
Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS

Interannual climatic variability over Ecuador associated to ENOS

Marcelo Hidalgo Proaño

(1) Centro de Investigaciones Meteorológicas Aeronáuticas (CIMA), m_hidalgo@aviacioncivil.gob.ec

Fecha de recepción: 1 de mayo de 2017
Fecha de aceptación: 5 de julio de 2017

Resumen

Se investiga la variabilidad interanual sobre Ecuador asociada a El Niño Oscilación del Sur (ENOS) durante sus fases calientes "La Niña" y frías "El Niño". Se consideraron series de datos de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación de 79 estaciones distribuidas en las tres regiones continentales del país. La estacionalidad de las regiones fueron filtradas calculando índices de las series, si son positivos indican que los valores estuvieron por encima del promedio, y al ser negativos estuvieron por debajo. Las series de los índices obtenidos fueron comparados con el Ocean El Niño Index (ONI), para identificar relaciones con los fenómenos El Niño y La Niña. Los resultados evidencian que en las regiones interandina y oriental con eventos El Niño la temperatura aumenta, con eventos La Niña disminuye, en la región costera con El Niño no hay un patrón definido y con fenómenos La Niña la temperatura disminuye. Cuando ocurren eventos El Niño en las regiones interandina y oriental, la humedad disminuye, mientras que frente a fenómenos La Niña aumenta. En la región costa con eventos El Niño la humedad aumenta, y frente a episodios La Niña su señal no está bien definida, sin embargo se determina una ligera disminución en sus promedios. Finalmente se determinó que en las regiones interandina y oriental con la ocurrencia de eventos El Niño la precipitación disminuye en sus promedios, y con fenómenos La Niña aumentan. Para la región costa se confirma que al ocurrir eventos El Niño la precipitación aumenta, y con fenómenos La Niña disminuyen en la mayor parte de la región.

Palabras clave: Variabilidad Climática, Ecuador, Estacionalidad, El Niño, La Niña, Temperatura, Humedad Relativa, Precipitación.

Abstract

The interannual variability over Ecuador associated with El Niño Southern Oscillation (ENSO) during its hot phases "La Niña" and cold phases "El Niño" is analyzed. Data series of air temperature, relative humidity and precipitation of 79 stations distributed in the three continental regions of the country were considered. The seasonality of the regions were filtered calculating indexes of the series, if they are positive indicate that the values were above average, and if they negative they were below. The series of the indices obtained were compared with the Ocean El Niño Index (ONI), to identify relationships with the El Niño and La Niña phenomena. The results evidence that in the inter-Andean and Eastern regions, with El Niño events, the temperature increases, with La Niña events decreases, in the coastal region with El Niño there is not definite pattern, and with La Niña phenomena the temperature decreases. When El Niño events occur in the inter-Andean and eastern regions, the humidity decreases, whereas in front to La Niña phenomena, increases. On the coastal region with El Niño events the humidity increases, and in front of episodes La Niña its signal is not well defined, however a slight decrease in their averages is determined. Finally, it was determined that in the inter-Andean and Eastern regions with the occurrence El Niño events precipitation decreases in their averages, and with La Niña phenomena increase. For the coastal region it is confirmed that when occur El Niño events, the precipitation increases, and with La Niña phenomena, decrease in most of the region.

Key words: Climate Variability, Ecuador, Seasonality, El Niño, La Niña, Temperature, Relative Humidity, Precipitation.

Introducción

El Ecuador al estar ubicado en el paralelo cero es afectado continuamente por diferentes sistemas sinópticos que ocurren durante el año, los cuales regulan al clima y a la variabilidad climática del país; cuya principal manifestación es evidenciada en la variabilidad de la precipitación [6].

La gran cantidad de precipitación acumulada sobre el Ecuador, particularmente en la región costera, son el resultado de los sistemas sinópticos que dominan el sector y especialmente de las anomalías positivas de temperatura que ocurren en la superficie del Océano Pacífico [11], en diferentes meses del año. Estas precipitaciones han ido incrementándose desde inicios del siglo XXI, perjudicando la economía, a la población, carreteras y en definitiva el desarrollo del país.

La información climatológica indica que la cantidad de lluvias en el país han aumentado o disminuido, principalmente por la variabilidad climática interanual relacionada a la Oscilación del Sur (ENOS), durante su fase caliente denominado El Niño, o en la fría llamada La Niña. El ENOS ha sido estudiado mundialmente, debido a que sus consecuencias y repercusiones son a escala planetaria, generando anomalías climáticas que se registran en diferentes lugares [2] [7] [9] como en la región Andina [11] [3] [8] [10] y por supuesto en Ecuador [1] [4].

Es necesario generar más conocimiento sobre la variabilidad interanual en el país, ya que con un claro entendimiento sobre el tema, es posible alertar con meses de anticipación la ocurrencia de eventos El Niño o La Niña, lo que es muy útil para mitigar y reducir los posibles efectos destructivos que ocasionan en el ámbito socioeconómico a lo largo del Ecuador.

Por lo indicado, existe la premura de estudiar y entender la variabilidad climática que está vinculada con el ciclo ENOS y su influencia en el país.

2. Desarrollo

En esta investigación se utilizaron datos mensuales de precipitación, temperatura del aire y humedad de 79 estaciones climatológicas en el Ecuador (Figura 1), distribuidas en la región costera (25 estaciones), región interandina (47 estaciones) y región oriental (7 estaciones), de las cuales 63 son responsabilidad del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y 16 por la Dirección General de la Aviación Civil (DGAC).

Para el análisis de la temperatura y la humedad, se utilizó la información de las estaciones de la DGAC (en la costa se cuenta con seis estaciones, oriente cuatro y región interandina seis), ya que son series completas y con escasos errores. La serie de datos de la estación Antigua Aeropuerto de Quito tiene registros mensuales para el período 1981-2012, las demás para el período 1981-2014. En la Figura 1 se puede evidenciar que en la región oriental existen pocas estaciones meteorológicas (siete), la mayor cantidad están ubicadas a lo largo del callejón interandino, mientras que en la costa existen más estaciones en la provincia de Manabí.

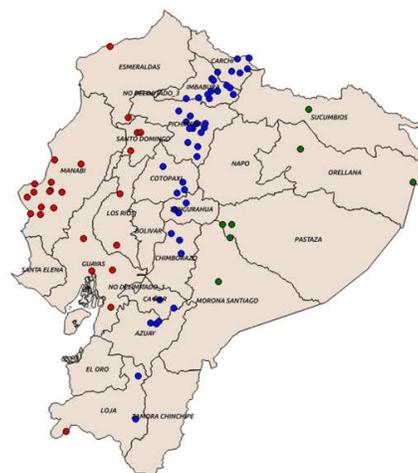


Figura 1. Estaciones Climatológicas en el Ecuador (círculos rojos región costera, círculos azules región interandina y círculos verdes región oriental) (Fuente de datos: INAMHI, D.G.A.C.)

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

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

Las series de datos de precipitación en las estaciones del INAMHI presentaron algunos datos faltantes. Los datos vacíos no fueron extensos (máximo 30 para cada estación, y que representaban el 7% del total de cada una) y se los generó 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 [12], mencionado paquete informático permitió realizar un control de calidad previo a los datos de las series de las estaciones. La variabilidad del clima regional se analizó con base en índices mensuales de la precipitación, temperatura del aire y humedad calculados con la siguiente ecuación:

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

IX = Índice de la variable X ;

X = Valor de variable;

\bar{X} = Promedio multianual;

σ = Desviación estándar

Para descartar las fluctuaciones intraestacionales en las series de los índices se aplicó una suavización con media móvil de 11 puntos a los datos. En las gráficas obtenidas, los valores sobre el cero indican que los datos de la variable aumentan en relación el promedio general, los valores bajo cero indican que disminuyen considerando el mismo promedio.

Con el objeto de identificar la relación de la variabilidad climática del Ecuador con los procesos del Pacífico tropical, se compararon las series de los índices de variables climatológicas citadas, con el Índice Oceánico de El Niño (ONI), el cual 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, [5] 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 que afecten en la variabilidad climática de la región de estudio. En este análisis se utilizaron las series de las estaciones del país en el período 1981-2014.

El análisis previo del ciclo anual de la precipitación efectuado con las estaciones distribuidas a lo largo del Ecuador (Figura 2), permite identificar que la distribución en la región costera tiene un comportamiento unimodal, mientras que en las regiones interandina y oriental es bimodal.

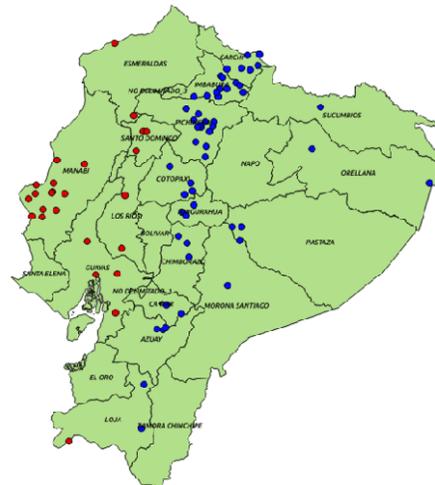


Figura 2. Distribución del comportamiento anual de la precipitación en Ecuador (círculos rojos comportamiento unimodal, círculos azules comportamiento bimodal). Período 1981-2014. (Fuente de datos INAMHI, D.G.A.C.)

En la Figura 3, usando diez estaciones, se evidencia que el ciclo anual de precipitación en la región costera es unimodal.

Se confirma además que para la región costera existe un máximo de precipitación o época lluviosa en los meses de febrero-marzo y un período relativamente seco en los meses agosto-septiembre. El ciclo unimodal se mantiene en las demás estaciones de la región costera.

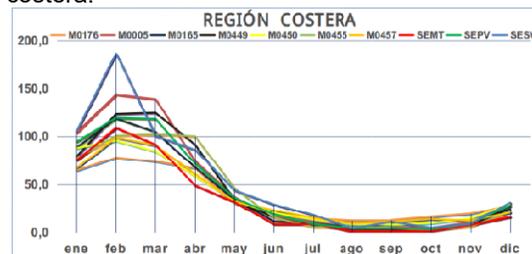


Figura 3. Ciclo anual de la precipitación en las estaciones de la región costera, para el período 1981-2014. (Fuente de datos: INAMHI - D.G.A.C.)

En la Figura 4, utilizando diez estaciones, se determina que el ciclo anual de precipitación en la región interandina es bimodal, se evidencia que el primer período de precipitaciones ocurre en los meses de marzo y abril, mientras que el segundo período de precipitaciones es en octubre y noviembre. Los períodos con poca precipitación ocurren en enero, y el segundo en julio-agosto. El mismo ciclo se evidencia en las demás estaciones.

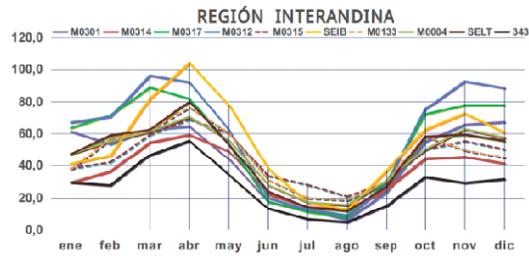


Figura 4. Ciclo anual de la precipitación en las estaciones de la región interandina, para el período 1981-2014. (Fuente de datos: INAMHI - D.G.A.C.)

En la Figura 5, usando las estaciones que se dispone, se observa que el ciclo anual de precipitación en la región oriental tiene una distribución bimodal, en donde existen dos máximos de precipitación o épocas lluviosas en los meses de abril-mayo y el otro en octubre-noviembre, así como dos períodos de precipitaciones menores identificadas en enero y en agosto-septiembre.

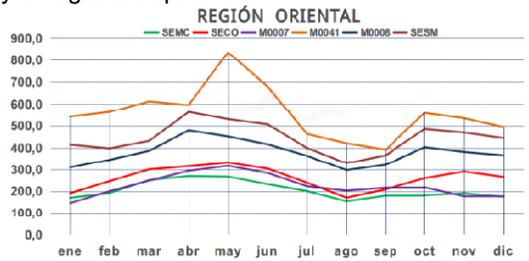


Figura 5. Ciclo anual de la precipitación en las estaciones de la región oriental, para el período 1981-2014. (Fuente de datos: INAMHI - D.G.A.C.)

Durante el período de estudio 1981 – 2014, se observaron diez eventos cálidos El Niño en abril/82 hasta junio/83, septiembre/86 hasta febrero/88, junio/91 hasta julio/92, octubre/94 hasta marzo/95, mayo/97 hasta mayo/98, junio/02 hasta febrero/03, julio/04 hasta abril/05, septiembre/06 hasta enero/07, julio/09 hasta abril/2010, noviembre/14 hasta diciembre/14, y siete eventos fríos La Niña que ocurrieron en octubre/84 hasta junio/85, mayo/88 hasta mayo/89, agosto/95 hasta marzo/96, julio/98 hasta febrero/01, agosto/07 hasta junio/08, julio/10 hasta abril/11, agosto/11 hasta febrero/12.

En la figura 6, se muestran gráficos en donde se evidencian los índices de temperatura del aire comparados con el ONI, en las tres regiones del país, con datos de los aeropuertos del país, en donde se aprecia que en la región interandina cuando ocurren eventos cálidos El Niño hay un aumento significativo en la temperatura, a excepción de El Niño ocurrido en el año 1982-1983, en donde la temperatura en los aeropuertos de Ibarra y Tulcán disminuyeron

notablemente. Mientras que en eventos fríos La Niña se determina que la temperatura del aire disminuye en el sector, sin embargo los datos de la estación de Latacunga en el evento La Niña del año 1985, no cumple con este patrón.

Los gráficos de los índices de temperatura obtenidos para la región oriental determinan que al ocurrir eventos El Niño, la temperatura en la región aumenta. En eventos La Niña la temperatura disminuye, sin embargo en eventos La Niña de los años 1995-1996-2010 no se cumple el patrón.

Para la región costera se evidencia que ante eventos El Niño hay un claro aumento en la temperatura en la región, y al ocurrir eventos La Niña, la temperatura del aire disminuye.

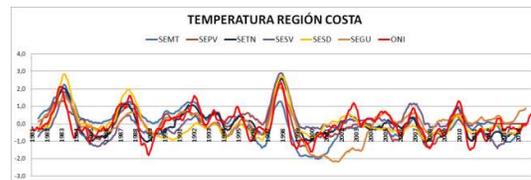
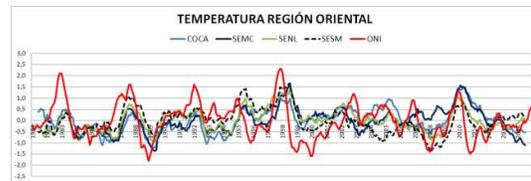
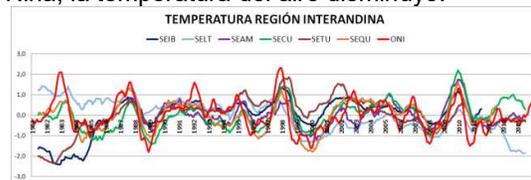


Figura 6. Índices de temperatura de las regiones de Ecuador comparadas con el ONI, durante el período 1981-2014. (Fuente de datos: D.G.A.C.)

En la figura 7 se evidencian las series de índices de humedad relativa en las tres regiones, se determina que para la región interandina cuando ocurren eventos El Niño existe una evidente disminución de la humedad relativa, aunque en los eventos El Niño fuertes de los años 1982-1983-1987 la humedad aumenta. En los fenómenos La Niña la humedad aumenta en la región, confirmando que con estos eventos se incrementa la precipitación en el sector.

Para la región oriental se confirma que ante eventos El Niño la humedad disminuye, con excepción de los eventos ocurridos en el año 1997. Durante eventos La Niña se determina un incremento de la humedad en el sector.

En la región costera se determina que al ocurrir eventos El Niño hay un claro aumento de la humedad. En Eventos La Niña la señal no es clara, sin embargo se distingue ligeras disminuciones al ocurrir eventos fríos.

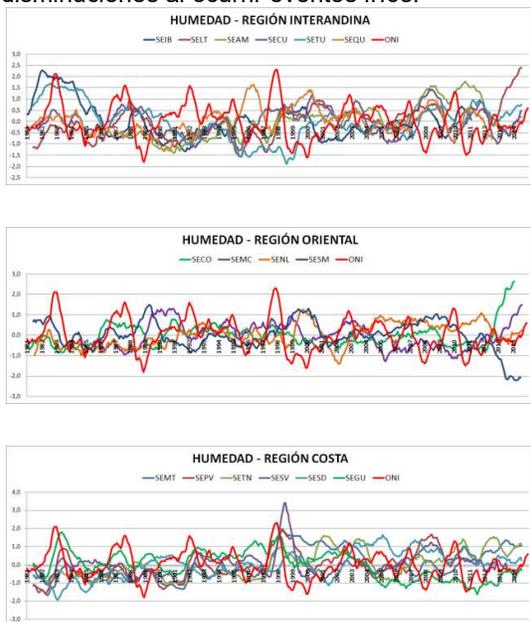


Figura 7. Índices de humedad relativa de las regiones de Ecuador comparadas con el ONI, durante el periodo 1981-2014. (Fuente de datos: D.G.A.C.)

En la figura 8, se evidencian las series de índices de precipitación en las tres regiones (catorce estaciones para la región interandina, siete para la región oriental y diez para la región costera), comparadas con el ONI, se aprecia que las fases El Niño y La Niña están relacionadas directamente con la pluviosidad de la siguiente forma: Para la región interandina se evidencia claramente que ante eventos cálidos El Niño la precipitación en la región disminuye, sin embargo ante la ocurrencia de fenómenos fuertes El Niño, la precipitación aumenta notablemente, tal es el caso de eventos El Niño muy fuertes ocurridos durante los años 1982 y 1997. Con la ocurrencia de eventos fríos La Niña, se evidencia que la precipitación aumenta en la región.

Para la región oriental o amazónica se determina que ante eventos El Niño, el promedio de las precipitaciones disminuye, aunque en eventos muy fuertes, el promedio de las lluvias aumenta, tal es el caso de El Niño ocurrido en el año 1982. En eventos fríos La Niña, los promedios de las lluvias aumentan, con excepción de eventos La Niña ocurridos en los años 1985 y 1996, en los cuales no se cumple con esta relación.

En la Región costera se evidencia claramente que durante eventos cálidos El Niño existe un aumento obvio en la precipitación, mientras que ante eventos fríos La Niña se determina una disminución en el promedio de las lluvias del sector, sin embargo es posible identificar que durante los eventos La Niña de los años 1988, 2008 y 2011 el promedio en las lluvias aumentan y no se cumple con el patrón descrito.

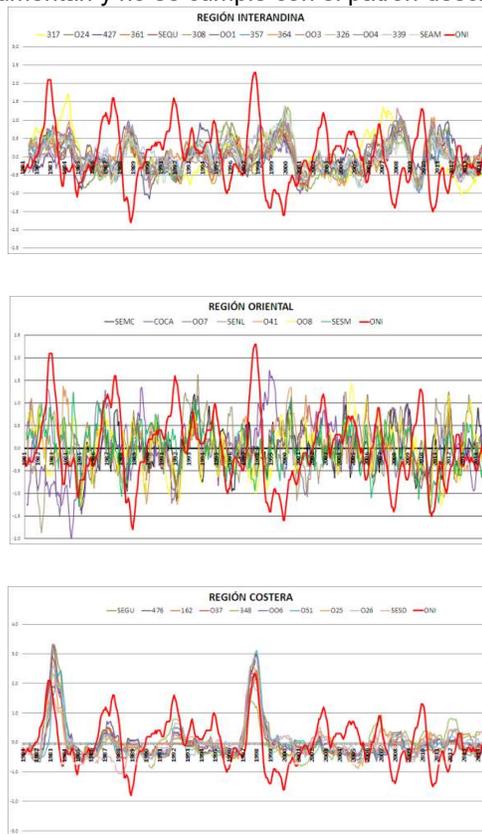


Figura 8. Índices de precipitación de las regiones de Ecuador comparadas con el ONI, durante el periodo 1981-2014. (Fuente de datos: INAMHI - D.G.A.C.)

3. Discusión

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación demuestran que en la región costera existe un comportamiento unimodal de la precipitación, el período lluvioso está identificado en los meses de febrero-marzo, y en los meses de agosto-septiembre ocurre el período con escasas lluvias. Para las regiones interandina y oriental se confirma un comportamiento bimodal en la precipitación, distribuidos de la siguiente forma: en la región interandina el primer período lluvioso es en marzo-abril, en la región oriental es en el período abril-mayo, el segundo período lluvioso, que es menos intenso, se da en el período octubre-noviembre para las dos regiones. El primer período con pocas precipitaciones ocurre

en julio-agosto para la región interandina, en la región oriental se da en el mes de agosto, y el segundo período con bajas lluvias se da en enero para las dos regiones.

Se confirma que no es posible identificar la variación de la temperatura del aire en la región costera ante la ocurrencia de eventos El Niño, pero con eventos La Niña se determina que la temperatura disminuye, en lo referente a la humedad relativa se establece que con fenómenos El Niño aumenta, y ante eventos La Niña no está bien definida su relación, sin embargo es posible definir una ligera disminución. Para las regiones interandina y amazónica es posible determinar que al ocurrir eventos cálidos El Niño el promedio de la temperatura del aire aumenta, y ante eventos fríos La Niña disminuye. En lo que respecta a la humedad relativa se observa que para las regiones interandina y oriental con fenómenos El Niño disminuye, mientras que con fenómenos La Niña aumenta, lo cual confirma que ante eventos fríos existe un evidente aumento en el promedio de lluvias en el sector.

Se corrobora que con eventos El Niño las precipitaciones aumentan en la región costera, con eventos La Niña disminuyen en la mayor parte de la región. Para las regiones interandina y oriental se determina que el promedio de lluvias tienden a disminuir cuando ocurren eventos cálidos El Niño, aunque al existir eventos cálidos muy fuertes las lluvias aumentan, mientras que ante la ocurrencia de fenómenos fríos La Niña se evidencia un claro aumento en el promedio de las precipitaciones, sin embargo este patrón no se cumple estrictamente en la región oriental ante ocurrencias de eventos La Niña intensos.

Los resultados mostrados aclaran el comportamiento de los principales parámetros meteorológicos ante la presencia de fenómenos El Niño y La Niña, lo cual es muy útil para conocer con antelación eventos atmosféricos adversos que pueden ocurrir, con el objetivo de proteger a la comunidad y mitigar sus efectos.

De la investigación presentada surge la necesidad de verificar la relación existente con la información evidenciada en la Región El Niño 1+2, ya que es la región que influye directamente al país.

4. Referencias

- [1] 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)

- [2] 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).
- [3] 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.
- [4] Hidalgo, M., (2017). Variabilidad climática interanual sobre el distrito metropolitano de Quito asociada a ENOS. *CienciAmérica* (2017) Vol. 6 (1). ISSN 1390-9592. Universidad Indoamericana. (abril del 2017).
- [5] NOAA – CLIMATE PREDICTION CENTER. Disponible en http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_1971-2000_climo.shtml Consultada el 09/09/2013.
- [6] Pabón J., Montealegre, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño. *Meteorol. Colomb.* 2:7-21. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.
- [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., Carpentier, 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] 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.
- [11] 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).
- [12] Zhang, X., Yang, F. (2004). RCLimDex (1.0) User Manual. // *Climate Research Branch Environment Canada*. Downview, Ontario Canada. (10 septiembre 2004).

Autor



Marcelo Hidalgo P.

Profesional en Informática, Internet-Working, Meteorología y Climatología con capacidad de trabajo en equipo, habituado al trabajo bajo presión; experiencia en docencia, generador de valor agregado a la organización mediante la creación de ideas e iniciativa para la resolución de problemas.