



Revista EIA, ISSN 1794-1246 /
e-ISSN 2463-0950
Año XVII/ Volumen 17/ Edición N.34
Julio-Diciembre de 2020
Reia34004 pág 1-9

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Riveros Zarate, Z.C.; Yustres Quintero, L.F.; Ivanova, Y. (2020). Efecto del fenómeno de la Oscilación Cuasi-Bienal en los afluentes del embalse de Betania. Revista EIA, 17(34), Julio-Diciembre, Reia34004. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1246>

✉ *Autor de correspondencia:*

Yustres Quintero, L.F. (Luisa Fernanda): Calle 60 sur # 22 a 13 Unidad 4, interior 20, apartamento 401, Bogotá-Colombia. Teléfono: 3156714352. Correo electrónico: u1102051@unimilitar.edu.co

Recibido: 24-05-2018
Aceptado: 18-06-2020
Disponible online: 08-08-2020

Efecto del fenómeno de la Oscilación Cuasi-Bienal en los afluentes del embalse de Betania

ZAIDA CAROLINA RIVEROS ZARATE¹

✉ LUISA FERNANDA YUSTRES QUINTERO¹

YULIA IVANOVA¹

¹ Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

Resumen

Colombia es uno de los países que se caracteriza por una alta variabilidad espacio – temporal de los parámetros hidroclimatológicos definida por un abanico de diferentes fenómenos macro climáticos. Uno de estos es el fenómeno de la Oscilación Cuasi-Bienal que ha sido poco estudiado en el contexto nacional. En el estudio se llegó a obtener la incidencia de este fenómeno sobre el régimen hídrico de los afluentes del embalse Betania los cuales son importante desde el punto de vista de la producción de hidroenergía y las actividades agropecuarias de la zona. Durante la investigación se encontró que el evento macro climático logra manifestarse en un periodo de 4 a 7 meses y su aporte a la variabilidad interanual de caudales es hasta el 13.7 %, teniendo en cuenta que las intervenciones antrópicas en la zona afectan los niveles de los caudales donde se ven reflejados los resultados al obtener las correlaciones.

Palabras clave: Oscilación cuasi-bienal; variabilidad hidroclimatológica; embalse de Betania; régimen hídrico, efecto climático, incidencia.

Effect of Quasi-Biennial Oscillation phenomom to the tributaries of Betania’s reservoir

Abstract

Colombia is one of the countries characterized for a high spatial-temporal variability of hydroclimatological variables defined by a wide range of macro climatic phenomena. One of this is the Quasi-Biennial oscillation phenomom, which hasn't been too much studied in the national context. In the survey was evaluated the phenomom's incidence over the water regime of the tributaries of Betania's reservoir, who is important from the point of view of hydropower production and agricultural activity. It was encountered that the macro climatic event could show itself in a term from 4 to 7 months and its contribution

to the year-on-year variability of flows is even of the 13.7%. taking into account that the anthropic interventions in the area affect the levels of the flows where the results are reflected when obtaining the correlations.

Keywords: Quasi-Biennial oscillation; hydroclimatological variability; Betania's reservoir; water regime, climatic effect, incidence.

1. Introducción

En la zona tropical la hidroclimatología es definida por diferentes fenómenos macroclimáticos, entre los cuales se encuentran el fenómeno de la Oscilación del Sur (ENSO), Madden Julian (OMJ), temperatura superficial del océano (SST) y el evento de la Oscilación Cuasi-bienal (QBO sus siglas en ingles), entre otros. El último fenómeno es una alteración climática que se localiza en el océano Pacífico y que se trata de una oscilación de los vientos zonales que presentan un cambio de dirección oeste y este, con una periodicidad alrededor de 24 a 30 meses el cual se manifiesta a través de variables hidroclimatológicas como los vientos, temperatura, entre otras. Dicho comportamiento se ubica en un régimen de presiones de la estratosfera que puede variar de 30 a 100 hPa, según donde se encuentre el punto de estudio (Poveda, 2004).

Se ha demostrado que la QBO incide sobre la variabilidad de los parámetros hidroclimatológicos en América Latina, afectando los sectores socio – económicos que son dependientes del régimen hídrico (Gabis, (2014) & Peña, (2006)). Algunos estudios Poveda, (2011) & Enciso (2016) confirman que el régimen de escorrentía y la producción hidroenergética dependen del grado en que se presente el fenómeno ENSO (Edsand, H (2017)), mientras que no se han realizado estudios contundentes que confirmen la incidencia del fenómeno QBO sobre las afluencias a los embalses productores de energía.

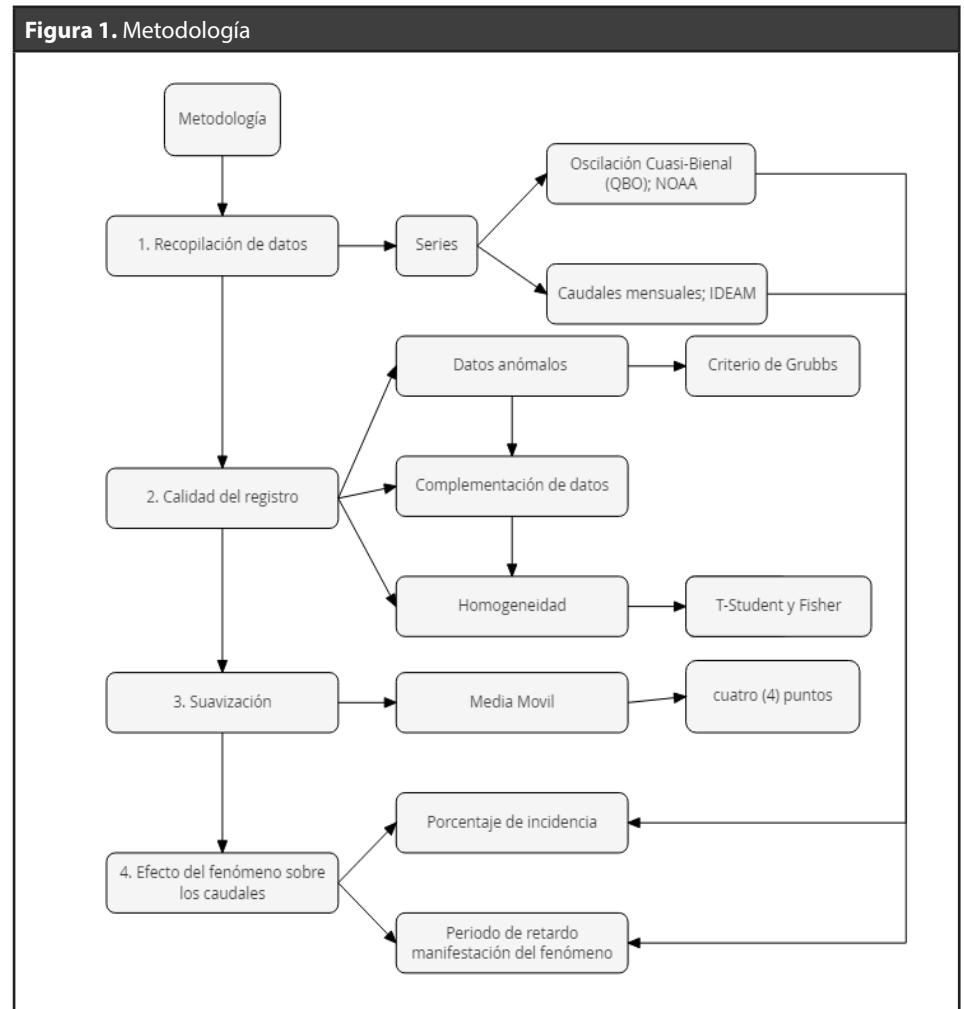
Teniendo en cuenta mencionado lo anteriormente, en la investigación se analiza si este evento climático tiene afectación en los afluentes del embalse Betania, debido a su importancia desde el punto de vista de la producción regional de energía y suministro del recurso hídrico a la región.

La represa se encuentra en la cota 561,38 metros sobre el nivel del mar (msnm), registrando un ingreso de caudales alrededor de 1450 m³/s y una descarga cercana a 1300 m³/s (EMGESA, 2017) & (EMGESA,2016). El embalse de Betania se encuentra ubicado en el departamento del Huila, entre los municipios de Campoalegre, Hobo y Yaguará, ubicado geográficamente en las coordenadas 2°42'19"N 75°25'54"W, con una capacidad efectiva de generación de 500 MW y un volumen de 1971x106 m³ (Palacio, 2013). La producción energética del embalse de Betania corresponde a 6.3GWh/día para una producción anual de 2.304 GWh (Palacio, 2013) antes de la intervención del embalse del Quimbo y posterior a este corresponde a 4 GWh/día para una producción anual de 1460 GWh lo que la hace una de las más importante del país por su capacidad de almacenamiento y por su aprovechamiento en su abastecimiento de la cuenca.

Según los estudios de (EMGESA, 2016) se ha demostrado que los diferentes fenómenos macroclimáticas afectan los niveles del embalse. El ejemplo de esta puede ser una disminución notable de su nivel que se presentó entre julio de 2015 y febrero de 2016 evidenciando una caída del nivel del 78% y para principios de marzo de 2016 presentó una caída del 51% asociado al fenómeno ENSO. Al demostrar esta sensibilidad frente a este fenómeno macro climático, se propone la hipótesis que el fenómeno de la Oscilación cuasi bienal puede ser parte de la variabilidad interanual del recurso hídrico.

2. Materiales y métodos

La evaluación de la incidencia de la Oscilación Cuasi-Bienal (QBO) sobre las afluencias al embalse Betania se llevó a cabo a través de la metodología descrita a continuación y representada en la **Figura 1**.



Una vez identificados los afluentes se procede a recopilar la información hidrológica de la zona, para lo cual se obtuvieron dos tipos de datos los cuales son:

- Series mensuales de caudales suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Las estaciones seleccionadas se encuentran sobre los ríos Yaguará, Iqira y Tesalia.
- Series macroclimáticas de la QBO correspondientes a presiones promedio de los vientos zonales de 50 hPa obtenidos de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Seguido a la recopilación de la información se efectúa la identificación de los datos anómalos según el test de Grubbs (Fonseca, 2014). Estos pueden manifestarse en las series temporales a razón de toma inadecuada de los datos o errores de digitación. Los datos anómalos se eliminaron de los registros históricos.

Una vez referenciados los datos anómalos se procede a complementar los datos ausentes a través del análisis de correlación con los registros completos de las estaciones hidrológicas cercanas (Montealegre, 2009).

Posteriormente se realiza el análisis de datos a homogeneidad por medio de los criterios de Fisher y T-Student para demostrar que estos pertenecen al mismo conjunto estadístico y no presentan tendencias significativas y/o cambio en el patrón de la variabilidad (Bernard, 2014).

Al haber realizado el análisis de la calidad de los registros, se procede a realizar la suavización de los datos por medio de la media móvil. Este procedimiento consiste en sustituir la serie temporal observada por otra amortiguada obtenida por el cálculo reiterado de valores medios. Este proceso elimina las fluctuaciones aleatorias de los datos como son las desviaciones ascendentes y descendentes que pueda haber en los datos respecto de su tendencia natural (Franquet, 2003). Para la investigación se utilizaron las medias móviles de órdenes de cuatro (4) con el fin de suavizar y reducir los datos con los movimientos estacionales, cíclicas e irregularidades.

Finalmente se evaluó la incidencia del fenómeno QBO sobre las afluencias al embalse, para lo cual se contrastaron las series de la QBO y los registros suavizados de caudales con un desfase temporal de hasta 12 meses y se realizó un análisis de correlación lineal. Permitiendo la identificación del periodo con el cual el fenómeno climático logra manifestarse sobre el régimen hídrico y el aporte de este a la variabilidad hidrológica interanual.

3. Resultados

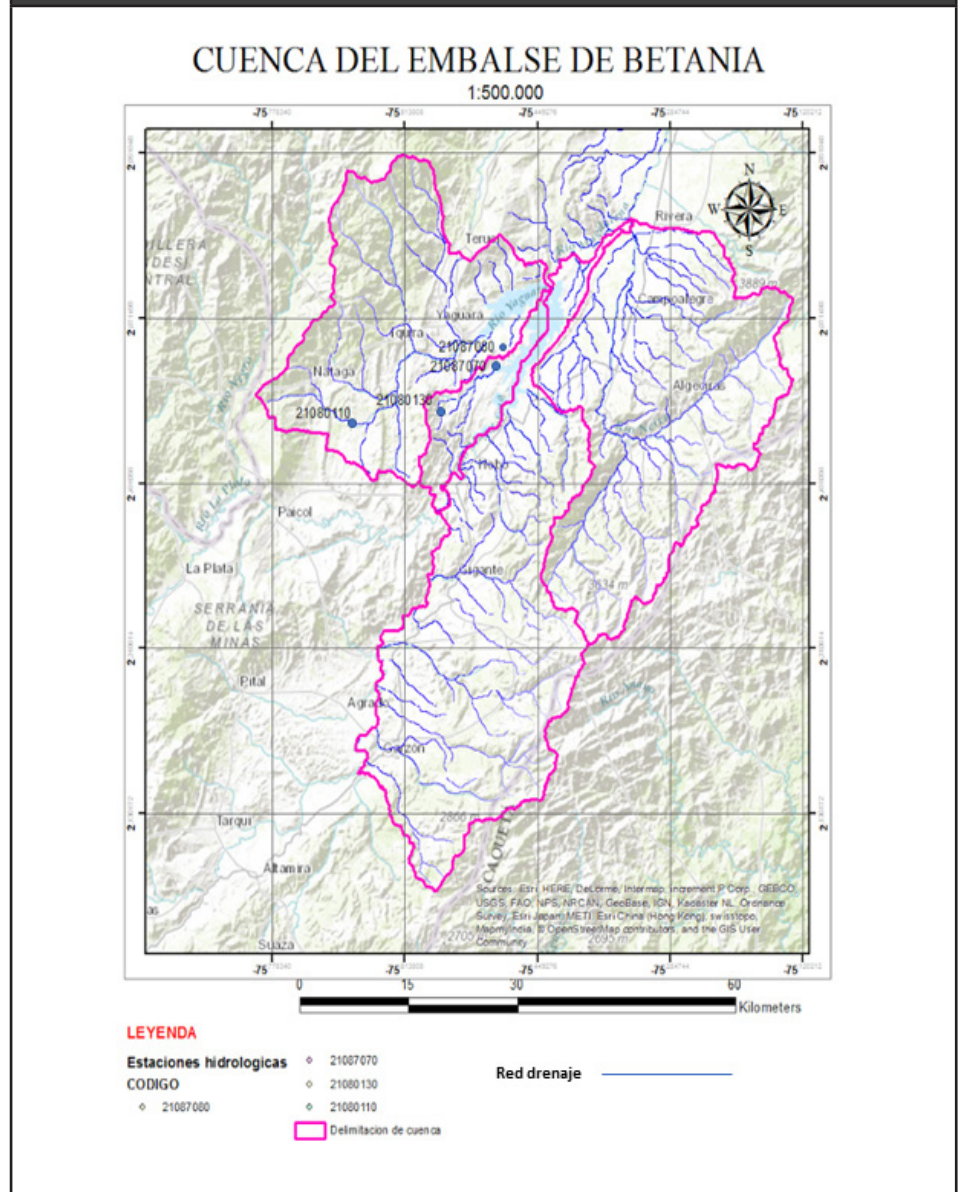
El embalse Betania cuenta con tres ríos afluentes sobre los cuales se localizan cuatro estaciones hidrológicas que cuentan con las mediciones de los caudales. La ubicación de las estaciones se presenta en la Ilustración 2 y la información general se relaciona en la **Tabla 1**.

Las estaciones hidrológicas se localizan sobre los ríos Yaguará, Callejón e Iquira. Como se puede ver en la **Tabla 1**, los registros de las estaciones hidrológicas tienen un período mayor de 30 años que es una longitud adecuada para los análisis estadísticos. Según el criterio de Grubbs se encontraron 22 datos anómalos que se eliminaron de los registros históricos.

TABLA 1. DATOS BÁSICOS Y DE CALIDAD DE LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Código	Nombre	Tipo	Periodo de registro (años)	# datos anómalos	Homogeneidad	
					Prueba T	Prueba F
21080130	Totumo el hda	Limnimétrica	1976-2012	3	Homogénea	Heterogénea
21087070	Jardín el hda	Limnimétrica	1976-2012	6	Homogénea	Heterogénea
21087080	Hda Venecia automática	Limnimétrica	1983-2012	8	Homogénea	Heterogénea
21080110	San José hda	Limnimétrica	1983-2012	5	Homogénea	Heterogénea

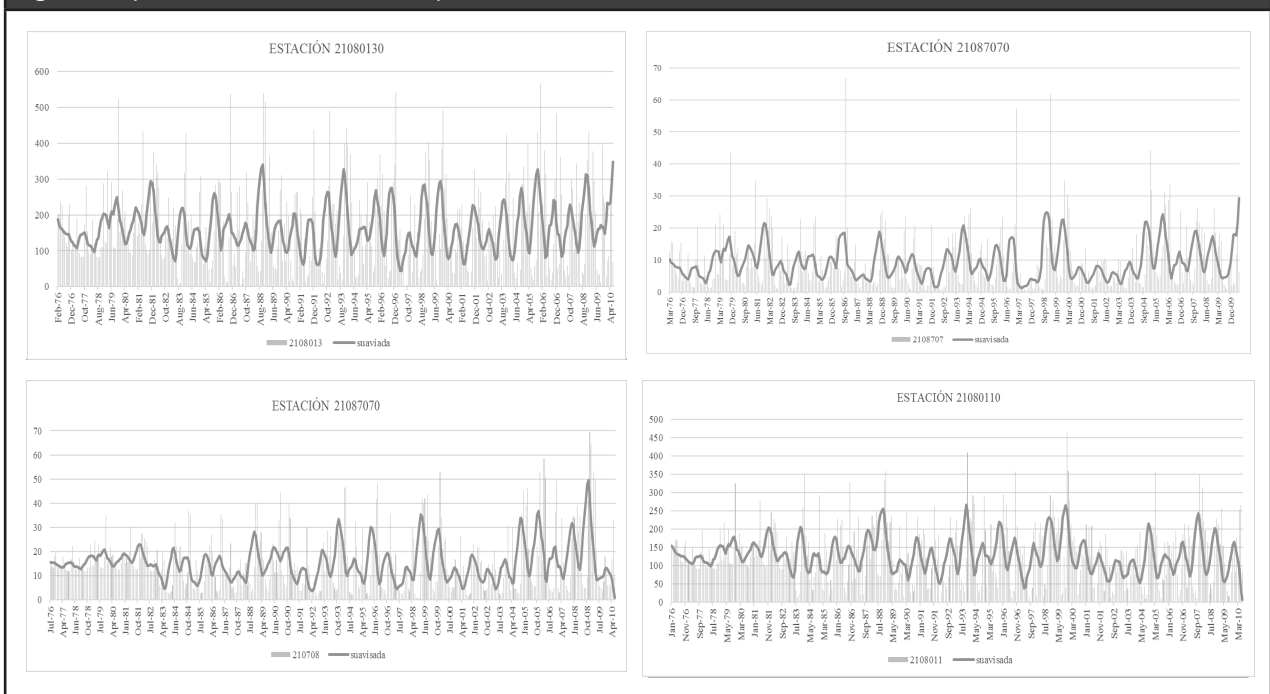
Figura 2. Localización de afluentes y estaciones hidrológicas.



Posteriormente las series de datos fueron completadas con las estaciones hidrológicas más cercanas y se procedió a realizar el análisis de homogeneidad donde se identificó que todas. Las series por medio del criterio de T-Student son homogéneas lo que significa que no hay tendencia en las series de los caudales, mientras que en la prueba de Fisher arrojó que todas las estaciones son heterogéneas. Las series son estacionarias por el valor promedio y no estacionarias por la varianza. Lo último indica que los registros de los caudales presentan cambios en el patrón de la variabilidad que puede estar ocasionado o por los factores climáticos como por los del origen antrópico en el caso específico del río Iquirá en el cual se realiza un vertimiento de agua indiscriminado respondiendo a la falta de una planta de tratamiento de aguas.

A las series complementadas de los caudales medios mensuales se les realizó el ajuste por media móvil de 4 puntos lo que permitió suavizar la variabilidad de estas con el fin de lograr mejores correlaciones con el índice QBO como se muestra en la **Figura 3**.

Figura 3. Aplicación de media móvil de 4 punto en las estaciones



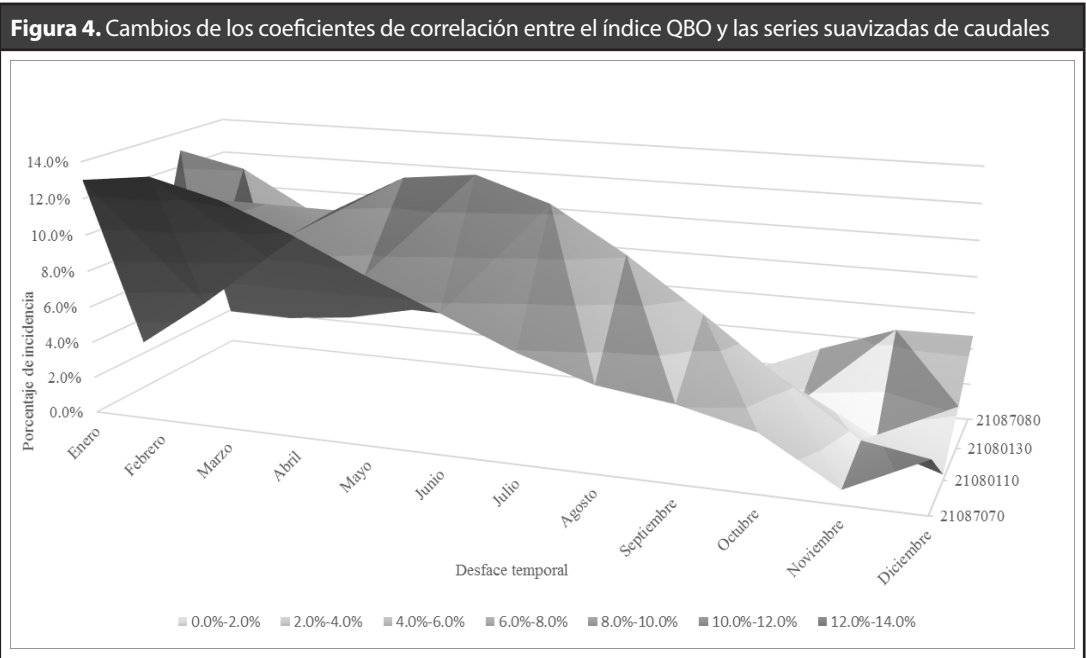
Teniendo en cuenta los registros suavizados y el del índice QBO se procedió a construir las correlaciones lineales con el desfase temporal hasta de 12 meses para identificar el porcentaje de la incidencia de la Oscilación Cuasi Bienal sobre la escorrentía interanual de los caudales medios y el tiempo de retardo en que logra manifestarse el evento macro climático sobre la zona del estudio. En la **Tabla 2** se presenta el resultado de este análisis.

Tabla 2. Porcentaje de incidencia y periodo de retardo del fenómeno de la Oscilación Cuasi Bienal sobre la escorrentía superficial

Estación	Mejor mes de retardo de manifestación del fenómeno	Porcentaje de incidencia
21080130	Enero	12,9%
21087070	Febrero	13,5%
21087080	Diciembre	4,7%
21080110	Junio	13,7%

En la **Tabla 2** se puede observar que el porcentaje de incidencia del fenómeno de Oscilación Cuasi Bienal sobre las afluencias al embalse de Betania varía del 4% y el 13,7% y las mejores correlaciones se presentan con diferentes tiempos de retardo. El último resultado aparentemente indica que no existe un periodo definido con el que el evento macro climático incide sobre la variabilidad interanual de los caudales promedios.

Con el fin de descubrir este periodo de influencia, se construyó la gráfica presentada en la **Figura 4** que representa la sumatoria de los coeficientes de correlación para cada una de las estaciones analizadas considerando el desfase temporal de hasta doce (12) meses entre las series de QBO y las series suavizadas de caudales.



Como se puede ver de la gráfica, las afluencias a los embalses de manera conjunta confirman mejores correlaciones con el fenómeno de la Oscilación Cuasi Bienal en los meses de marzo hasta julio. Esto indica que el evento macro climático tiene periodo de retardo sobre la hidrología en la zona del estudio entre marzo a julio y su efecto dura en promedio 4 meses calendarios.

4. Discusión

Los resultados del estudio confirman que hidrología colombiana se encuentra influenciada por un conjunto de los eventos macro climáticos cuya señal se modifica por los factores endógenos y cuyas interrelaciones a menudo son desconocidas, pero confluyen para generar una alta variabilidad espacio – temporal del recurso hídrico.

Es conocida ampliamente la incidencia del fenómeno ENSO sobre el régimen de la escorrentía superficial, pero hay otros eventos macro climáticos cuya influencia es desconocida. A través del estudio se logró demostrar que la Oscilación Cuasi Bienal hace parte de la variabilidad interanual del recurso hídrico y su incidencia es hasta el 13.7 %.

Los estudios de variabilidad hidroclimatológica para el embalse Betania son importantes, ya que la producción de hidroenergía y el desarrollo de las actividades agropecuarias dependen directamente de la disponibilidad y la variabilidad del recurso hídrico.

En el contexto nacional este tipo de estudio se justifica porque Colombia es el segundo país en la América Latina después de Brasil por la disponibilidad de la oferta hídrica y conocimiento de la variabilidad de este permitirá una planeación y uso óptimo del recurso hídrico.

Como una de las perspectivas del trabajo puede ser su ampliación a otras zonas del país para tener un panorama completo frente a la afectación del régimen hídrico por la Oscilación Cuasi Bienal. La parte metodológica puede ser refinada con otros métodos estadísticos que posibiliten una mejor comprensión del efecto conjunto de varios fenómenos de origen climático sobre la escorrentía superficial del país.

5. Conclusiones

En el estudio se encontró que las afluencias al embalse Betania dependen de la manifestación del fenómeno de la Oscilación Cuasi Bienal y por ende hace parte de la variabilidad hidrológica interanual de la zona. El fenómeno QBO se manifiesta en el periodo de retardo de 4 a 7 meses y define el régimen hídrico hasta en un 13.7%.

Estos resultados hacen entender que la escorrentía superficial en la zona del estudio es producto de varios eventos de carácter macroclimático, donde el peso del evento de Oscilación Cuasi-Bienal es significativo y, por consiguiente, debe ser tenido en cuenta en los modelos predictivos del régimen hídrico para su planeación y su uso óptimo en las actividades agropecuarias y producción de hidroenergía del embalse Betania.

En la estación donde se encuentran las menores correlaciones se evidencio que la intervención antrópica hace que los caudales bajen considerablemente haciendo que este valor para el estudio no sea significativo.

Agradecimientos

Estos agradecimientos van dirigidos a todas las personas involucradas en la realización de este proyecto especialmente a nuestra tutora Julia Ivanova por su aporte de sabiduría y tiempo en las diferentes etapas en las cuales se compartieron experiencias y conocimiento sobre el tema.

Es importante resaltar el apoyo incondicional de nosotros padres por el apoyo durante a través de la carrera académica.

Referencias

- Bernard, Y. (24 de octubre de 2014). Obtenido de Test sobre muestras gaussianas: <http://ljk.imag.fr/membres/Bernard.Ycart/emel/cours/ts/node14.html>
- Carmona, A., & Poveda, G. (2012). Application of hilberthuang transform to detect hydroclimatic variability modes in Colombia. *DYNA*, 72-80.
- Edsand, H. (2017). Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context. *Technology in Society*, 49, 1-15.
- EMGESA. (08 de Marzo de 2016). Niveles de embalse de Betania con tendencia a la baja . Comunicado de prensa EMGESA.
- EMGESA. (14 de Mayo de 2017). Emgesa abre compuertas del embalse de Betania con el fin de amortiguar crecientes del río Paez y Yaguará. Comunicados de prensa EMGESA.
- Enciso, A., Carbajal, Y., & Sandoval, M. (2016). Hydrological analysis of historical floods in the upper valley of Cauca river. *Ingeniería y Competitividad*, 18, 46-57.
- Fonseca, E. (2014). INFLUENCIA DE LOS FENÓMENOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTRAESTACIONAL E INTERANUAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPORADA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. Bogotá: Universidad Central.
- Franquet, J. (2003). Cinco Temas de Hidrología e Hidráulica (1 Ed ed., Vol. 1). Tarragona, España: Tortosa (Tarragona) Bibliográfica Internacional. Recuperado el 25 de 10 de 2017, de https://books.google.com.co/books?id=C8y8-iPf1oYC&pg=PA360&lpg=PA360&dq=medias+moviles+en+hidrologia&source=bl&ots=2Qj7eDAoQR&sig=mufpbjQFniEN6I969LUNPIW_P4g&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewj5w4npzozXAhUJRCYKHQbsAOAQ6AEIJDA#v=onepage&q=medias%20moviles%20en%20hidr
- Gabis, I. (2014). Quasi-biennial oscillation (QBO) of tropical total ozone under alternative QBO scenarios of equatorial stratospheric wind. *Advances in Space* 54, 2499-2510.
- Manuel David Zuluaga Arias, J. E. (s.f.). RELACION ENTRE LAS FASES DE LA OSCILACION CUASIBIENAL (QBO), LA PRECIPITACION MENSUAL Y LA RADIACION DE ONDA LARGA

EMERGENTE EN COLOMBIA. Bogotá: Universidad Nacional.

Montealegre, J. (2009). ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA PRECIPITACIÓN EN COLOMBIA ASOCIADA A PROCESOS OCEANICOS Y ATMOSFÉRICOS DE MESO Y GRAN ESCALA. Bogotá: INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM.

Palacio, A. (2013). INVENTARIO DOCUMENTADO DE REPRESAS EN COLOMBIA. Bogotá: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

Peña, C. (2006). Variabilidad climática estratosférica asociada a la QBO. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Poveda, G. (2004). LA HIDROCLIMATOLOGÍA DE COLOMBIA: UNA SÍNTESIS DESDE LA ESCALA INTER-DECADAL HASTA LA ESCALA DIURNA. Revista Academica Colombiana Ciencia, 2001-222.

Poveda, G., Álvarez, D., & Rueda, O. (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. Clim Dyn, 2233-2249.