

Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña

Análise do comportamento da precipitação no município de Buenaventura (Valle del Cauca, Colômbia) em condições de desenvolvimento dos fenômenos El Niño e La Niña

Analysis of Precipitation Behavior in the Municipality of Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) in the Context of the El Niño/La Niña Phenomenon

Oscar Enriquez*
Anderson Guzmán**
Germán Narváez***

Universidad de Nariño, Pasto – Colombia

Resumen

Los fenómenos de El Niño y La Niña son causantes de muchas alteraciones en las variables climáticas, especialmente, en la precipitación. Este artículo da a conocer la variación que estos fenómenos generan en los patrones generales de la lluvia en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia). De este modo, tras el análisis estadístico efectuado en diferentes series históricas de precipitación, la correlación de estas con índices oceánicos y atmosféricos, el cálculo de anomalías y la caracterización específica de algunos de los eventos más importantes, ha sido posible establecer que en el municipio la lluvia presenta un comportamiento inverso al que normalmente se describe ante la ocurrencia de El Niño o La Niña en la región Pacífica colombiana.

Palabras clave: anomalías, Buenaventura, El Niño, La Niña, precipitación.

Resumo

Os fenômenos de El Niño e La Niña são causadores de muitas alterações nas variáveis climáticas, especialmente na precipitação. Este artigo dá a conhecer a variação que esses fenômenos geram nos padrões gerais da chuva no município de Buenaventura (Valle del Cauca, Colômbia). Desse modo, após a análise estatística realizada em diferentes séries históricas de precipitação, a correlação destas com índices oceânicos e atmosféricos, o cálculo de anomalias e a caracterização específica de alguns dos eventos mais importantes, foi possível estabelecer que no município em questão a chuva apresenta um comportamento inverso ao que normalmente se descreve ante a ocorrência de El Niño ou La Niña na região Pacífica colombiana.

Palavras-chave: anomalias, Buenaventura, El Niño, La Niña, precipitação.

Abstract

The El Niño/La Niña phenomenon has caused many alterations in climate variables, especially, precipitation. The article discusses the variations caused by that phenomenon in the general rainfall patterns in the municipality of Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia). First, it carries out a statistical analysis of different historic precipitation series and correlates them to oceanic and atmospheric indices, and then calculates anomalies and specifically characterizes some of the main events. This made it possible to conclude that rainfall behavior in said municipality shows the opposite tendency to that normally expected during El Niño or La Niña episodes in the Colombian Pacific region.

Keywords: anomalies, Buenaventura, El Niño, La Niña, precipitation.

RECIBIDO: 30 DE NOVIEMBRE DEL 2012. ACEPTADO: 26 DE JULIO DEL 2013.

Artículo de investigación sobre la variación de la precipitación en el municipio de Buenaventura con respecto al ciclo ENOS (fenómenos de El Niño y La Niña).

* Dirección postal: Universidad de Nariño, Sede Torobajo, Bloque 3, Piso 4, Pasto, Nariño - Colombia.

Correo electrónico: oskiven@hotmail.com

** Correo electrónico: adngeo2004@hotmail.com

*** Correo electrónico: gnb44@hotmail.com

Introducción¹

Durante las últimas dos décadas se han elaborado en Colombia diferentes estudios en los cuales se trata de evidenciar los efectos que las dos fases del ciclo o fenómeno El Niño - Oscilación del Sur —en adelante, ENOS— tienen sobre la distribución espacial y temporal de la precipitación en diferentes regiones del país (IDEAM 2002; Montealegre y Pabón 2000; Pabón y Torres 2006; Peña, Cortes y Montealegre 2001, entre otros). En la mayoría de estas investigaciones se indica generalmente que, durante la fase cálida del ciclo (fenómeno de El Niño), los registros de precipitación disminuyen en casi todo el país, a excepción de la región Pacífica y de algunos sectores de la región Amazónica; mientras que, durante la fase fría (fenómeno de La Niña), las condiciones son contrarias: aumentan los registros en casi todo el país y disminuyen en la región Pacífica.

Estas afirmaciones pueden tomarse como acertadas, debido a que el análisis de los diferentes elementos y factores climáticos del país así lo demuestran, pero en algunas ocasiones, y debido principalmente a la generalización que se observa en dichas investigaciones, se pierde información de algunos puntos específicos, es decir, si se analiza la variabilidad climática en todo el país, se obtendrá un patrón de comportamiento muy similar que puede aplicarse a cualquier punto de aquel, pero si se lleva a cabo un análisis de los cambios en la precipitación en una escala subregional, pueden encontrarse algunos cambios muy específicos que difieren de lo considerado en un principio, de modo que se modifican, de alguna manera, los patrones que se toman como base para el análisis de la variación del clima o de alguno de sus elementos.

En el caso de esta investigación, se busca identificar la variación de la precipitación en un municipio de la región Pacífica colombiana (Buenaventura, Valle del Cauca) ante la ocurrencia de las fases del ciclo ENOS, con el fin de observar si esta variación corresponde a lo pre-establecido por diferentes autores o si, por el contrario, se encuentra en ella algún comportamiento diferente que no ha sido identificado y que puede ayudar a comprender con mayor exactitud cómo la variación de la precipitación es influenciada por el ENOS.

¹ La investigación fue desarrollada en el marco del trabajo del grupo de investigación en geografía física y problemáticas ambientales - TERRA.

En este artículo se identifican, en primer lugar, los referentes conceptuales con los cuales se establece un punto de partida sobre el comportamiento de las fases del ciclo ENOS y cómo estas afectan el comportamiento de la precipitación, enseguida se realiza una descripción del área de estudio y luego se describe el proceso metodológico utilizado, para finalmente presentar los resultados obtenidos y las conclusiones generadas a partir del análisis de la información sistematizada.

Referentes conceptuales

El ciclo o fenómeno ENOS es tal vez una de las manifestaciones de interacción entre el océano y la atmósfera que más se ha estudiado en las últimas décadas a partir del análisis de los cambios que genera sobre múltiples variables climáticas en diferentes partes del mundo, este interés se debe al impacto que causa sobre diversos ecosistemas y distintas actividades humanas.. El presente artículo se centrará en la descripción de la variación de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) ante la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña entre 1981-2001.

Para definir con alguna claridad las anomalías que se generan en la lluvia de esta región durante la aparición de alguna de las fases del ciclo ENOS, se hace necesario entender primero qué factores influyen en el comportamiento de esta variable, además de identificar con total claridad el ciclo en sus dos componentes: El Niño (componente oceánica) y la Oscilación del Sur (componente atmosférica).

En la descripción del ciclo ENOS es importante entender que, aunque el fenómeno es generalmente identificado como “fenómeno de El Niño”, en realidad El Niño es solo la fase cálida del ciclo y que su fase fría es conocida como La Niña. Según la NOAA (s.f.a), el término El Niño se refiere a un fenómeno océano-atmosférico de larga escala que se caracteriza por un calentamiento periódico en la superficie del mar a lo largo del centro-oeste del Pacífico ecuatorial (entre aproximadamente la línea de cambio de fecha y los 120 °W); La Niña, por su parte, se refiere a la disminución periódica de la temperatura superficial en el centro y el centro-este del Pacífico ecuatorial, lo cual ocurre cada 3 o 5 años. La Niña representa la fase fría del ciclo ENOS. Según la WMO (s.f.),

[...] el Niño es un calentamiento anormal del agua en el océano Pacífico ecuatorial que ocurre de cada tres a cinco años y puede durar hasta 18 meses. La Niña es la fase

opuesta de El Niño y se refiere al descenso anormal de la temperatura en alguna región del Pacífico [...]. (traducción propia de los autores)

Teniendo en cuenta estas definiciones, se derivan diferentes conceptos relacionados, como el de Zambrano, quien indica que El Niño es

[...] la masiva presencia de aguas cálidas frente a las costas de Ecuador y Perú tan al sur como Lima (hasta los 12 °S), con anomalías de 2 °C o más. [...] algunas modificaciones al concepto anterior [...], 1 desviación estándar y que las mismas permanezcan por no menos de 4 meses. (1996, 110)

Por su parte y en este mismo orden de ideas, Meerhoff (2008) describe a La Niña como la aparición de agua más fría de lo normal en la zona oriental del Pacífico; para Maturana, Bello y Manley (2004), La Niña se caracteriza por presentar una temperatura superficial del mar —en adelante, TSM— más fría que lo normal, así como una intensificación de los vientos alisios en el este del océano Pacífico.

Así, la Oscilación del Sur —en adelante, OS— resulta, según Pourrut (1998), del balanceo periódico (2 a 7 años) entre las masas atmosféricas ubicadas en las fajas tropicales y subtropicales del océano Índico y el océano Pacífico; Zambrano (1996) argumenta que la OS es conocida como la variación coherente de la presión atmosférica en intervalos interanuales sobre el Pacífico tropical, la cual está relacionada con los fenómenos atmosféricos que suceden a escala global, particularmente en los trópicos y los subtrópicos. Esta influencia sobre las regiones extratropicales se explica “a través de esquemas de teleconexiones climáticas” (Aceituno y Montecinos 1993).

Teniendo claros los dos componentes del ciclo ENOS se puede brindar una descripción más completa de lo que este significa, partiendo de la definición de diversos autores, entre los que se destaca McPhaden (2003), quien define el ENOS como una perturbación interanual del sistema climático, caracterizado por un debilitamiento aperiódico de los vientos alisios y por el calentamiento de las capas superficiales en el océano Pacífico tropical-ecuatorial, de esta forma, el océano y la atmósfera actúan acopladamente en la cuenca del Pacífico tropical. Por su parte, Wyrтки (1975) afirma que el fenómeno ENOS se constituye como una oscilación de varios meses de amplitud que afecta al conjunto del océano Pacífico intertropical, influyendo, a su vez, en los sistemas

de circulación atmosférica global. Asimismo, Zambrano (1986) asegura que el ENOS es una interacción global océano-atmósfera que se produce por las variaciones de los vientos ecuatoriales que provocan cambios térmicos en la superficie del océano y en su circulación, afectando el calentamiento de la atmósfera tropical y, consecuentemente, la circulación atmosférica global.

En conclusión, puede decirse que el ciclo ENOS es una interacción océano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial, en la que se observan variaciones de la TSM en el sector centro-occidental del Pacífico y, a su vez, cambios en el comportamiento regular de los vientos Alisios, influyendo de esta manera en diferentes elementos del clima a nivel mundial, entre los que se destacan, según Maturana, Bello y Manley (2004), las alteraciones en el régimen de precipitaciones a escala global, que se evidencian a través de anomalías positivas y negativas de pluviosidad en diversas regiones del planeta. Así entonces,

La fase cálida del ciclo ENOS puede afectar las condiciones meteorológicas en diversas localidades del mundo. [...] cerca de la costa sur de África a menudo ocurren sequías [...]. De la misma manera, el lado oeste del océano Pacífico (Indonesia, Malasia, Nueva Guinea, Australia oriental) zona de intensas precipitaciones, sufre también sequía durante un periodo cálido del ciclo ENOS. Por el contrario, regiones que se caracterizan por ser normalmente secas e incluso áridas, se ven afectadas por anomalías positivas severas de precipitación, principalmente las costas de Ecuador y norte del Perú y el centro de Chile. (Rutllant & Fuenzalida, 1991; Voitouriez & Jacques, 2000). (Maturana, Bello y Manley 2004, 16)

Además de afectar los sectores directamente implicados con los cambios de la TSM, se observa que

[...] en América del Norte y la región del Golfo de México la precipitación es superior a la normal; en América Central y el Caribe, la precipitación es inferior a la normal mientras que en la región del nordeste de América del Sur (Brasil norecuatorial, la Guyana Francesa, Guyana, Surinam y Venezuela) hay menos precipitación, y en el sudeste de América del Sur (sur de Brasil, Uruguay y partes del nordeste de Argentina), la precipitación es mayor que la normal [...]. (OPS 2000, 23)

En Colombia los efectos del ciclo ENOS, en su fase fría como en su fase cálida, son descritos por muchos autores (Mesa, Poveda y Carvajal 1997; Montealegre y Pabón 2000; Pabón 2003; Sánchez et ál. 2001, entre otros), pero tal vez la descripción más completa sea la

proporcionada por Pabón Caicedo et ál. (2001), en la cual se incluyen los cambios que se generan en todo el país. En dicha investigación se indica que en Colombia los efectos causados por el fenómeno de El Niño se reflejan, sobre todo en la región Pacífica, con un aumento de la precipitación, la temperatura del aire y la TSM, mientras que en casi todo el resto del país (con excepción de algunas zonas de la región Amazónica) se genera una disminución de estas variables (durante El Niño); en contraste, durante La Niña ocurre todo lo contrario, es decir, se presenta una disminución de la precipitación, la temperatura del aire y la TSM en la región Pacífica, y en el resto del país se observa un aumento en los valores registrados para estas variables.

Descripción del área de estudio

El municipio de Buenaventura está localizado en la región Pacífica colombiana y limita al norte con el departamento del Chocó, hacia el sur con el departamento del Cauca, en el oriente con los municipios de Jamundí, Cali, Dagua y Calima, y al occidente con el océano Pacífico (Pérez 2007).

Las características climatológicas de Buenaventura, observadas en las variaciones de las series históricas de precipitación y tenidas en cuenta para el presente estudio, son muy particulares. La precipitación, que muestra un régimen monomodal con tendencia a la bimodalidad, presenta sus mayores valores entre septiembre y octubre, mientras que los valores más bajos se observan entre febrero y marzo. El promedio de precipitación anual es de 7.400 mm y se identifica la mayor precipitación total anual en la estación La Concha, con 12.641 mm, y el menor registro en la estación Cisneros, con 2.095 mm. La temperatura promedio es de 25,9 °C y la altitud varía entre el nivel del mar y los 500 msnm.

Metodología

Se tomaron como referencia series históricas de precipitación de las estaciones Bajo Calima, Colpuertos, Aeropuerto Buenaventura, El Tigre, Yurumanguí, Silva, Cisneros, Malaguita, Palestina y La Concha: las siete primeras se ubican en el municipio de Buenaventura, Cisneros se encuentra en el límite oriental del municipio, Malaguita y Palestina en la frontera norte, y La Concha en la frontera sur de este lugar (figura 1). Con estas estaciones se realizó un análisis de la variación anual y multianual de la lluvia en Buenaventura, y se

identificó la afectación real que los fenómenos de gran escala, como el ciclo ENOS en su fase fría (La Niña) y cálida (El Niño), han ejercido sobre esta variable. En la tabla 1 se identifican las estaciones con su información respectiva.

En primera instancia, se realizó una complementación de las series históricas que aportó los datos faltantes de cada una de estas, esto a través del programa estadístico TSW versión Beta 1.0.4 Rev 197 del 5 de mayo del 2011, desarrollado por Gianluca Caporello y Agustín Maravall del Banco de España. Dicho software es un conjunto de dos programas estructurados:

TRAMO por una parte permite el trabajo de ajuste y preajuste de las series trabajadas con o sin valores perdidos, realiza la linearización de las series realizando corrección de datos atípicos y desestacionalizando, además selecciona el modelo de la familia ARIMA adecuado para la serie dentro de los modelos que tiene preestablecidos o con base en los criterios del investigador.

En tanto, SEATS se encarga de la desagregación en los componentes de la serie, partiendo de la serie preajustada con TRAMO. (Tarapuez y Eslava 2011)

Dicho tratamiento en las series de tiempo es realizado con el fin de obtener unas tablas completas, con los datos que dan a conocer la acumulación mensual y anual de la precipitación en cada estación. Al conseguir estos datos, puede establecerse la afectación real de la precipitación con respecto a la manifestación de alguno de los eventos aquí enunciados. En total fueron 3.288 datos procesados. De estos, se generaron 195 datos que representan un porcentaje del 5,93% del total de datos. La estación con mayor cantidad de datos faltantes fue Palestina, con 36, mientras que la estación con menos cantidad de datos faltantes fue Colpuertos, con apenas un dato generado.

Para determinar los meses de las series históricas que estuvieron bajo la influencia de los fenómenos de El Niño o La Niña se utilizaron dos índices: el Índice de Oscilación del Sur —en adelante, IOS—, que indica las anomalías de presión existentes entre Tahití y Darwin, y el Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés), el cual se basa en las anomalías de la TSM en el océano Pacífico tropical. Estos registros se encuentran en la página web de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA s.f.b), y, a partir de estos, se obtuvo un registro confiable de los eventos de El Niño y La Niña para el periodo de referencia, 1981-2001.

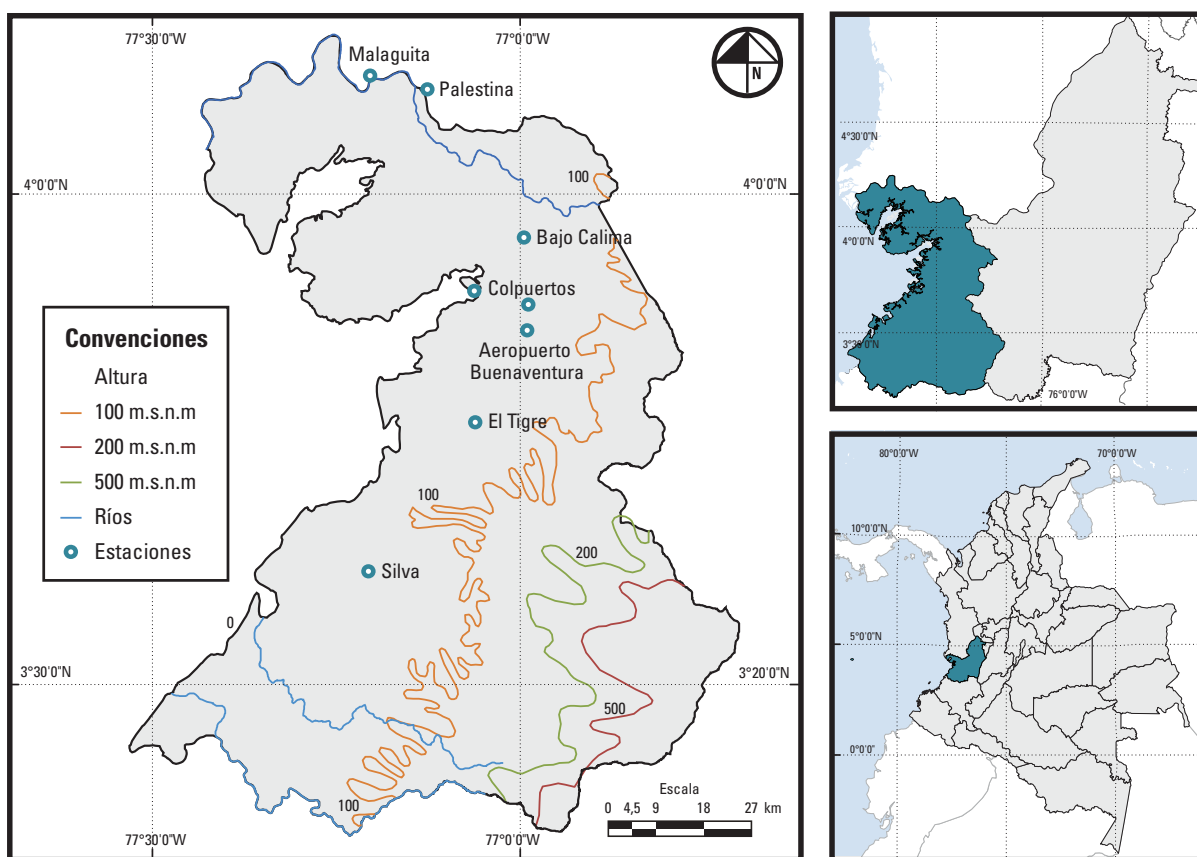


Figura 1. Área de estudio y estaciones.
 Datos: IGAC s.f.

Tabla 1. Localización de las estaciones en el municipio de Buenaventura.

Estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Fecha de instalación
	Latitud	Longitud		
Malaguita	04° 11'	77° 12'	4	Enero de 1969
Cisneros	03° 47'	76° 45'	320	Noviembre de 1975
Silva	03° 28'	77° 12'	15	Febrero de 1980
El Tigre	03° 41'	77° 04'	20	Febrero de 1980
Yurumanguí	03° 15'	77° 15'	70	Febrero de 1980
Bajo Calima	03° 57'	76° 59'	50	Julio de 1931
Colpuertos	03° 53'	77° 04'	10	Abril de 1969
Apto Buenaventura	03° 49'	76° 59'	14	Enero de 1946
Palestina	04° 09'	77° 08'	30	Marzo de 1966
La Concha	03° 10'	77° 08'	130	Febrero de 1980

Datos: IDEAM s.f.

Tabla 2. Correlaciones.

Estación	ONI	IOS
Malaguita	-0,5	0,53
Cisneros	-0,23	0,21
Silva	-0,05	0,21
El Tigre	-0,14	0,24
Yurumangui	-0,18	0,43
Bajo Calima	-0,57	0,64
Colpuertos	-0,61	0,65
Apto Buenaventura	-0,46	0,61
Palestina	-0,4	0,49
La Concha	-0,36	0,39

Datos: Interrelación entre índices de NOAA (s.f.b) y precipitación en Buenaventura (series históricas IDEAM s.f.).

Tabla 3. Correlación entre estaciones.

Estaciones	Malaguita	Cisneros	Silva	El Tigre	Yurumangui	Bajo Calima	Colpuertos	Apto Buenaventura	Palestina	La Concha
Malaguita	1,00	0,08	0,52	0,42	0,25	0,27	0,58	0,43	0,67	0,22
Cisneros	0,08	1,00	0,09	0,07	0,42	0,12	0,09	0,13	0,07	0,15
Silva	0,52	0,09	1,00	0,54	0,31	0,41	0,62	0,59	0,42	0,31
El Tigre	0,42	0,07	0,54	1,00	0,31	0,40	0,52	0,56	0,45	0,31
Yurumangui	0,25	0,42	0,31	0,31	1,00	0,27	0,35	0,40	0,40	0,22
Bajo Calima	0,27	0,12	0,41	0,40	0,27	1,00	0,44	0,47	0,40	0,25
Colpuertos	0,58	0,09	0,62	0,52	0,35	0,44	1,00	0,79	0,65	0,37
Apto Buenaventura	0,43	0,13	0,59	0,56	0,40	0,47	0,79	1,00	0,56	0,39
Palestina	0,67	0,07	0,42	0,45	0,40	0,40	0,65	0,56	1,00	0,24
La Concha	0,22	0,15	0,31		0,22	0,25	0,37	0,39	0,24	1,00

Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).

En este lapso se registraron cinco fenómenos de La Niña y cinco de El Niño, la duración de cada uno fue diferente y el número de meses afectados no siempre fue el mismo para todos los fenómenos.

En la tabla 2 se observan los índices de correlación existentes entre los registros de precipitación de cada una de las estaciones con los valores mensuales de los dos índices mencionados anteriormente. En esta tabla se muestra que en algunas estaciones la relación entre los cambios atmosféricos u oceánicos en el Pacífico tropical y los registros de precipitación suelen ser lo suficientemente significativos para confirmar la influencia que los procesos ocurridos en el

océano Pacífico tropical ejercen sobre la precipitación en el área de estudio. Por su parte, en la tabla 3 se identifican las correlaciones existentes entre las diversas estaciones, comparando la precipitación multi-mensual. En consecuencia, se seleccionaron las estaciones que presentaron una correlación mayor al 0,5 o -0,5 con referencia a los índices, y aquellas estaciones con coeficiente de correlación superior a 0,5 con respecto a otras estaciones. De esta manera, finalmente se utilizaron los datos de las estaciones Malaguita, Colpuertos, Aeropuerto Buenaventura y Palestina, las cuales cumplieron con los dos criterios anteriormente mencionados.

De los diez fenómenos identificados (El Niño y La Niña) en el periodo de referencia (1981-2001), fueron seleccionados: El Niño 1982-1983 y 1997-1998, así como La Niña 1984-1985 y 1988-1989, esto debido a que sus índices son los que presentaron las mayores variaciones en la TSM y en la presión atmosférica para el Pacífico tropical. Además de estos, también fueron seleccionados los fenómenos de El Niño 1994-1995 y La Niña 1995-1996, debido a su coincidencia con los meses de inicio y finalización, lo cual permite hacer un análisis espacio-temporal en condiciones similares.

Para determinar la intensidad de los cambios que generó la ocurrencia de los fenómenos de El Niño o La Niña sobre la precipitación, se optó por calcular la alteración en porcentajes de la precipitación mensual (anomalías porcentuales) en las cuatro estaciones seleccionadas, con lo cual puede observarse, claramente, si durante estos fenómenos se presentó un aumento o una disminución en la cantidad de lluvia caída con referencia al promedio histórico para cada mes.

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$A\% = (Pm/Ph*100)-100$$

Donde

A% = anomalías porcentuales

Pm = Precipitación mensual

Ph = Precipitación histórica mensual

Resultados

Fenómeno de El Niño (1982-1983)

Con su inicio en mayo de 1982 y su finalización en junio de 1983, este evento catalogado como uno de los más fuertes de la historia, tuvo una duración de catorce meses. Durante este fenómeno, los datos de las estaciones Colpuertos y Aeropuerto Buenaventura muestran un comportamiento muy homogéneo. Aunque se presentan oscilaciones muy fuertes entre anomalías positivas y negativas, estas son similares en ambas estaciones. De esta manera, se identifican anomalías positivas en mayo y agosto de 1982, y de enero y marzo de 1983 para la estación Aeropuerto Buenaventura. Dichas anomalías positivas se identifican, para la estación Colpuertos, en agosto y septiembre de 1982 y en enero y marzo de 1983. Tales valores sobrepasan el 20% con respecto a la media en la estación Aeropuerto Buenaventura, mientras que en Colpuertos ese porcentaje es sobrepasado solo en agosto. El resto del periodo de este evento muestra anomalías negativas muy fuertes en ambas estaciones, yendo más allá de -40% con respecto a la media en noviembre y diciembre de 1982, y en febrero para la estación Colpuertos. En esta última estación, en abril y mayo de 1983 se presentan anomalías inferiores al -60% con respecto a la media (figura 2).

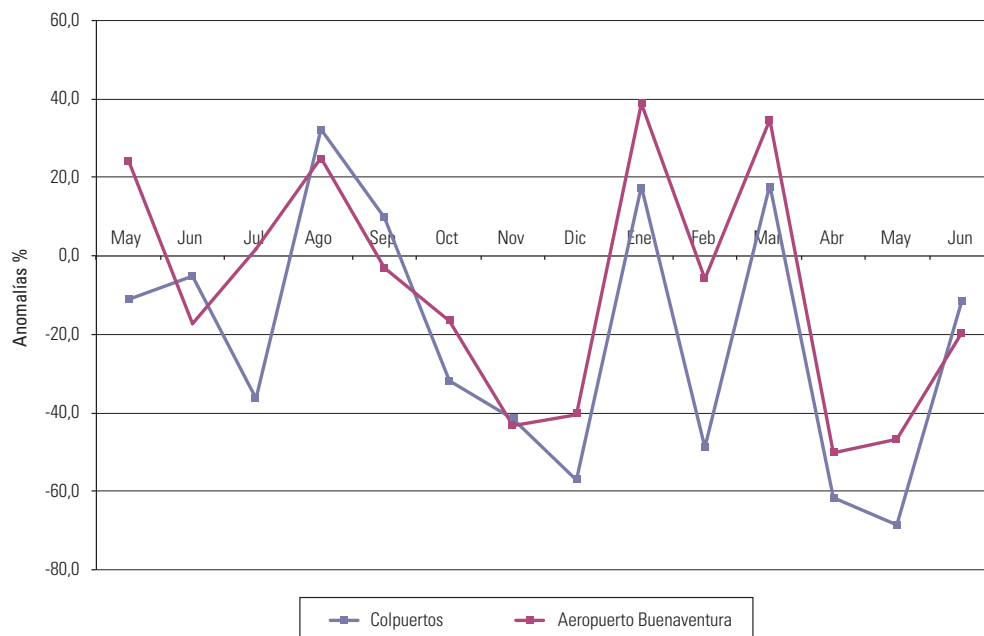


Figura 2. Anomalías porcentuales de precipitación durante el fenómeno de El Niño (1982-1983) en las estaciones Colpuertos y Aeropuerto Buenaventura.

Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).



Figura 3. Anomalías porcentuales de precipitación durante el fenómeno de El Niño (1982-1983) en las estaciones Malaguita y Palestina.

Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).

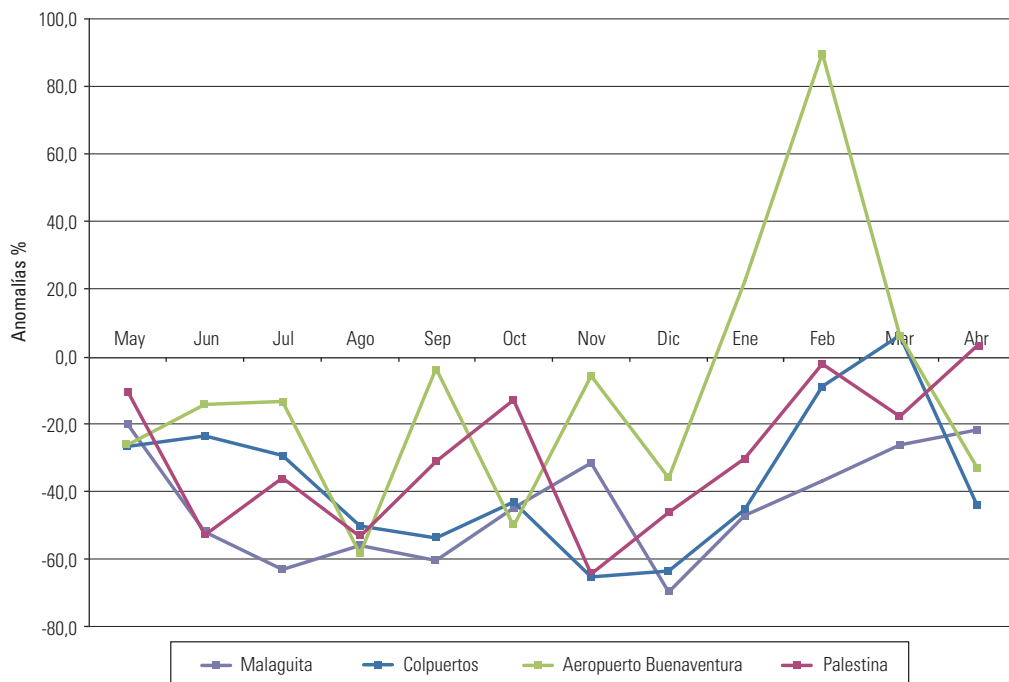


Figura 4. Anomalías porcentuales de precipitación durante el fenómeno de El Niño (1997-1998).

Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).

Entre tanto, las estaciones Malaguita y Palestina presentan un comportamiento un poco irregular. En la primera parte de este evento, mayo a noviembre de 1982, se presenta una transición entre anomalías positivas en su mayoría y negativas en algunos meses, con valores en muchos casos superiores al 40% e inferiores a -40%. Por otro lado, en la segunda parte del evento, diciembre 1982 a junio 1983, se observa una variación significativa de dichas anomalías: en este caso las negativas, en su mayoría, alcanzaron valores inferiores al -40% y las positivas, en algunos meses, valores superiores al 20%. En esta parte del evento, la estación Palestina es la que presenta anomalías negativas en su totalidad, con excepción de diciembre de 1982, con valores entre el 0 y el -64,2% (figura 3).

Durante este fenómeno, en el área de estudio se presenta una oscilación muy fuerte, ya que se observan valores entre el -67,7%, en el mes de noviembre (1982), y el 101,9%, en el mes de agosto (1982), estos porcentajes siempre estuvieron referidos a los promedios históricos de los meses influenciados en este periodo (figura 3).

Fenómeno de El Niño (1997–1998)

Este evento, que se prolongó durante doce meses, se inició en mayo de 1997 y finalizó en abril de 1998. En la primera parte del evento, comprendida entre mayo y diciembre de 1997, puede observarse un notable déficit de lluvia, ya que en este periodo, en toda el área de estudio, las anomalías son negativas y presentan valores entre un -3,3% en la estación Aeropuerto Buenaventura y un -69,8% en Malaguita con respecto a la media (figura 4).

Durante la segunda parte del evento, enero a abril de 1998, se observa una variación entre anomalías positivas y en su mayoría negativas (a excepción de Malaguita, que presenta siempre anomalías negativas) en todas las estaciones objeto de estudio. Buena parte de estas anomalías son inferiores al -20%, mientras que las positivas superan en muy pocos casos el 80% con respecto a la media (figura 4).

Entre tanto, los valores extremos de anomalías porcentuales que se presentan en este evento se hallan entre el -69,8%, en diciembre de 1997 en Malaguita (dato mencionado anteriormente), y el 89,6%, en febrero de 1998 en la estación Aeropuerto Buenaventura (figura 4).

Cada uno de los porcentajes mencionados está siempre referido a los promedios históricos de los meses influenciados por este evento en dicho periodo.

Fenómeno de La Niña (1984–1985)

Este fenómeno inicia en octubre de 1984 y finaliza en septiembre del siguiente año, con una duración total de doce meses. En los seis primeros meses del evento se registra en las cuatro estaciones una tendencia hacia la disminución de la precipitación, con anomalías que oscilan entre -10% y -80%, mostrándose la mayoría de valores negativos en marzo, mes en el que se registra la máxima reducción para este periodo (-78,6%). En enero y febrero se observan algunos incrementos en la lluvia que no son muy significativos. En octubre de 1984 se presentan anomalías de 30% a 40%, siendo el único mes de la primera parte del fenómeno que registra anomalías positivas (figura 5).

En la segunda parte del fenómeno, entre abril y septiembre de 1985, no se presenta una tendencia tan clara como en los primeros seis meses: en las estaciones Colpuertos y Aeropuerto Buenaventura se identifica una mayor ocurrencia de anomalías positivas, superiores en algunos casos al 30%. En las otras dos estaciones (Malaguita y Palestina) se observa una intercalación entre anomalías positivas y negativas, y se muestra un comportamiento muy diverso que no permite establecer conclusiones sólidas para el área durante esta época (figura 5).

Fenómeno de La Niña (1988–1989)

Este evento se inició en mayo de 1988 y terminó en mayo de 1989 prolongándose durante 13 meses. En los primeros seis meses (mayo a octubre de 1988) se observan valores de precipitación cercanos al comportamiento promedio, con pequeñas oscilaciones. En la estación Malaguita se observan las máximas anomalías de esta época, con valores alrededor de 35% en septiembre; por su parte, en Colpuertos, Aeropuerto Buenaventura y Palestina se identifican algunos registros de déficits de las precipitaciones, con anomalías que oscilan entre -30% y -40%, distribuidas a lo largo de los seis primeros meses del evento. Estas condiciones hacen que, al igual que en el fenómeno de La Niña (1984-1985), la determinación de un patrón general de comportamiento para el área sea muy difícil (figura 6).

Durante la segunda parte del fenómeno, noviembre de 1988 a mayo de 1989, se identifican anomalías positivas y negativas, en este caso distribuidas de manera equitativa. Entre noviembre y enero se observan numerosas anomalías positivas que oscilan entre 10% y 45%, mientras que las anomalías negativas aparecen en



Figura 5. Anomalías porcentuales de precipitación durante el fenómeno de La Niña (1984-1985).
 Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).

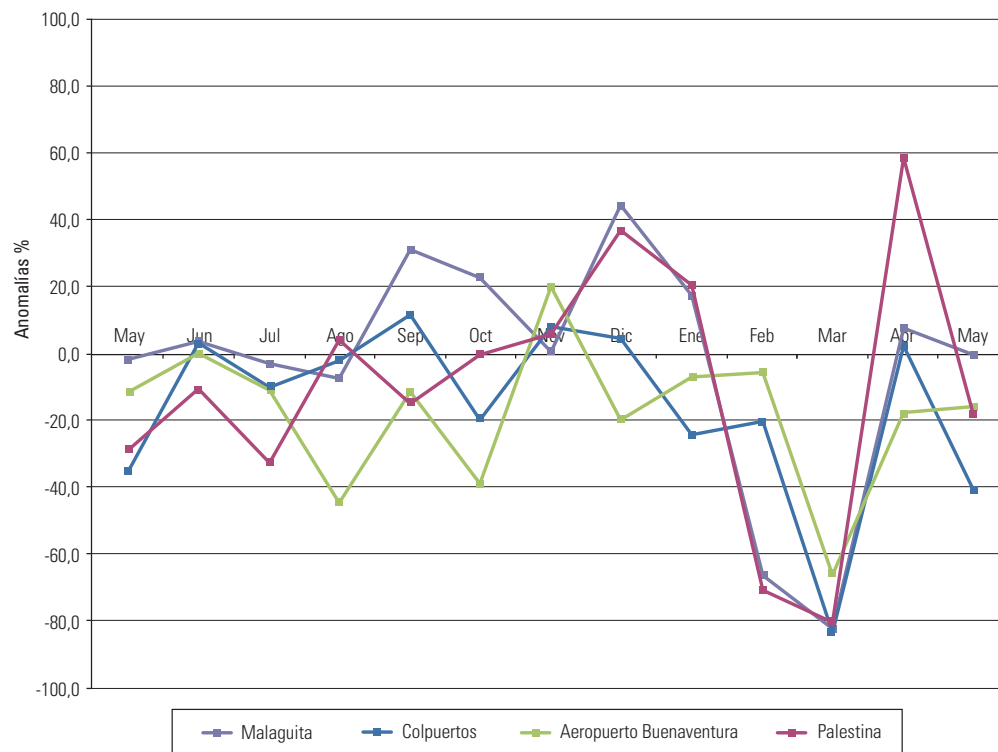


Figura 6. Anomalías porcentuales de precipitación durante el fenómeno de La Niña (1988-1989).
 Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).

la parte final del evento (febrero a mayo de 1989), con valores generalmente inferiores a -20%, encontrándose las más significativas en febrero y marzo, con anomalías que alcanzan los -60% y -70%.

El Niño (1994-1995) y La Niña (1995-1996)

Entre 1994 y 1996 se presenta una situación particular dentro de las series históricas del área de estudio. Entre septiembre de 1994 y marzo de 1995 se presenta el fenómeno de El Niño y durante el mismo periodo, pero entre 1995 y 1996, se desarrolla el fenómeno de La Niña (figura 7), siendo esta la única ocasión en la cual se presentan El Niño y La Niña con la misma duración y con coincidencia en los meses de su desarrollo. Esta situación permite comparar los dos fenómenos en un contexto espacio-temporal muy similar.

Durante el fenómeno de El Niño, septiembre 1994 a marzo de 1995, se identifica una persistencia en las anomalías negativas, las cuales reflejan disminuciones de precipitación, con porcentajes inferiores al -20%, y

alcanzan puntos máximos entre diciembre de 1994 y febrero 1995, cuando se observan valores entre -40% y -60%. Asimismo, durante este fenómeno en la estación Colpuertos apenas se registra un valor positivo y significativo en noviembre de 1994: 28%.

A su vez, durante el fenómeno de La Niña, septiembre de 1995 a marzo de 1996, se observa una mayor frecuencia en las anomalías positivas superiores al 20%, que alcanzan registros máximos que oscilan entre 40% y 70%; la mayoría de estos valores se presentaron durante noviembre y diciembre de 1995, mientras que en febrero y marzo de 1996 se dieron anomalías negativas que llegaron hasta -30%. Sin embargo, el comportamiento general de la lluvia para el área de estudio muestra una clara tendencia hacia valores positivos durante el lapso en el que se desarrolló el fenómeno de La Niña.

Conclusiones

A partir del análisis de la interrelación en el área de estudio de la precipitación con los índices IOS y ONI se

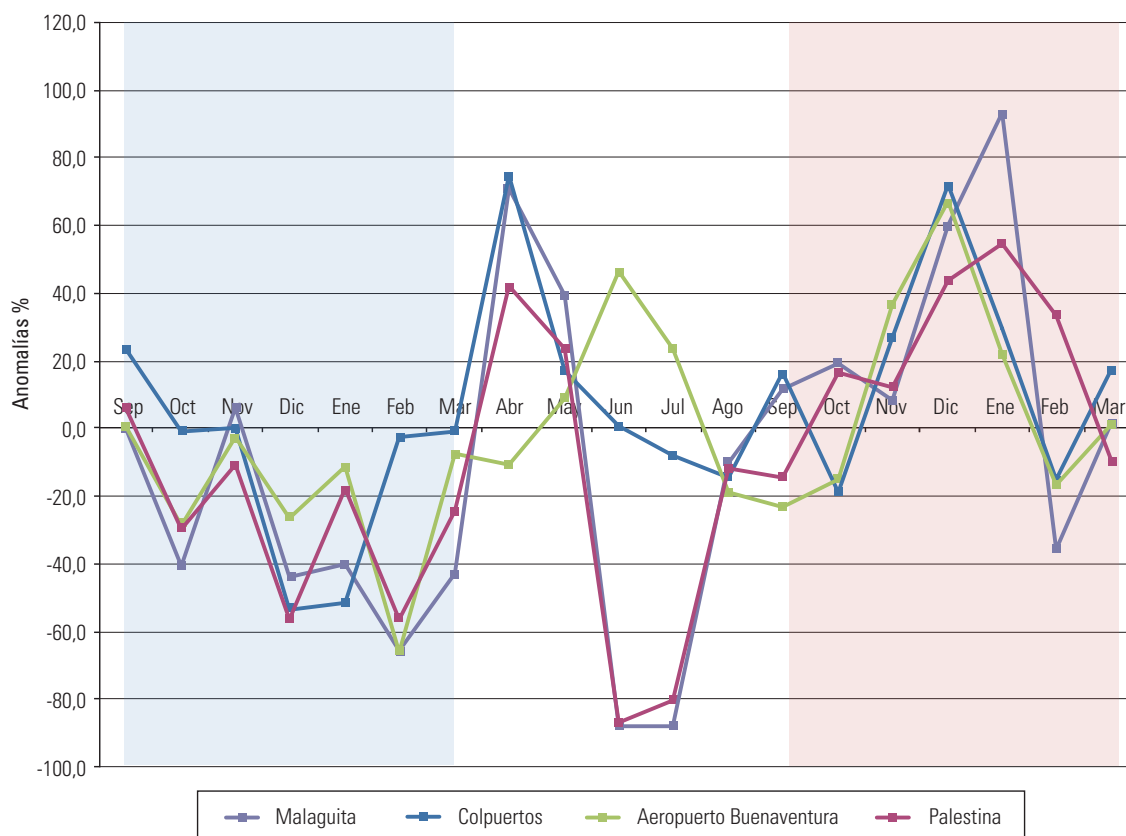


Figura 7. Anomalías porcentuales de precipitación durante los fenómenos de El Niño (1994-1995) y La Niña (1995-1996). Datos: Series históricas (IDEAM s.f.).

encuentra que existe una relación directa entre los fenómenos ocurridos en el océano Pacífico y las fluctuaciones de la lluvia en el municipio de Buenaventura, lo cual se observa a través de las variaciones en el comportamiento temporal de esta variable.

Durante los fenómenos de El Niño tenidos en cuenta para este estudio se observa, en general, que se presenta una disminución significativa de la precipitación. Si bien se intercalan en algunos casos con anomalías positivas, existe una marcada tendencia a que la precipitación posea valores más bajos y que estos, se deban

al condicionamiento que ejerce el fenómeno de El Niño sobre los patrones de lluvia en el municipio de Buenaventura.

Durante el fenómeno de La Niña el comportamiento de la precipitación es más variable que durante fenómeno de El Niño, pero en general se observa que, de manera más frecuente, se presentan anomalías positivas en los valores de precipitación, lo cual indica que, ante la presencia de La Niña, la cantidad de lluvia tiende a ser mayor en comparación con el comportamiento histórico de esta variable en el área de estudio.

Oscar Enriquez

Estudiante tesista del programa de Geografía en la Universidad de Nariño (Colombia) e investigador del Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales - TERRA.

Anderson Guzmán

Estudiante tesista del programa de Geografía en la Universidad de Nariño (Colombia) e investigador del Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales - TERRA.

Germán Narváez

Geógrafo de la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Ecología y Gestión Ambiental de la Universidad de Nariño (Colombia) y Profesor Asistente del Departamento de Geografía de esta misma universidad. Coordinador del Grupo de Investigación en Geografía y Problemas Ambientales - TERRA.



Excepto que se establezca de otra forma, el contenido de este artículo cuenta con una licencia Creative Commons “reconocimiento, no comercial y sin obras derivadas”

Colombia 2.5, que puede consultarse en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Referencias

- Aceituno, Patricio y Aldo Montecinos. 1993. Análisis de la estabilidad de la relación entre la Oscilación del Sur y la precipitación en América del Sur. *Bulletin de l'institut Francais d'Etudes Andines* 22 (1): 53-64.
- Capel Molina, José Jaime. 1998. El Niño 1997-1998 y su impacto climático global. *Papeles de Geografía* 27:15-40.
- Castillo Silva, Manuel. 2003. Ciclos El Niño/La Niña: periodo 1991-2000 y su influencia en las costas norte y central de Chile. *Anuario SHOA* 55:1-8.
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). s.f. *Compra de datos*. <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf> (consultado en agosto del 2011)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2002. *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*. <http://www.ideam.gov.co> (consultado en agosto del 2011).
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005. *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). s.f. *Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIG-OT)*. <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/> (consultado en agosto del 2011).
- Maturana, Jenny, Mónica Bello y Michelle Manley. 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En *El Niño-La Niña 1997-2000: sus efectos en Chile*, eds. Segio Avaria, Jorge Carrasco, José Rutllant y Eleuterio Yañez, 13-28. Valparaíso: Comité Oceanográfico Nacional (CONA).
- McPhaden, Michael. 2003. Tropical Pacific Ocean Heat Content Variations and ENSO Persistence Barriers. *Geophysical Research Letters* 30 (9): 1480. DOI: 10.1029/2003GL016872.
- Meerhoff, Erika. 2008. *Análisis de los impactos causados por el fenómeno meteorológico El Niño 1997-1998 a escala regional y por países*. Pasantía PHI-LAC, UNESCO. <http://www.unesco.org.uy/phi/biblioteca/archive/files/6241aad45d374db993bbce7cd1a13ddo.pdf> (consultado en agosto del 2011).
- Mesa, Oscar, Germán Poveda y Luis Carvajal. 1997. *Introducción al clima de Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Montealegre Bocanegra, José Edgar y José Daniel Pabón Caicedo. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana* 2:7-21.
- National Weather Service, Climate Prediction Center (NOAA). s.f.a. *Frequently Asked Questions about El Niño and La Niña*. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml#NINO (consultado en mayo del 2013).
- National Weather Service, Climate Prediction Center (NOAA). s.f.b. *Monthly Atmospheric & SST Indices*. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> (consultado en mayo del 2013).
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2000. *Crónica de desastres: fenómeno El Niño 1997-1998*. Washington D.C. <http://www.paho.org/spanish/ped/ElNino.htm> (consultado en diciembre del 2012).
- Pabón Caicedo, José Daniel. 2003. Fenómeno El Niño: efectos e impactos en el Pacífico colombiano. En *El mundo marino de Colombia: investigación y desarrollo de territorios olvidados*, 64-74. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Pabón Caicedo, José Daniel, Jorge Zea, Gloria León, Gonzalo Hurtado, Olga Cecilia González y José Edgar Montealegre B. 2001. La atmósfera, el tiempo y el clima. En *El medio ambiente en Colombia 2^{ed}*, ed. Pablo Leyva, 34-113. <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/000001/cap3-ii.pdf> (consultado en agosto de 2011).
- Pabón Caicedo, José Daniel y Germán Andrés Torres. 2006. Efecto climático de los fenómenos de El Niño y La Niña en la Sabana de Bogotá. *Meteorología Colombiana* 10:86-99.
- Peña Quiñones, Andrés Javier, Enrique Cortes Betancourt y Fernando Montealegre León. 2001. Incidencia de los fenómenos "El Niño" y "La Niña" sobre las condiciones climáticas en el valle del río Cauca: Parte II. Análisis de correlaciones. *Meteorología Colombiana* 3:119-128.
- Pérez V., Gerson Javier. 2007. *Documentos de trabajo sobre economía regional: Historia, geografía y puerto como determinantes de la situación social de Buenaventura* n.º 91. Cartagena: Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEBR).
- Pourrut, Pierre. 1998. El Niño 1982-1983 a la luz de las enseñanzas de los eventos del pasado - impactos en el Ecuador. *Bulletin de l'institut Francais d'Etudes Andines* 27 (3): 501-515.
- Sánchez, Reinaldo; Germán Vargas, Humberto Gonzáles y José Daniel Pabón Caicedo. 2001. Los fenómenos cálido del Pacífico (El Niño) y frío del Pacífico (La Niña) y su incidencia en la estabilidad de laderas en Colombia. Ponencia presentada en el *III Simposio Panamericano de deslizamientos*, 29 de julio al 3 de agosto del 2001. Cartagena: Sociedad Colombiana de Geotecnia.

- Suarez, Félix. 2010. Buenaventura: una ciudad-puerto globalizante, diversa y multicultural. *XIV Encuentro de Latinoamericanistas Españoles, Congreso internacional 1810-2010: 200 años de Iberoamérica*, 15 al 18 de septiembre del 2010, 2488-2507. Santiago de Compostela: Consejo Español de Estudios Iberoamericanos (CEEIB), Centro Interdisciplinario de Estudios Americanistas "Gumersindo Busto" (CIEAM), Universidad de Santiago de Compostela.
- Tarapuez Roa, Juan Carlos y Diego Esteban Eslava Avendaño. 2011. *TSW (TRAMO-SEATS), una aplicación para la emisión primaria en Colombia*. <http://www.fce.unal.edu.co/wiki/images/6/62/TSW.pdf> (consultado en mayo del 2013).
- World Meteorological Organization (WMO). s.f. *What are El Niño and La Niña?* http://www.wmo.int/pages/themes/faq/index_en.html (consultado en mayo del 2013).
- Wyrski, Klaus. 1975. El Niño - The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. *Journal of Physical Oceanography* 5:572-584. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0485\(1975\)005<0572:ENTDRO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0485(1975)005<0572:ENTDRO>2.0.CO;2) (consultado en septiembre del 2011).
- Zambrano, Eduardo. 1986. El fenómeno de El Niño y la Oscilación Sur (ENOS). *Acta Oceanográfica del Pacífico* 3 (1): 195-203.
- Zambrano, Eduardo. 1996. El Niño. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 8(1): 109-114.