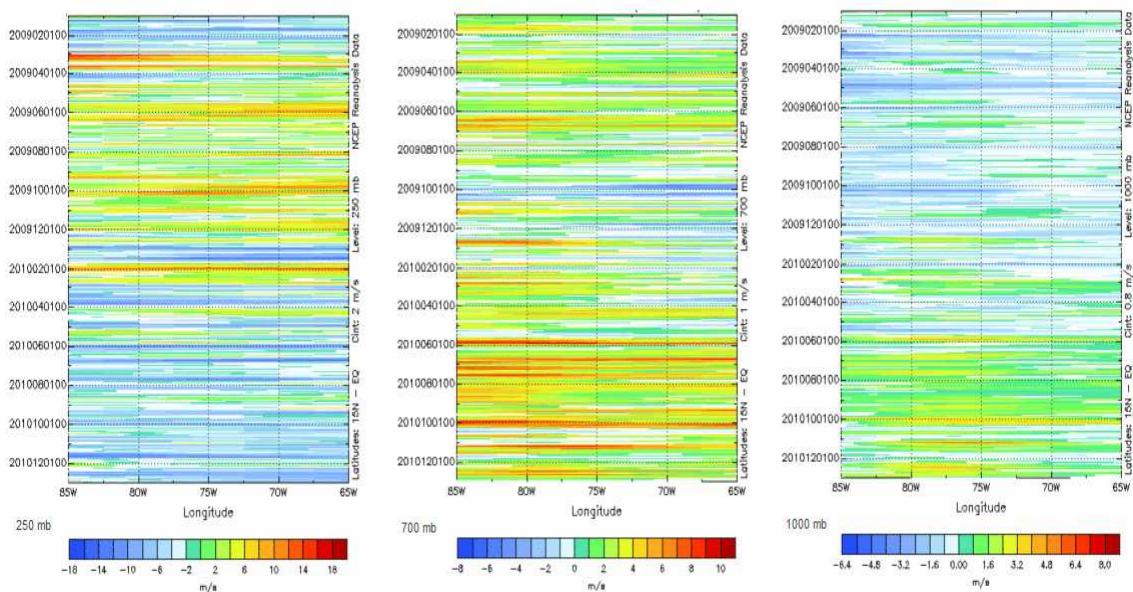


Figura 4. Anomalías de la componente zonal del viento en 250, 700 y 1000 hPa en los años 2009 y 2010, para el área comprendida entre 0°-15°N y 65°W-85°, a partir de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis.

3.2. Características de niveles superiores de la tropósfera

Durante los años 2009 y 2010, los patrones de la circulación atmosférica de niveles altos permanecieron alterados debido a anomalías en el campo de viento. En la fase El Niño dominaron las anomalías positivas del viento zonal y en la fase La Niña las anomalías negativas sobre Colombia (Figura 4).

Entre septiembre y noviembre, los patrones dominantes de circulación son la Alta de Bolivia centrada en el suroriente de Leticia y la alta del hemisferio norte que se sitúa en el noroccidente del Caribe y se extiende sobre el Pacífico oriental, generando vientos del sureste desde la Amazonía y vientos del noroeste sobre el Caribe occidental, en su orden, de manera que caen sobre Colombia, enlazándose con un canal de vientos zonales que navegan de este a oeste sobre el territorio nacional, con el desarrollo de movimientos verticales ascendentes que se manifiestan como una banda diagonal a lo largo Colombia, con dirección NW-SE.

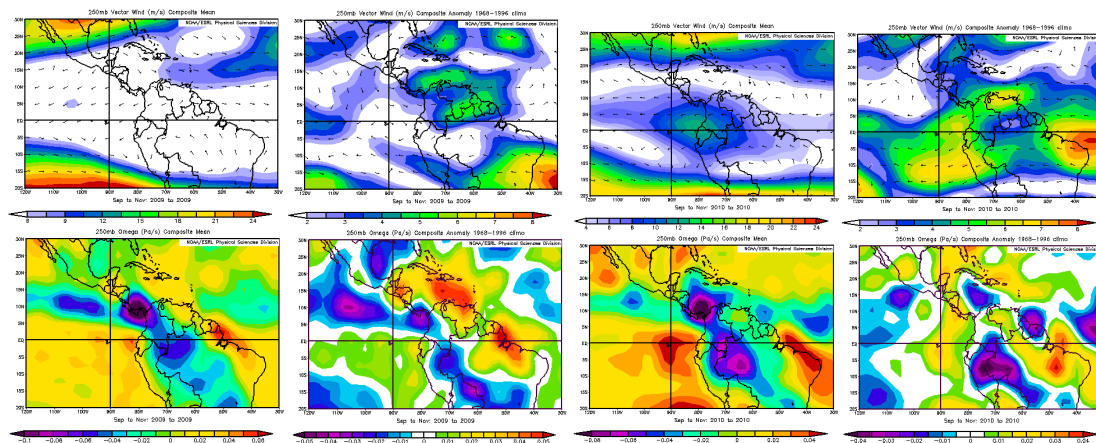


Figura 5. Composición de los campos de viento y omega con sus anomalías en 250 hPa para el periodo septiembre-noviembre durante los eventos El Niño de 2009 (izquierda) y La Niña (derecha), a partir de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis.

Durante el episodio El Niño del 2009, los vientos del este se debilitaron, la Alta de Bolivia se situó más al sur y la alta del hemisferio norte al occidente de su posición climatológica, Ferreira et al. (2004) sugieren que los desplazamientos eventuales de la Alta de Bolivia implicarán cambios de la actividad convectiva en la Amazonía. Debido a que esta configuración adoptó vientos con una fuerte componente oeste, en detrimento de la componente meridional que daba lugar al arrastre de aire hacia Colombia, los movimientos verticales ascendentes se hicieron más débiles y los movimientos descendentes hicieron su aparición sobre el Caribe colombiano (Figura 5), recalentando y secando el arrastre del aires desde capas superiores hacia las inferiores, inhibiendo los patrones de convección.

En el 2010, cuando La Niña originó intensas lluvias en Colombia, la Alta de Bolivia se mantuvo en una posición anómala, desplazándose hacia el suroeste y además generando vientos más intensos del este en su porción septentrional, por otro lado el anticiclón del norte se desplazó hacia el oriente y el canal de los estes, ubicado entre estos dos sistemas se estrechó y aumentó la velocidad de esta componente entre 5 y 7 m/s; los movimientos verticales descendentes se fortalecieron sobre el Pacífico oriental y el norte del Brasil, los cuales a su vez modularon la convección en la Amazonía como efecto de los movimientos verticales ascendentes que se registraron por encima de la norma. A partir de la comparación del patrón climatológico y las condiciones presentadas en septiembre-noviembre, se hace evidente que en gran parte de Colombia los movimientos subsidentes dominan la fase El Niño y los movimientos convectivos la fase La Niña.

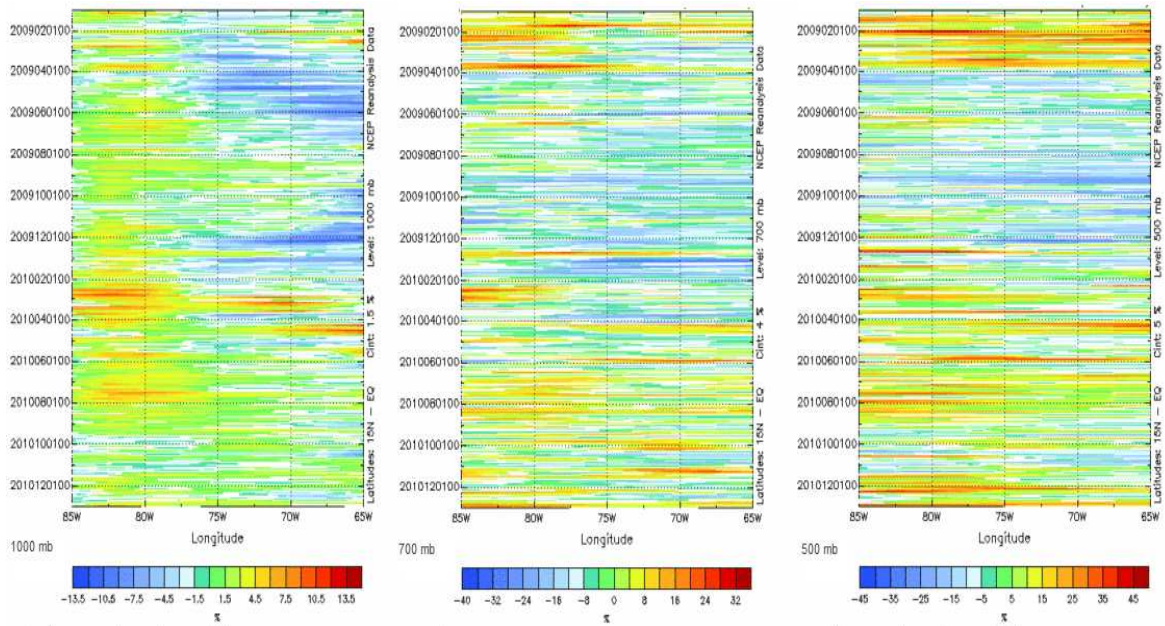


Figura 6. Anomalías de la humedad específica en 1000, 700 y 500 hPa en los años 2009 y 2010, para el área comprendida entre 0°-15°N y 65°W-85°, a partir de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis.

3.3. Características de niveles inferiores de la tropósfera

La circulación media de septiembre-noviembre para 700 hPa, sobre el noroccidente de Suramérica, está representada por los vientos alisios, con intensidades entre 5 y 10 m/s, exceptuando la zona fronteriza de Panamá y Colombia, donde se debilitan y se tornan del oeste, con aportes significativos de humedad sobre el continente, que dan paso al desarrollo de la Baja de Panamá (León et al., 2000), el cual produce precipitaciones significativas sobre el noroccidente de Colombia. Los vientos alisios tienen un papel importante en la advección de humedad desde el Océano Atlántico Tropical en el NE y la Amazonía (Rao y Marques, 1984). Esta humedad alimenta la actividad convectiva sobre la tierra. Por otro lado, los vientos del noreste en el sector occidental provenientes de la Alta Subtropical son importantes para el establecimiento y mantenimiento de la rama oceánica de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur.

Los campos medios de 700 hPa revelan altos contenidos de vapor de agua, especialmente en el sector occidental de Colombia y Océano Pacífico tropical oriental durante septiembre-noviembre, que le dan soporte a la convección bajo un marco de movimientos ascendentes, que abarcan extensas zonas de Colombia y se extienden hacia la Amazonía Brasileña

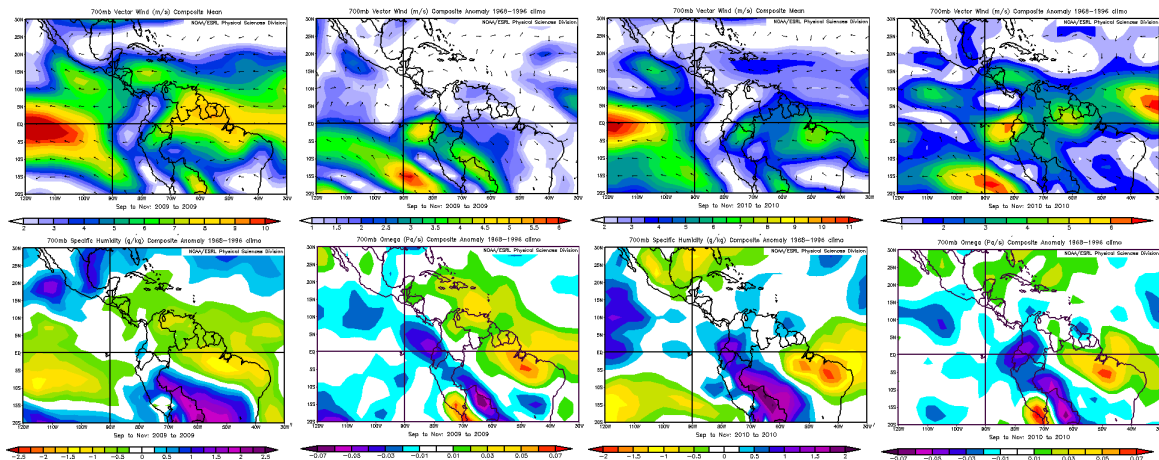


Figura 7. Composición de los campos de viento, humedad específica y omega con sus anomalías a 700 hPa para el periodo septiembre-noviembre durante los eventos El Niño de 2009 (izquierda) y La Niña (derecha), a partir de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis.

La Figura 4 muestra que para el evento El Niño del 2009, los vientos del este sufrieron fuertes debilitamientos y en el evento La Niña de 2010 los estes se fortalecieron, siendo las características principales observadas en la circulación de capas bajas. Estos cambios de patrones a lo largo Colombia condujeron a cambios coherentes en el contenido de humedad y de los movimientos verticales. Para el periodo septiembre-noviembre del 2009, se observó reducción de la altura de la columna de vapor de agua y bajos contenidos de humedad en las capas inferiores (Figura 6), está característica no solo fue típica para Colombia sino también para amplias regiones de norte de Suramérica. La reducción del contenido de humedad fue una consecuencia de los fuertes movimientos subsidentes (Figura 7), los que a su vez repercutieron en el balance de energía en el tope de la atmosfera, marcando un patrón de disminución de la convección, como lo indica el diagrama Hovmoller de OLR (Figura 8).

En el evento La Niña del 2010, el incremento de la humedad y el patrón de movimientos verticales ascendentes en Colombia (Figura 7) durante septiembre-noviembre son coherentes con las anomalías de precipitación (Figura 9). Las principales características observadas en el campo de lluvia estuvieron asociadas con actividad ciclónica en el Mar Caribe y fuerte actividad convectiva en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Durante septiembre, en la mayor parte de la región Caribe y en sectores del norte y centro de la región Andina y norte de la Pacífica se registraron lluvias con excesos entre moderados y altos. Se destacan excesos mayores al 70% por encima del promedio en amplios sectores de los departamentos de La Guajira, Córdoba, sur de Bolívar, norte de Cesar, Chocó, sur de Nariño, sur de Antioquia, sectores de Cundinamarca y sectores de los Santanderes; en amplios sectores de la Orinoquía se registraron lluvias entre lo normal y déficits ligeros hasta en un 30% por debajo del promedio, excepto en Arauca donde se registraron excesos mayores al 70% por encima del promedio; en la Amazonía se registraron lluvias entre lo normal y déficits ligeros hasta en un 30% por debajo de lo normal y déficit moderado en sectores del Vichada y sur del Amazonas. En octubre, disminuyó un poco la actividad ciclónica en aguas del Mar Caribe, y con ello, las anomalías de lluvia aún excesivas en la región Caribe, disminuyeron un poco con relación a septiembre, cabe resaltar que en la última semana se incrementó la cantidad de lluvias en esta región debido a la influencia del Huracán TOMAS que transitó muy cerca de La Guajira; en sectores de la Orinoquia y de la Amazonía se incrementaron ligeramente las precipitaciones, aunque en estas zonas se registraron todavía déficits leves; se destacan excesos mayores al 70% por encima del promedio en amplios sectores de los departamentos de La Guajira, Magdalena, norte del Cesar, sur de Sucre, Atlántico, norte de Bolívar, Chocó, Cauca, montañas de Nariño, sectores del Eje Cafetero, Huila, sur de Antioquia, Cundinamarca, Santander y el archipiélago de San Andrés y Providencia. En noviembre de 2010, la mayor parte de la región Caribe, Pacífica, Andina y en sectores distribuidos a lo largo de la región Orinoquia se registraron lluvias con excesos altos, cabe resaltar que en este mes para las ciudades

de Cartagena, Santa Marta, Riohacha, Pereira, Armenia, Bogotá, Cali, Pasto y Puerto Carreño, se presentaron las precipitaciones más altas de noviembre de los últimos cuarenta años.

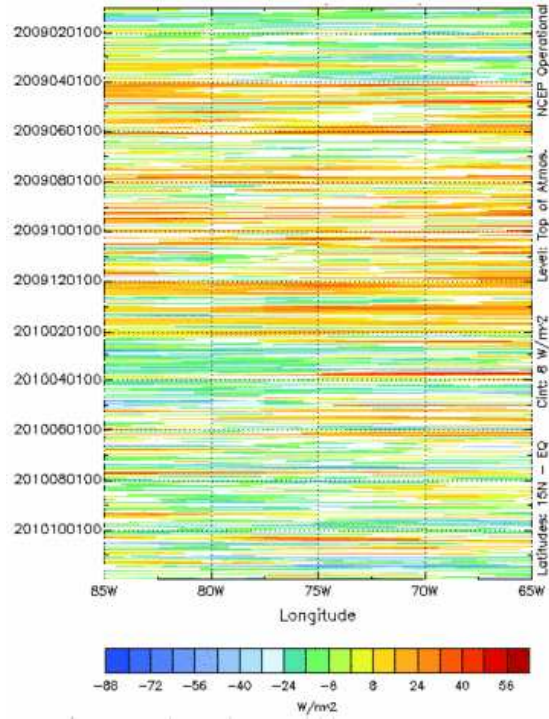


Figura 8. Anomalías de la OLR en los años 2009 y 2010, para el área comprendida entre 0° - 15° N y 65° W- 85° W a partir de los datos del NCEP Operational.

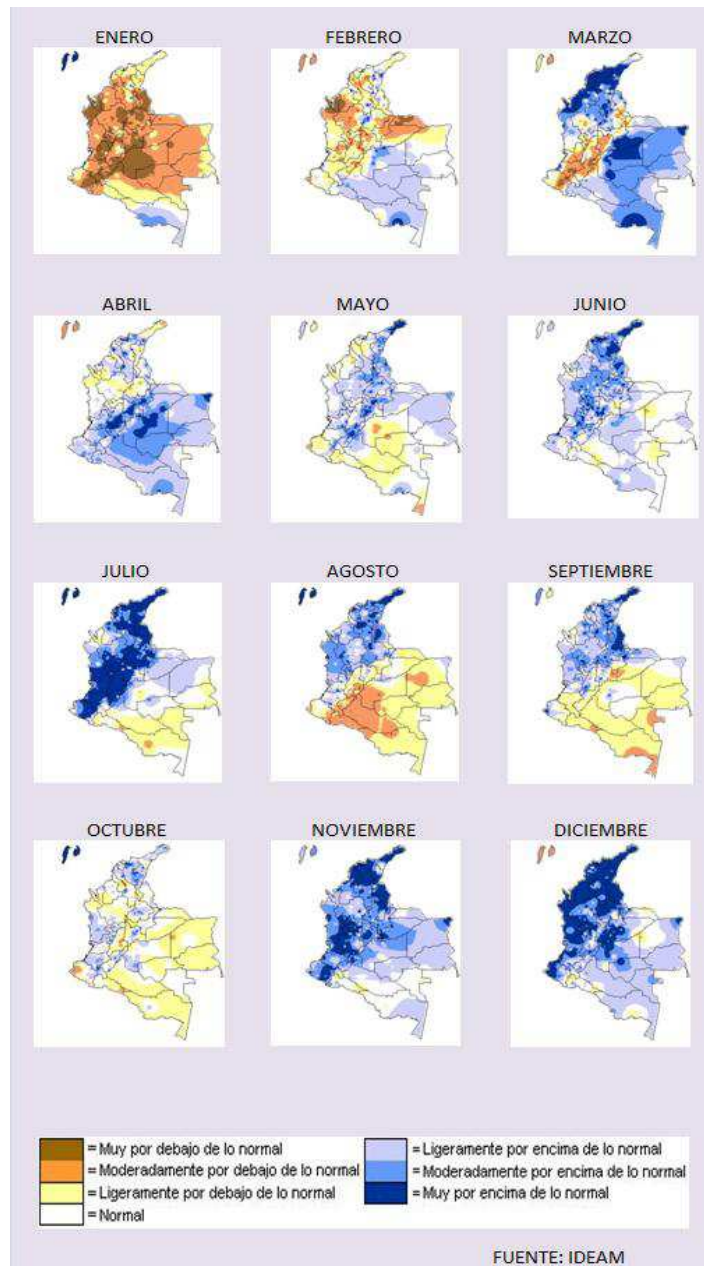


Figura 9. Precipitación en porcentajes con respecto al promedio multianual entre enero y diciembre de 2010. (muy por debajo de lo normal: 0-30%, moderadamente por debajo de lo normal: 31-60%, ligeramente por debajo de lo normal: 61-90%, normal: 91-110%, ligeramente por encima de lo normal: 111-140%, lluvias moderadamente por encima de lo normal: 141-170% muy por encima de lo normal: mayor a 170%), a partir de los registros de las estaciones meteorológicas del IDEAM.

Las condiciones frías características de La Niña, asociadas con alisios del Sureste, procedentes de la Alta Subtropical del Pacífico Sur, alteraron el comportamiento de la ZCIT, sobre el Pacífico oriental, evitando su usual desplazamiento hacia el sur, por lo cual permaneció gran parte del año

afectando el norte y centro de Colombia. En la Fig. 10, se demarca la posición media de la ZCIT a través del viento meridional, como la zona que divide los vientos alisios del norte (valores negativos) de los del sur (valores positivos). Por otro lado, esta condición, sumada a un alto contenido de humedad y apoyado por movimientos ascendentes en la atmosfera superior, tuvo como respuesta aumento de la convección durante el segundo semestre, en particular los meses de julio y noviembre.

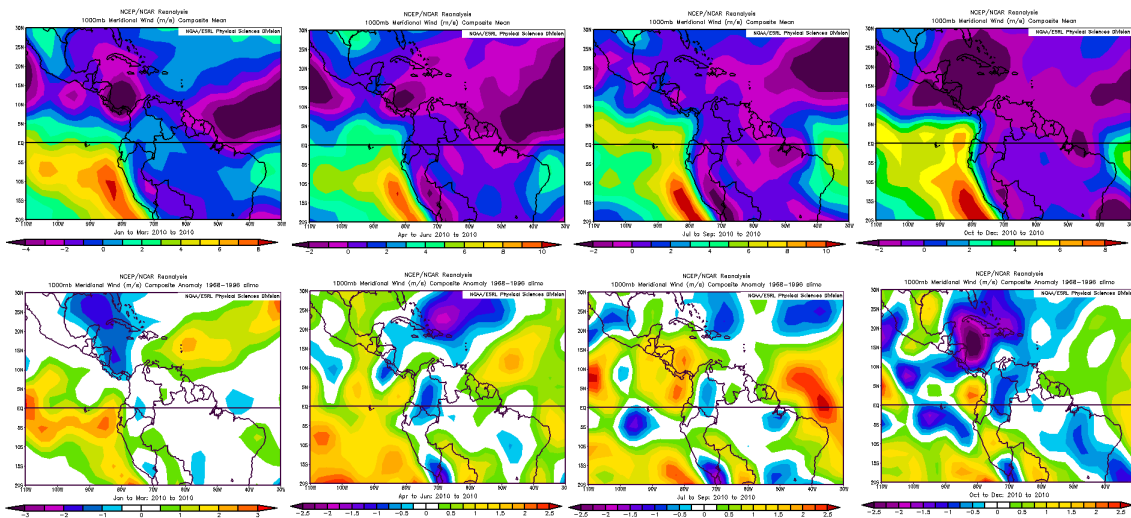


Figura 10. Vientos meridionales (superior) y anomalías a 1000 hPa para los periodos estacionales ene-mar, abr-jun, jul-sep, oct-dic de 2010, a partir de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis.

4. Conclusiones

La TSM en el Océano Pacifico tropical es una de las principales fuentes de modulación de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia.

El 56% de la varianza total presente en la primera componente principal de la TSM en el Océano Pacifico tropical representa el patrón climático de variabilidad interanual El Niño/La Niña.

Las primeras variables canónicas de la TSM en el Océano Pacifico tropical y la precipitación estacional en Colombia muestran un comportamiento muy acoplado en la fase de principios de año, con una correlación canónica de 0.8, en tanto que a finales de año, la correlación decae un poco, siendo del orden de 0.6, definiendo un comportamiento de tipo dicotómico entre la precipitación en

el oriente de Colombia y resto del país, lo que significa que cuando hay excesos (deficiencias) de precipitación en la región oriental, en las otras regiones del país presentan valores inferiores (superiores) a la climatología.

Durante los años 2009 y 2010, los patrones de la circulación atmosférica sobre Colombia permanecieron alterados debido a anomalías en el campo de viento; en la fase El Niño dominaron las anomalías positivas del viento zonal y en la fase La Niña las anomalías negativas de niveles altos, mientras que en niveles bajos la característica de las anomalías fueron opuestas.

Durante los años 2009 y 2010, la Alta de Bolivia, el Anticiclón del Caribe/Pacífico sufrieron alteraciones en su estructura y posición dando como resultado alteraciones en los campos de humedad y movimientos verticales en la troposfera con impactos significativos en la convección y por ende en los patrones de precipitación sobre noroccidente de Suramérica.

En El Niño de 2009 los vientos zonales de niveles bajos se debilitaron y los movimientos verticales ascendentes bajaron de intensidad y en la región Caribe colombiana, este debilitamiento fue tan intenso que se transformaron en movimientos descendentes, recalentando y secando el arrastre del aire desde capas superiores hacia las inferiores, inhibiendo los patrones de convección.

En el 2010, cuando La Niña originó intensas lluvias en Colombia, la Alta de Bolivia se mantuvo en una posición anómala, desplazándose hacia el suroeste y además generando vientos más intensos del este en su porción septentrional, por otro lado el anticiclón del norte se desplazó hacia el oriente y el canal de los vientos ecuatoriales en niveles altos, ubicado entre estos dos sistemas se estrechó y aumentó la fuerza de los mismos y los movimientos verticales ascendentes se fortalecieron sobre gran parte de Colombia. En niveles bajos los vientos alisios también aumentaron en intensidad.

Las principales características observadas en el campo de lluvia estuvieron asociadas con actividad ciclónica en el Mar Caribe y fuerte actividad convectiva en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que presentó un comportamiento anómalo en su localización.

A partir de la comparación del patrón climatológico y las condiciones presentadas en septiembre-noviembre, se hace evidente que en gran parte de Colombia los movimientos subsidentes dominan la fase El Niño y los movimientos convectivos la fase La Niña, acompañados de disminuciones y aumentos del contenido de vapor de agua, la convección y la precipitación, respectivamente.

En noviembre de 2010, la mayor parte de la región Caribe, Pacífica, Andina y en sectores distribuidos a lo largo de la región Orinoquía se registraron lluvias con excesos altos, cabe resaltar que en este mes para las ciudades de Cartagena, Santa Marta, Riohacha, Pereira, Armenia, Bogotá, Cali, Pasto y Puerto Carreño, se presentaron las precipitaciones más altas de noviembre de los últimos cuarenta años.

Referencias bibliográficas

Ferreira, N. J.; A. A. Correia y M. C. V Ramirez, 2004. Synoptic scale features of the tropospheric circulation over tropical South America during the WETAMC TRMM/LBA experiment. Atmósfera vol.17, n.1, pp. 13-30. ISSN 0187-6236.

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., and others. 1996. "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project." Bulletin of the American Meteorological Society, 77 (3), 437-471.

León, G.E., J.A. Zea, y J.A. Eslava. 2000. Sistemas sinópticos de la Amazonia y del Pacífico. Meteorología Colombiana 2:39-42.

Liebmann, Brant, and Catherine A. Smith, 1996: Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 1275-1277.

McPhaden, M.J., Zebiak, S.E. & Glantz, M.H., 2006. ENSO as an integrating concept in Earth science, Science 314: 1740–1745.

Montealegre J. E., 1996. Análisis del comportamiento de la precipitación en Colombia durante los períodos de ocurrencia de los fenómenos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) y Anti-El Niño. Atmosfera v.24 fasc. p.41 – 53. Socolmet, Bogotá.

Rao, V. B. and Marques, V. S., 1984: Water vapour characteristics over Northeast Brazil during two contrasting years. Journ. Clim. Appl. Meteor., 23, 440-444.

Smith, Thomas M., Richard W. Reynolds, Thomas C. Peterson, Jay Lawrimore, 2008: Improvements to NOAA's Historical Merged Land–Ocean Surface Temperature Analysis (1880–2006). J. Climate, 21, 2283–2296.

Trenberth, K., G. Branstator, D. Karoly, A. Kumar, N.-C. Lau, and C. Ropelewski, 1998: Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. J. Geophys. Res., 103, 14 291–14 324. Ver 97JC01444.pdf
HSIUNG, J. & R.E. NEWELL (1983). The principal nonseasonal modes of variation of global sea surface temperature. J. Phys. Oceanog., 13, 1957-1967.