

# Circulaciones atmosféricas en el Ecuador y su influencia sobre la ciudad de Quito

*Atmospheric circulations in the Ecuador and its influence over the city of Quito*

**Marcelo Hidalgo Proaño**

(1) Centro de Investigaciones Meteorológicas Aeronáuticas (CIMA), m\_hidalgo@aviacioncivil.gob.ec

Fecha de recepción: 09 de mayo de 2017  
Fecha de aceptación: 16 de enero de 2018

## Resumen

Esta investigación se analizan e identifican los patrones de circulación atmosférica, sistemas de escala sinóptica sobre el Ecuador y su afectación al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) organizando en períodos trimestrales, secos y lluviosos, a las series diarias de temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, componente zonal, componente meridional del viento y precipitación en los niveles isobáricos de 700, 500 y 200hPa. Luego se realizaron perfiles verticales diarios de humedad, temperatura del aire, viento y precipitación sobre el DMQ, finalmente utilizando wavelets (onditas) se elaboraron espectros para series de datos diarios de precipitación en superficie, viento zonal y viento meridional, organizadas trimestralmente, para establecer la presencia de señales de escala sinóptica en el sector.

Los resultados evidenciaron que la circulación general de la atmosfera sobre Ecuador, influyen sobre el DMQ de la siguiente forma: los vientos predominantes en 700hPa son del NE. Mientras que en 500hPa los vientos que predomina durante todo el año son del NE y E. Finalmente en 200hPa los vientos dominantes son del NE y E, con excepción del período dic-en-feb en el cual los vientos predominantes son del SE y E. Se comprobó que la precipitación sobre el DMQ responde a la migración anual de la ZCIT.

Con el analisis de los perfiles verticales diarios se evidenció el paso de ondulaciones en el viento que regulan las fluctuaciones de las demás variables. El cambio en la componente meridional del viento marca el paso de estos sistemas, así como el comportamiento de la humedad y la precipitación, definiendo que los vientos en 200 y 250 hPa regulan las condiciones secas y húmedas sobre el DMQ.

El análisis espectral evidenció señales de sistemas en escala sinóptica con ligeras fluctuaciones espectrales con el umbral de 3 a 5 días sobre el DMQ, estos sistemas son más intensos en: la precipitación, especialmente en los períodos de lluvia y en el componente meridional del viento en los períodos secos y lluviosos.

**Palabras clave:** Sistemas Atmosféricos; Escala Sinóptica; Componente Zonal, Componente Meridional, Perfiles Verticales, Análisis espectral.

## Abstract

In this research are analyze and identifies atmospheric circulation patterns, synoptic scale systems over Ecuador and their affectation to Metropolitan District of Quito (MDQ) organizing in quarterly, dry and rainy periods, to the daily series of air temperature, relative humidity, atmospheric pressure, zonal component, meridional component of the wind and precipitation at the isobaric levels of 700, 500 and 200hPa. Then daily vertical profiles of humidity, air temperature, wind and precipitation were made over the MDQ, finally using wavelets were elaborated spectra for series of daily data of surface precipitation, zonal wind and meridional wind, organized quarterly, to establish the presence of synoptic scale signals in the sector.

The results evidenced that general circulation of the atmosphere over Ecuador, they influence over MDQ to following way: the predominant winds in 700hPa are from the NE. While than in 500hPa the predominant winds during all year are from the NE and E. Finally in 200hPa the dominant winds are from the NE and E, with the exception of the Dec-Ene-Feb period in witch predominant winds are from the SE and E. It was checked that the precipitation over the MDQ responds to the annual migration of the ITCZ.

With the analysis of the daily vertical profiles was evidenced to passage of undulations in the wind that regulate the fluctuations of the other variables. The

change in the meridional component of the wind marks the passage of these systems, as well as the behavior of humidity and precipitation, defining that the winds in 200 and 250 hPa regulate the dry and humid conditions over the MDQ.

The spectral analysis evidenced signals of systems in synoptic scale with slight spectral fluctuations with the threshold of 3 to 5 days over the MDQ, these systems are more intense in: the precipitation, especially in the rain periods and in the meridional component of the wind in dry and rainy periods.

**Key word:** Atmospheric Systems, Synoptic Scale, Zonal Component, Meridional Component, Vertical Profiles, Spectral Analysis.

## 1. Introducción

La circulación atmosférica a través de sus diversas escalas espaciales distribuye la masa gaseosa y la energía troposférica en una determinada región, los cuales evidencian diferentes comportamientos como la estacionalidad, que a su vez producen diariamente los fenómenos meteorológicos [6]. La circulación general de la atmósfera, considerando la escala planetaria de circulación, determina la estacionalidad en la zona tropical y especialmente en la franja ecuatorial [2].

Las perturbaciones de la circulación atmosférica, conocidas como sistemas de escala sinóptica, son las que regulan diariamente el comportamiento de los fenómenos meteorológicos [13].

Sobre el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), área en la que se asienta una población de 2,6 millones de habitantes [5] y una creciente actividad económica que aporta significativamente al país con el 22,1% del PIB Nacional [9], los fenómenos meteorológicos que se desarrollan allí; generan impactos socioeconómicos considerables, en algunos casos desastres, como los ocurridos en marzo del 2017, en donde el Alcalde del DMQ, declaró en emergencia extendida a la ciudad [10], contabilizándose hasta el 23 de marzo del 2017

135 inundaciones, 191 movimientos en masa, 79 colapsos estructurales y 44 caídas de árboles. En efecto, las tormentas y las variaciones en los vientos en diferentes épocas del año afectan diversos aspectos de la ciudad, como a las carreteras, edificaciones, operaciones aéreas, entre otras, por lo que el conocimiento sobre el comportamiento de los diversos procesos atmosféricos, particularmente la estacionalidad de los mismos y de los sistemas de escala sinóptica, tienen una enorme importancia [8].

Dada la necesidad de contar con herramientas de predicción climática, de pronóstico del tiempo que adviertan a la población el advenimiento de un período con fenómenos determinados o a la inminencia de una amenaza de índole meteorológico en la región, el presente estudio permitirá conocer las particularidades de los procesos meteorológicos y sistemas atmosféricos de escala sinóptica que afectan al DMQ, utilizando diferentes métodos como el análisis de espectro wavelets, análisis de perfiles verticales, identificación de la circulación general de la atmósfera sobre Ecuador y los patrones regionales de la temperatura, humedad, viento, la precipitación y su estacionalidad.

## 2. Desarrollo

Se utilizaron datos de superficie de siete estaciones meteorológicas distribuidas en el DMQ (Ver figura 1), de las cuales la estación del antiguo Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito (AMSQ) era operada por la Dirección General de la Aviación Civil (DGAC) y las seis restantes por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) con las cuales se analizó las variables de temperatura, presión atmosférica, humedad relativa y precipitación. La serie de datos de la estación del AMSQ tiene registros para el período 1958-2011, las demás tienen registros para el período 2005-2011.



lluviosos y a los dos secos que existen sobre el DMQ [4].

Con estas series se calcularon los promedios multianuales para cada una de las temporadas (lluviosas y secas). Utilizando el programa Grid Analysis and Display System (GRADS) [3] y la aplicación multiplataforma PANOPLY [14] se obtuvieron las distribuciones espaciales de cada variable sobre los niveles isobáricos descritos para cada mes del año y se elaboraron los mapas correspondientes para la región de estudio, (Ver figura 3).

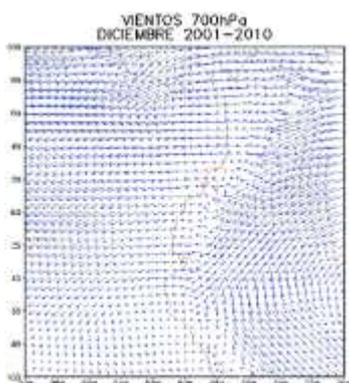


Figura 3. Mapa de Viento en 700hPa

Con la finalidad de obtener perfiles verticales para el DMQ, y analizar la información meteorológica sobre la tropósfera del DMQ, se realizó un script en NCL, con el que se extrajeron los datos de las variables citadas de los archivos CFSR, del punto más cercano a la ciudad y se elaboraron series mensuales, inicialmente se efectuó un control de calidad básico a las series diarias de los archivos CFSR en el período 2001 - 2010, luego fueron contrastadas con la serie mensual de precipitación de la estación AMSQ, con esta información se realizaron gráficas de perfiles verticales en los períodos secos y lluviosos (Ver figura 4).

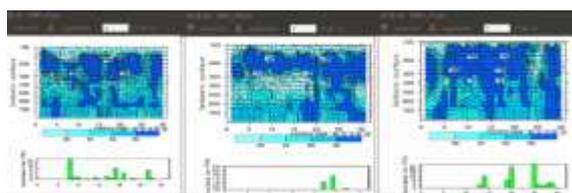


Figura 4. Perfiles verticales versus precipitación en el período septiembre, octubre y noviembre para el año 2001.

Para identificar configuraciones cíclicas que mantienen las variables meteorológicas con las que se representan situaciones secas o húmedas, a fin de analizar su comportamiento y relacionarla con sistemas de escala sinóptica que afectan al DMQ, se usó el análisis con espectro wavelets u onditas [15], para el efecto se utilizaron las series diarias de precipitación, viento zonal y viento meridional de las siete estaciones sobre el DMQ, y con ellas se obtuvieron los espectros wavelets (Ver figura 5), para el efecto se consideraron los períodos secos y lluviosos.

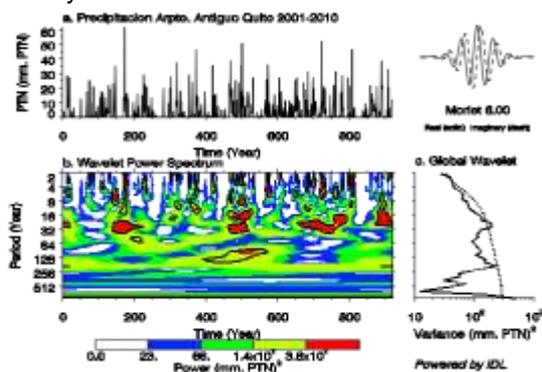


Figura 5. Análisis espectral de la precipitación diaria observada en el AMSQ para los meses de marzo, abril y mayo.

Para analizar el ciclo anual sobre la región de estudio, se utilizaron datos de las mediciones efectuadas en estaciones climatológicas y se calcularon los promedios mensuales multianuales para cada variable durante el período 2005 al 2011. Con base en estos promedios multianuales se elaboraron gráficos (Ver figura 6) para visibilizar la estacionalidad de las variables analizadas y establecer su patrón de comportamiento durante el año.

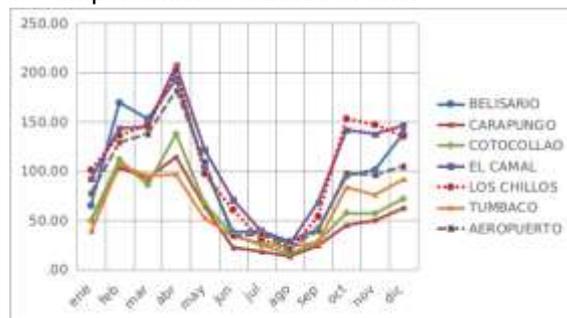


Figura 6. Promedios mensuales de precipitación

### 3. Resultados

Con las distribuciones espaciales se analizó la circulación general de la atmósfera sobre el Ecuador en los tres niveles isobáricos en base a las variables descritas inicialmente, obteniendo lo siguiente:

#### **En el nivel de 700 hPa se evidencia que:**

En el período diciembre, enero y febrero en la región oriental del país dominan vientos del Noreste (NE) y al llegar al piedemonte oriental de la cordillera de los Andes (6°S) cambian de dirección al Sureste (SE). En la región interandina fluyen del SE hacia el noroeste (NW), mientras que en la región costera fluyen del este (E) hacia el oeste (W). En lo referente a la temperatura se determinó que para el Ecuador los valores oscilan entre 8 y 9°C, existen núcleos con un valor de 7°C en el piedemonte oriental de la cordillera. La humedad en la región interandina oscila entre 72 a 86%, mientras que en la región costera y región oriental varía de 86 a 100%.

En el período marzo, abril y mayo se observa que en la región oriental durante los meses de abril y mayo los vientos que predominan son del E hacia el W, mientras que en marzo dominan los que fluyen del NE hacia el suroeste (SW), en el callejón interandino los vientos cambian de dirección y fluyen del SE hacia el NW hasta llegar al perfil costanero y luego son del E fluyendo hacia el W. En lo que respecta a la temperatura se detectó que para el Ecuador los valores oscilan entre 8 y 9°C. La humedad en la región interandina oscila entre 72 a 86%, mientras que en la región costera y región oriental varía de 86 a 100%.

En el período junio, julio y agosto para la región oriental y región costera los vientos predominantes fluyen del E hacia el W, mientras que en la región interandina los vientos fluyen del SE hacia el NW. Para la temperatura se identificó que desde el piedemonte derecho de la Cordillera de los Andes hacia el W la temperatura es de 9°C, y hacia el E oscila entre 6 y 7°C. La humedad en la región interandina y sur de la región costera oscila entre 58 a 72%, mientras que en el norte de la región costera y oriente ecuatorianos varía de 80 a 100%.

En el período septiembre, octubre y noviembre en la región oriental los vientos que dominan son los que fluyen del NE hacia el SW hasta el piedemonte oriental, luego sobre el norte del callejón interandino cambian de dirección y fluyen del SE hacia el NW, y sobre toda la región costera fluyen del E hacia el W. La temperatura para los meses de septiembre y octubre desde el piedemonte derecho de la Cordillera de los Andes hacia el W es de 9°C y hacia el E es de 8°C, mientras que para noviembre en todo el territorio es de 9°C. La humedad en el mes de septiembre en la región interandina y sur de la región costera varía de 50 a 72%; en el oriente y norte de la región costera oscila de 86 a 100%, mientras que en los meses de octubre y noviembre en la región interandina y sur de la región costera oscila entre 72 a 90%, y en el norte de la región costera y región oriental varía de 86 a 100%.

#### **En el nivel de 500 hPa se demuestra que:**

En el período diciembre, enero y febrero en el sector norte de la región oriental del país hasta el perfil costanero los vientos dominantes fluyen del E hacia el W, en el sector suroriental del país dominan vientos que fluyen del NE hacia el SE. Mientras que desde todo el perfil costanero hacia el Océano Pacífico los vientos que dominan fluyen del NE hacia el SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano varía de -5 a -6°C. La humedad relativa en el sector costero varía de 58 a 66%, en el norte de la región interandina oscila entre 45 a 55%, mientras que en el sur de la región interandina y en la región oriental varía de 74 a 90%.

En el período marzo, abril y mayo sobre el sector norte del Ecuador hasta el perfil costanero los vientos dominantes fluyen del E hacia el W, en el Océano fluyen del NE hacia el SW, mientras que en el sector sur del Ecuador y sobre el Océano fluyen del NE hacia el SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano varía de -4°C a -6°C. La humedad relativa en los meses de marzo y abril en la región costera y norte de la región interandina oscila entre 66 a 74%, en la región oriental y sur de la región interandina varía 70 a 90%, en el mes de mayo en la región costera y región interandina oscila entre 55 y 70%, y en la región oriental oscila entre 70 a 90%.

En el período junio, julio y agosto sobre el sector norte del Ecuador y Océano, los vientos que dominan fluyen del E hacia el W, sobre la región sur del Ecuador y Océano los vientos dominantes fluyen del NE hacia el SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano varía de  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $-6^{\circ}\text{C}$ . Durante el mes de junio en la región costera y región interandina la humedad varía entre 58 y 74%, mientras que en julio y agosto en la región costera, interandina y sur de la región oriental varía de 42 a 55%, y en el norte de la región oriental varía de 58 a 74%.

En el período septiembre, octubre y noviembre sobre el Ecuador, desde el paralelo cero hacia el norte, los vientos que dominan fluyen del E hacia el W, mientras que desde el paralelo cero hacia el sur los vientos dominantes fluyen del NE hacia el SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano varía de  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $-6^{\circ}\text{C}$ . La humedad en el mes de septiembre y octubre en la región interandina y en el sur de la región costera oscila entre 42 y 50%, en el norte de la región costera y región oriental varía de 58 a 77%, mientras que en noviembre en la región costera e interandina varía de 58 a 66%, y en la región oriental y centro de la región anterandina oscila entre 74 a 90%.

**En el nivel de 200 hPa se define que:**

En el período diciembre, enero y febrero en la región sur del oriente ecuatoriano los vientos dominantes fluyen del E hacia el W, mientras que en el resto del Ecuador los vientos que dominan fluyen del SE hacia el N y NE, sobre el Océano los vientos que dominan fluyen del SW hacia el NE. La temperatura en el territorio ecuatoriano varía de  $-52^{\circ}\text{C}$  a  $-54^{\circ}\text{C}$ . La humedad en la región costera oscila entre 54 a 60%, en la región interandina y región oriental varía entre 60 y 69%.

Durante los meses de marzo y abril los vientos dominantes en la región central del Ecuador fluyen del E hacia el W, en el norte del Ecuador fluyen del E hacia el NW, en el sur de Ecuador fluyen del E hacia el SW, mientras que en el mes de mayo en todo el Ecuador los vientos fluyen del NE hacia el SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano varía de  $-53^{\circ}\text{C}$  a  $-54^{\circ}\text{C}$ . La humedad durante el mes de marzo en la región costera y norte de la región interandina oscila entre 75 y 82%, en la región oriental y sur de la

región interandina varía de 82 a 95%, mientras que en abril y mayo en todo el territorio ecuatoriano varía de 73 a 82%, con humedades bajas en el sur del país.

En el período junio, julio y agosto los vientos que dominan en todo el Ecuador fluyen del NE hacia el SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano es de  $-54^{\circ}\text{C}$ . La humedad desde el paralelo  $2^{\circ}\text{S}$ , hacia el sur del país varía de 56 a 73%, y hacia el norte oscila entre 69 y 82%.

Durante los meses de septiembre y octubre los vientos que dominan para todo Ecuador fluyen del NE hacia el SW, mientras que en el mes de noviembre los vientos dominantes en el sector norte del Ecuador fluyen del E hacia el W, y en el sector centro y sur del país los vientos que dominan fluyen del E hacia el N y SW. La temperatura en el territorio ecuatoriano es de  $-53^{\circ}\text{C}$  a  $-54^{\circ}\text{C}$ . La humedad en los meses de septiembre y octubre desde el paralelo  $4^{\circ}\text{S}$  hacia el sur varía entre 69 y 75%, hacia el norte oscila entre 75 y 85%, mientras que en el mes de noviembre en la región costera e interandina varía entre 65 y 70%, y en la región oriental varía de 75 a 82%.

#### **4. Discusión**

El análisis de circulación general de la atmósfera sobre el Ecuador estableció que las variables estudiadas influyen sobre el DMQ de la siguiente forma: en 700hPa el viento es predominante del NE y del E, la temperatura del aire oscila entre 8 y  $9^{\circ}\text{C}$ , la humedad relativa en el período sep-oct-nov inicia en el primer mes con valores de 30% y aumenta hasta alcanzar valores entre 70 a 80% para el resto del año oscila entre 60 a 72%. Para el nivel de 500hPa el viento es totalmente predominante del NE y E, la temperatura del aire oscila entre  $-4$  y  $-5^{\circ}\text{C}$ , la humedad varía entre 58 a 62% con excepción del período jun-jul-ago durante el cual la humedad varía entre 10 a 42%. Mientras que en 200hPa el viento dominante es del NE y E, con excepción del período dic-ene-feb en el cual predomina la dirección del SE y S, la temperatura del aire oscila entre  $-53$  y  $-55^{\circ}\text{C}$ , la humedad varía entre 65 a 72% con excepción del período sep-oct-nov en el cual varía entre 70 a 85%. Finalmente se evidenció que la precipitación sobre el Ecuador y especialmente sobre el DMQ está estrechamente relacionada

con la migración de la ZCIT, es decir existe una mayor cantidad de lluvias en el período feb-mar-abr y en oct-nov cuando la ZCIT se ubica sobre el DMQ, siendo más lluvioso abril seguido por octubre, mientras que en el período jun-jul-ago la precipitación disminuye pues la ZCIT se desplaza hacia el norte (hasta la latitud 9°N) y en el período dic-ene-feb las lluvias disminuyen nuevamente debido a que la ZCIT tiende a desplazarse hacia el hemisferio sur.

El análisis de los perfiles verticales de datos diarios de viento, temperatura del aire, humedad del aire y la secuencia de datos diarios de precipitación en el DMQ, organizadas en cuatro períodos trimestrales: 2 secos y 2 lluviosos, evidencian el paso de ondulaciones en el viento que regulan las fluctuaciones de las demás variables ya que el cambio en el componente meridional del viento marca el paso de estos sistemas y el comportamiento en variables como la humedad y la precipitación, definiendo que los vientos en la troposfera superior (200 y 250 hPa) son los que regulan las condiciones de precipitación en el DMQ, es decir, se determinó que cuando en la tropósfera media y baja el viento fluctúa del ENE-SE-S-ESE, en la troposfera superior el viento del NE-ENE-E-ESE, normalmente se registra ingreso de humedad al DMQ ocasionando lluvia, mientras que condiciones secas se dan cuando el viento en la troposfera inferior y media fluctúa del NE-ENE-E-ESE-SE y en la troposfera superior del SE-S-SW-W-WNW-NW.

El análisis de los espectros wavelets u onditas, evidenciaron que existen señales de sistemas en escala sinóptica de 3 a 5 días sobre el DMQ, los cuales son más marcados en la precipitación (especialmente en los períodos mar-abr-may, además de sep-oct-nov) y en el componente meridional del viento (en los períodos secos y lluviosos), lo cual confirma la existencia de sistemas de escala sinóptica.

En el Ecuador, la investigación sobre los temas tratados en este documento son muy escasos, por lo que los resultados mostrados servirán de base para generar conocimiento sobre la génesis de eventos atmosféricos extremos que afectan al país así como al DMQ, ya que los mismos ocasionan pérdidas humanas y materiales de gran magnitud y escala.

Para que los resultados mostrados abarquen más información específica, la cual es generada diariamente por la ciudad, especialmente durante la mañana y tarde, tales como: calentamiento diurno, radiación solar sobre el DMQ, ondas de calor sobre la ciudad, diferentes elevaciones existentes, entre otras, se debe analizar la información del reanálisis en las horas 18:00z, 00:00z y 06:00z.

## 5. Referencias

- [1] Caporello G., Maravall A., 2004: PROGRAM TSW. Banco de España, Servicio de Estudio. Disponible en: <http://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSerias/DocumentosTrabajo/01/Fic/dt0112e.pdf>
- [2] Garreaud R., Aceituno P., 2007: Atmospheric Circulation Over South America: Mean Features and Variability. Chapter 3 The Physical Geography of South America. T. Veblen, K. Young and A. Orme, Eds. Oxford University Press (2007).
- [3] GRADS. Grid Analysis and Display System. Disponible en: <http://cola.gmu.edu/grads/grads.php>
- [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] INEC (2013). Proyección de la población ecuatoriana, por años calendario, según cantones 2010-2020. Disponible en: <http://www.ecuadorenclifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- [6] Jáuregui E., (2003). Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. versión On-line ISSN 2448-7279 versión impresa ISSN 0188-4611. Investigaciones geográficas del Instituto de Geografía UNAM, México. (abril del 2003).
- [7] Kistler R., Kalnay E., Collins W., (2001). The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation. Volume 82, No.2. Bulletin of the American Meteorological Society (Febrero 2001). Disponible WEB en: <http://www.atmos.umd.edu/~ekalnay/Kistleretal.pdf>
- [8] León G., Zea J., Eslava J., (2000). Sistemas sinópticos de la amazonia y del Pacífico. *Meteorol. Colomb.* 2:39-42. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia. Disponible en: [http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista\\_meteorologia\\_colombiana/numero02/02\\_05.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero02/02_05.pdf)
- [9] Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, (2010). Situación económica y productiva del DMQ. Disponible en: <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticoeconomico.pdf>
- [10] Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, (2017). Resolución de declaratoria de emergencia N° 001. Disponible en:

[http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Resoluciones de declaratoria de emergencia/2017/Resolución de declaratoria de emergencia 001 Declaratoria de emergencia eventos en torno al período invernal.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Resoluciones de declaratoria de emergencia/2017/Resolución de declaratoria de emergencia 001 Declaratoria de emergencia eventos en torno al período invernal.pdf)

- [11] NASA. Tropical Rainfall Measuring Mission. Disponible en:  
[https://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm\\_rain/Events/trmm\\_climatology\\_3B43.html](https://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/trmm_climatology_3B43.html)
- [12] NCL. NCAR Command Language. Disponible en:  
<https://www.ncl.ucar.edu/>
- [13] Pabón J., Correa R., (2005). Los sistemas meteorológicos de escala sinóptica de la Amazonía, sus efectos e impacto socioeconómico en el sur del territorio colombiano. // Cuadrenos de Geografía, número 14, 2005, pp 65 – 81. Bogotá D.C. Colombia.
- [14] PANOPLY. Panoply netCDF, HDF and GRIB Data Viewer. Disponible en:  
<https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>
- [15] Torrence C., Compo G., (1998). A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **79**, 61-78.
- [16] Zhang X., Yang, F. (2004). RClimDex (1.0) User Manual. // Climate Research Branch Environment Canada. Downview, Ontario Canada. (10 septiembre 200

Autor



Marcelo Hidalgo Proaño

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.