

# Variabilidad climática interanual sobre el distritometropolitano de Quito asociada a ENOS

## Interannual climatic variability over metropolitan district of Quito associated to ENOS



Hidalgo Proaño, Marcelo

**Marcelo Hidalgo Proaño**

m\_hidalgo@aviacioncivil.gob.ec

Centro de Investigaciones Meteorológicas  
Aeronáuticas (CIMA), Ecuador

**CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica**

Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador

ISSN-e: 1390-9592

Periodicidad: Semestral

vol. 6, núm. 1, 2017

cienciamerica@uti.edu.ec

Recepción: 20 Febrero 2017

Aprobación: 01 Abril 2017

URL: <http://portal.america.org/ame/i/jatsRepo/367/3671560005/index.html>

La revista permite que los autores tengan los derechos de autor sin restricciones de sus envíos y publicaciones. La revista solicita cumplir con los términos de la licencia Atribución-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-ND 4.0); es decir, cumplir con la ética de reconocer la autoría de los autores responsables del material original, por lo cual deben ser adecuadamente reconocidos y citados y si remezcla, transforma o crea a partir de el material, no podrá distribuir el material modificado.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-SinDerivar 4.0 Internacional.

**Resumen:** Se analiza la variabilidad climática interanual observada sobre el Distrito Metropolitano de Quito y su relación con los fenómenos de El Niño, de La Niña y Oscilación del Sur (ENOS), tomando como base series de datos de precipitación, temperatura del aire, humedad relativa y presión atmosférica en resolución mensual, provenientes de 7 estaciones localizadas en la región. Para el efecto se filtró la estacionalidad mediante el cálculo de índices que con valores positivos (negativos) expresan situaciones en las que la variable estuvo por encima (por debajo) del promedio correspondiente. Las series de los índices fueron comparadas con el Ocean El Niño Index (ONI), para establecer la relación con los fenómenos El Niño y La Niña. Los resultados mostraron que la temperatura media de aire en la escala interanual está estrecha y directamente relacionada con los fenómenos de El Niño y de La Niña. La presión atmosférica, la humedad relativa y la precipitación tienden a tener una relación inversa con el ONI, aunque este patrón de respuesta no siempre ocurre: la precipitación disminuye notablemente bajo la influencia del fenómeno de El Niño, sin embargo en los eventos muy fuertes, como el de 1982-1983, hubo un notable aumento de la precipitación sobre la región analizada. Ante los eventos de La Niña se estableció un patrón de respuesta claro: aumento de la precipitación.

**Palabras clave:** Clima de Quito, Variabilidad Climática Quito, El Niño, La Niña.

**Abstract:** Interannual climate variability observed over the Metropolitan District of Quito and its relationship with El Niño, La Niña and the Southern Oscillation (ENSO) is analyzed, based on monthly resolution data series of precipitation, air temperature, relative humidity and atmospheric pressure monthly, from 7 stations located in the region. The seasonality was filtered by calculating indices that with positive (negative) values express situations in which the variable was above (below) the average. The series of indices were compared with the Ocean El Niño Index (ONI), to establish the relationship with El Niño and La Niña phenomena. The results showed that the average temperature of air in the interannual scale is closely and directly related to the El Niño and La Niña. The atmospheric pressure, relative humidity and precipitation tend to have an inverse relationship with ONI, although this pattern of response is not always observed: usually, precipitation decreases significantly under the influence of El Niño, but the very strong events, as the 1982-1983, favor above normal precipitation for this region. For

La Niña events a clear response pattern was established: increasing of precipitation.

**Keywords:** Climate of Quito, Quito Climate Variability, El Niño, La Niña.

## Introducción

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) está ubicado sobre una región que experimenta constantemente anomalías climáticas que afectan al sistema socioeconómico de la ciudad. Períodos con lluvias anormalmente abundantes o intensas y sequías extremas han generado situaciones de desastre e impactado negativamente en una magnitud considerable a los diferentes sectores socioeconómicos y al bienestar de la comunidad asentada allí. Tales anomalías están estrechamente asociadas a fases extremas de la variabilidad climática que presenta ciclos con diferentes períodos (meses, años o decenios).

Uno de los modos de la variabilidad climática que destaca es el ciclo interanual denominado Oscilación del Sur (ENOS), cuyas fases extremas (El Niño y La Niña) inducen anomalías climáticas que se registran en diferentes partes del mundo (Rasmusson & Carpentier, 1982; Peel et al, 2000; Garreaud et al., 2007) y en la región Andina (Vuille et al., 1999; Hernández 2001, Quiros et al. 2009, Rojas 2011, entre otros), particularmente en Ecuador (CEPAL 1983, Corporación Andina de Fomento, 2000)

A pesar de las evidencias de las anomalías climáticas que ocurren en la región, está pendiente realizar un estudio detallado sobre la variabilidad climática.

Con base en esta situación se consideró necesario analizar la variabilidad climática asociada al ciclo ENOS que afecta a la ciudad de Quito y específicamente al Área Metropolitana de Quito (AMQ).

## 2. Desarrollo

Para el presente análisis se utilizaron los datos de temperatura, presión atmosférica humedad relativa y precipitación de siete estaciones climatológicas distribuidas en el AMQ (Figura 1), de las cuales la estación del Antiguo Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito (AAMSQ) es operada por la Dirección General de la Aviación Civil (DGAC) y las seis restantes por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ). La serie de datos de la estación del AMSQ tiene registros para el período 1958-2011, las demás sólo para 2005-2011.

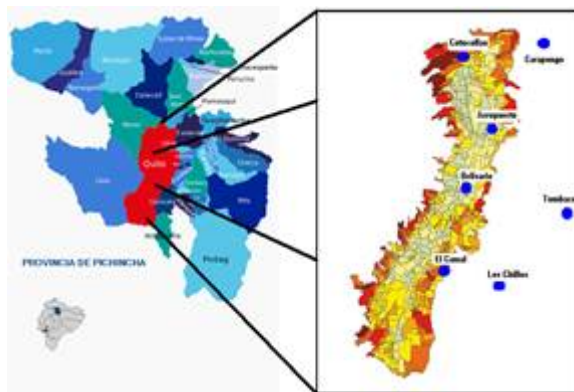


Figura 1.

Estaciones Climatológicas en el Distrito Metropolitano de Quito. (Fuente de datos: D.G.A.C.; REMMAQ)

Para garantizar una apropiada calidad de los datos de las estaciones climatológicas se realizó en primera instancia una revisión visual de la información para descartar errores generales y se realizó el siguiente proceso:

1) Verificación visual de datos en tablas meteorológicas; 2) Verificación de consistencia interna entre las variables; 3) Comprobación del umbral propio de los patrones climatológicos locales; 4) Comprobación de homogeneidad de las series de datos; 5) Comprobaciones temporales para garantizar la secuencia de las observaciones.

Las series de datos de humedad relativa, temperatura y precipitación en las estaciones de la REMMAQ presentaron algunos datos diarios faltantes. Los vacíos de datos no fueron extensos y se generaron utilizando el programa TSW versión Beta 1.0.4. Una vez complementadas las series de datos con los valores generados, con el programa TSW, se comprobó su calidad utilizando el paquete RCLIMDEX, el cual funciona dentro del entorno del programa de ambiente estadístico R versión 2.14.2 (Zhang et al, 2004), mencionado paquete informático permitió realizar un control de calidad previo a los datos de las series de las estaciones de la REMMAQ, usando valores de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

La variabilidad del clima regional se analizó con base en índices mensuales de las variables climatológicas (precipitación, temperatura del aire, humedad relativa y presión atmosférica), calculados con la siguiente ecuación:

$$IX = \frac{X - \overline{X}}{\sigma}$$

$IX$  = Índice de la variable  $X$ ;

$X$  = Valor de variable;

$\overline{X}$  = Promedio multianual;

$\sigma$  = Desviación estándar

Para descartar las fluctuaciones intraestacionales en las series de los índices se aplicó una suavización con media móvil de 11 puntos.

Con el objeto de identificar la relación de la variabilidad climática de la región donde se asienta el Distrito Metropolitano de Pichincha (DMQ) con los procesos del Pacífico tropical, se compararon las series de los índices de variables climatológicas con el Índice Oceánico de El Niño (ONI) que representa el comportamiento de la temperatura superficial del mar en el sector central del Pacífico (Niño 3.4), índice que publica la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA ? CLIMATE PREDICTION CENTER) en su sitio Web.

La serie del ONI se correlacionó con las series suavizadas de los índices  $IX$ 's buscando identificar algún efecto de las fases del ciclo ENOS en la variabilidad climática de la región de estudio. En este análisis se utilizó la serie de la estación Antiguo Aeropuerto de Quito con período 1958-2011; también se efectuó el cálculo para otras estaciones que contaron con datos para el período 2005-2011.

Seguidamente se relacionaron los gráficos de las variables meteorológicas con el ONI a las cuales se realizó una suavización de 11 meses para filtrar la variabilidad intraestacional y poder correlacionar con la serie del ONI.

El análisis del ciclo anual de la precipitación y de la humedad del aire, elaborado a partir de la información de la estación del Antiguo Aeropuerto de Quito (AAQ) (Figura 2), permite observar que hay un comportamiento bimodal con un máximo principal de precipitación en marzo-abril y un secundario en octubre-noviembre; el período seco se observa en junio-julio-agosto.

La humedad relativa, que durante el año oscila entre 60 y 80 %, presenta un comportamiento similar.

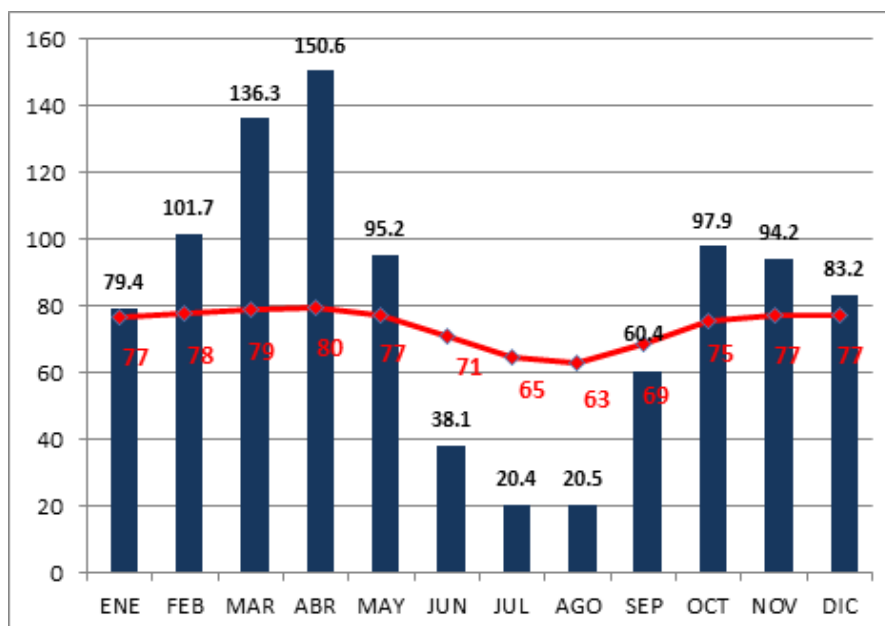


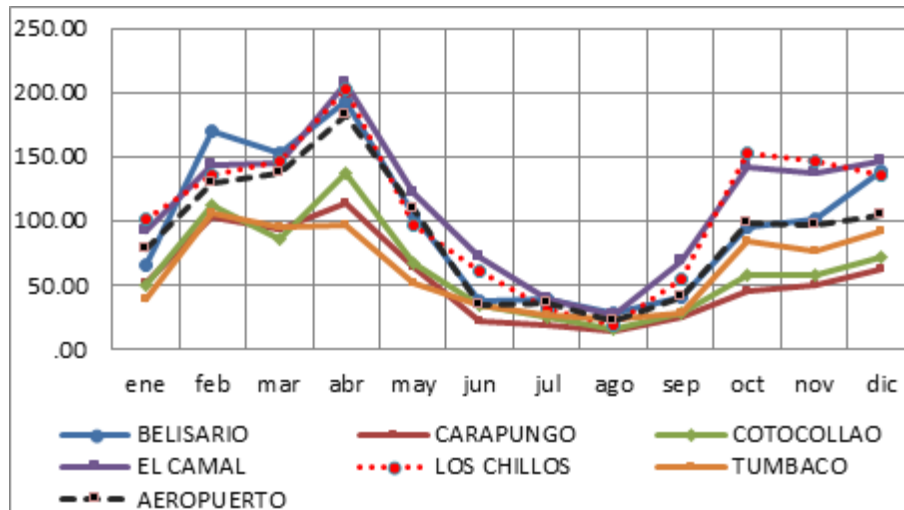
Figura 2.

Ciclo anual de la precipitación (en barras verticales azules) y de la humedad relativa (línea roja) observado en el Distrito Metropolitano de Quito, basado en el período 1958-2011. (Fuente de datos D.G.A.C.-REMMAQ)

En la Figura 3 se evidencia el ciclo anual de precipitación en las demás estaciones climatológicas (que al momento del análisis sólo cuentan con registros de 6 años).

Se confirma la presencia de los dos máximos de precipitación o épocas lluviosas y de un período relativamente seco en junio-agosto, así como de un período de precipitaciones menores al de las épocas lluviosas identificadas en enero y agosto.

El análisis con las demás estaciones, considerando que se cubrió la mayor parte del DMQ y el sector del Valle de los Chillos, permite establecer que al sur del DMQ ocurre una mayor cantidad de precipitación que en el norte y oriente. Se puede observar que existe una ligera disminución en la precipitación en el mes de marzo, lo que no se visualiza con los datos del aeropuerto antiguo de Quito.



**Figura 3.**

Ciclo anual de la precipitación en las estaciones del Distrito Metropolitano de Quito, construido para el período 2005-2011. (Fuente de datos: REMMAQ-D.G.A.C.)

El comportamiento bimodal de la precipitación que se registra en toda la región estudiada está asociada a la migración sur-norte-sur de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) durante el año.

En la Figura 4 se presenta la comparación de las secuencias de los índices de las cuatro variables (temperatura del aire, humedad relativa y precipitación) registradas en el antiguo aeropuerto de Quito, con el ONI. En el caso del índice de temperatura del aire, es posible identificar una clara correspondencia: bajo eventos El Niño la temperatura del aire en la región de estudio presenta valores por encima de lo normal; en el caso de La Niña, lo contrario, temperaturas por debajo de lo normal (índices positivos). Para la humedad relativa la relación inversa con ONI se expresa más claramente que en el caso de la presión atmosférica; se puede constatar que bajo condiciones El Niño, en la región se registra humedad relativa por debajo de lo normal; entre tanto, bajo la presencia de La Niña esta variable tiende a situarse por encima de lo normal.

El índice de precipitación identificado en la figura 4, en general presenta una relación inversa con el ONI, lo que indicaría que para la región las condiciones El Niño generan precipitaciones por debajo de lo normal en el DMQ, mientras que en La Niña por encima. No obstante, este patrón no se cumplió en el evento de El Niño muy fuerte de 1982-1983 en el que, según los datos facilitados, se presentó el mayor acumulado anual de precipitación (1431 mm) de lo que se tiene registrado para estación AMSQ. En los años correspondientes a eventos La Niña (1964, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1984-85, 1988-89, 1995-96, 1998-99, 2000-01, 2005-06, 2007, 2008 y 2010), la precipitación de la región respondió con aumentos que en la mayoría de los casos se ubicaron por encima de lo normal. En el evento La Niña del año 1975 hubo una de las mayores cantidades de precipitación (1323,5 mm).

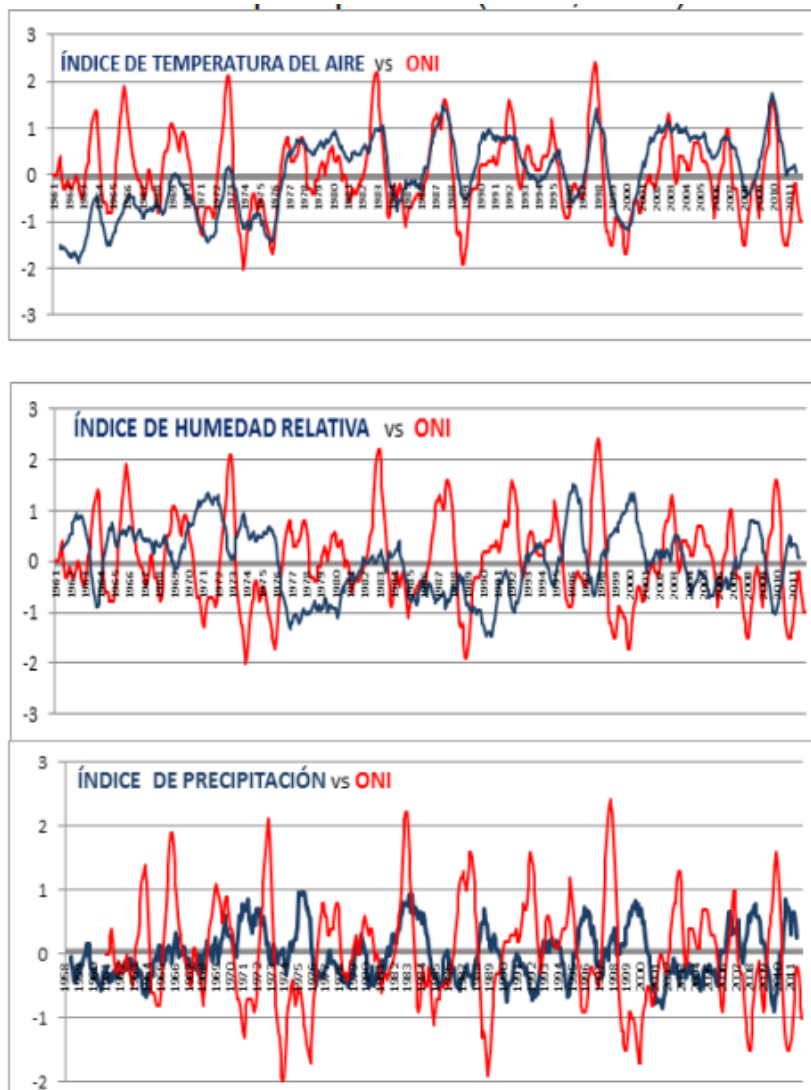


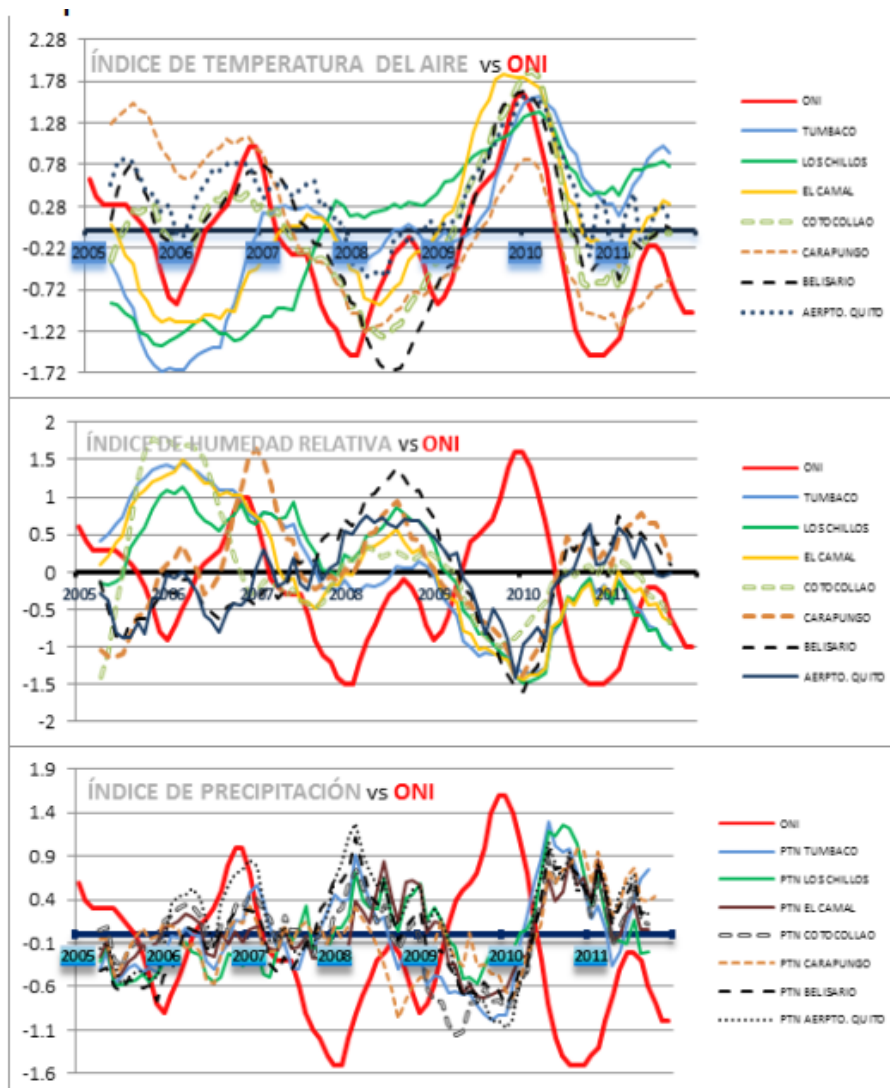
Figura 4.

Secuencias de los índices de temperatura del aire, humedad relativa y de precipitación para la estación del Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito comparado con el ONI en el período 1958-2011 (Fuente de datos: D.G.A.C; NOAA)

La Figura 5 compara el comportamiento del ONI, es decir índices de eventos El Niño y La Niña, con los índices de las variables temperatura del aire, humedad relativa y precipitación de las otras seis estaciones usadas en el presente estudio. Para el período de estudio, 2005-2011, se observaron eventos La Niña en agosto/2007, junio/2008, julio/2010, diciembre/2011. Mientras que eventos El Niño se registraron en julio/2009 y abril/2010.

Al analizar en la Figura 5 el comportamiento del índice de temperatura del aire es posible constatar que esta variable tiene una relación directa con el ONI, lo que señala que a enfriamientos en el Pacífico tropical la temperatura media del aire en Quito disminuye, en tanto que con calentamientos, aumenta. Esto es particularmente evidente para las fases extremas de la variabilidad climática (El Niño y La Niña) observados durante el período analizado. Una excepción es la estación los Chillos en la que hay un patrón de comportamiento de la

temperatura media del aire diferente a las otras seis estaciones, especialmente hasta el 2009.



**Figura 5.**

Índice de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación de las estaciones DMQ vs ONI calculado para las siete estaciones analizadas para el período 2005-2011 (Fuente de datos REMMAQ; DGAC; NOAA)

El índice de humedad relativa tiene una correspondencia inversa con el ONI, especialmente marcada en los períodos El Niño o La Niña. En calentamientos o enfriamientos de menor magnitud esta relación no se manifiesta igual en todas las estaciones.

La comparación del comportamiento del índice de precipitación con el del ONI permite establecer claramente que en los eventos El Niño y La Niña ocurridos en entre 2005-2011 hubo una respuesta inversa: valores positivos de ONI le corresponde valores negativos del índice de precipitación. Lo que indica que bajo condiciones de fenómeno de El Niño, la precipitación en el DMQ tiene valores por debajo de lo normal y bajo la influencia de La Niña, volúmenes de lluvia por encima de lo normal.



### 3. Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre la variabilidad climática realizados en el DMQ, indican en primer lugar que la precipitación registra un comportamiento bimodal, siendo en el mes de abril el que presenta la mayor cantidad de lluvia en el primer período de precipitación y el mes de octubre donde se registra la mayor cantidad de lluvia en el segundo período de precipitación, siendo julio-agosto el primer período relativamente seco y enero el segundo.

Además se estableció que la temperatura media del aire en la región donde se ubica el DMQ tiende a estar por encima de lo normal cuando hay presencia de condiciones de fenómeno de El Niño y por debajo de lo normal bajo La Niña. La humedad relativa tiene a tener una asociación inversa: con fenómeno de El Niño presenta valores por debajo de lo normal, con La Niña por encima de lo normal.

En los eventos El Niño se registran valores de precipitación por debajo de lo normal; sin embargo en el evento El Niño muy fuerte de 1982-83 hubo aumento muy significativo en la precipitación en la región, que obtuvo volúmenes por encima de lo normal. En los eventos La Niña la precipitación sobre el DMQ está por encima de lo normal.

Considerando que estudios sobre la temática presentada son escasos, los resultados mostrados sirven de base para entender la viariabilidad climática sobre el DMQ ante episodios ENOS, con la finalidad de proteger y mitigar a la comunidad y construcciones de eventos naturales que pueden ocasionar desastres en la región.

De la información mostrada se genera la urgente necesidad de analizar la variabilidad climática asociada al ENOS en el resto del país.

### 4. Referencias

- [1] Corporación Andina de Fomento (2000). El Fenómeno El Niño 1997-1998. // Memoria, retos y soluciones. Volumen IV: Ecuador. Ex Libris, Caracas, Venezuela, 311 p.
- [2] CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (1983). Ecuador: Evaluación de los efectos de las inundaciones de 1982-1993 sobre el desarrollo económico y social. // (marzo de 1983)
- [3] Garreaud, R., ACEITUNO P. (2007). Atmospheric Circulation Over South America: Mean Features and Variability. // Chapter 3 The Physical Geography of South America. Oxford University Press (2007).
- [4] Hernández, B. (2001). Variabilidad interanual de las anomalías de la temperatura superficial del mar en aguas cubanas y su relación con eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). // Centro de Investigaciones Pesqueras, Ciudad de la Habana, Cuba, CICESE, División de Oceanología.
- [5] NOAA ? CLIMATE PREDICTION CENTER. Disponible en [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_)
- [6] Rojas, E. (2011). Evaluación del desarrollo del cultivo de papa bajo escenarios de variabilidad climática interanual y cambio climático, en el sur oeste de la Sabana de Bogotá. // Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Bogotá.

- [7] Peel M., McMahon T., Finlayson B. (2000). Variability of Annual Precipitation and Its Relationship to the El Niño-Southern Oscillation. // *J. Climate*, v. 15, pp. 545-551.
- [8] Quiros, E., Alfaro, E. (2009). Algunos aspectos relacionados con la Variabilidad Climática en la Isla del Coco. // *Revista de Climatología*, Volumen 9. ISSN 1578-8768. Universidad de Costa Rica.
- [9] Rasmusson E., Carpenter, T. (1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind field associated with the Southern Oscillation El Niño. // *Mon. Wea. Rev.*, v. 110, pp. 354-384.
- [10] Vuille, M., Bradley, R., Keimig, F. (1999). Climate Variability in the Andes of Ecuador and Its Relation to Tropical Pacific and Atlantic Sea Surface Temperature Anomalies. // *Climate System Research Center*. University of Massachusetts, Massachusetts. (14 octubre 1999).
- [11] Zhang, X., Yang, F. (2004). RCLimDex (1.0) User Manual. // *Climate Research Branch Environment Canada*. Downview, Ontario Canada. (10 septiembre 2004).