

**INFLUENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR (ENSO)
SOBRE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO CARONÍ, ESTADO
BOLÍVAR, VENEZUELA**

**INFLUENCE OF THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) ON THE
PRECIPITATION IN THE CARONI RIVER BASIN, BOLIVAR STATE,
VENEZUELA**

Jorge Luis MillanoTudare⁽¹⁾ y Franklin Javier Paredes Trejo⁽²⁾

- MSc. Ingeniería Ambiental. Coordinador de los Programas de Postgrado de Maestría en Desarrollo Rural y Especialización en Derecho Agrario y Ambiental (UNELLEZ-San Carlos). San Carlos. Cojedes. Venezuela. Email: jmillanopostgrado@gmail.com
- Doctor en Ingeniería; MSc. Ingeniería Ambiental; Director del Grupo para Investigaciones sobre Cuencas Hidrográficas y Recursos Hidráulicos del Programa Ingeniería (GICHRI) de la UNELLEZ. San Carlos. Cojedes. Venezuela. Email: franklinparedes75@gmail.com

Recibido: 17-02-2012 Aceptado: 16-04-2012

RESUMEN

El año 2010 fue crucial en Venezuela: el nivel de la represa El Gurí, ubicada en el estado Bolívar, de la que dependen tres hidroeléctricas que producen el 73% de la energía del país, alcanzó la cota más crítica en toda su historia, lo que obligó al Gobierno Nacional, implementar un severo plan de reducción del consumo de electricidad. Todo ello por la fuerte sequía que experimentó el territorio venezolano, a partir del agosto de 2009 y que en varias ocasiones fue atribuida al fenómeno de El Niño hasta llegarse el momento de señalarlo “como el responsable de la sequía y los bajos niveles de agua en el sistema de presas del río Caroní”. Esta investigación tuvo por objeto evaluar la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur sobre la precipitación en la cuenca del río Caroní, estado Bolívar, Venezuela. Se ejecutaron las siguientes tareas: 1) caracterización de la fisiografía y climatología de la cuenca del río Caroní; 2) descripción del comportamiento histórico de la precipitación en la cuenca del río Caroní; 3) análisis de la correlación lineal entre la precipitación mensual sobre la cuenca del río Caroní, Índice de Oscilación Meridional y las anomalías térmicas superficiales en las regiones Niño del Océano Pacífico. Los resultados de esta investigación sugieren que el fenómeno El Niño – Oscilación del Sur se asocia a algunas de las variaciones extremas en la pluviometría de la cuenca del río Caroní. En general, las anomalías oceánicas o atmosféricas extremas (en magnitud) en el Océano Pacífico y persistentes en el tiempo, suelen ir acompañadas de una disminución o un aumento en los montos pluviométricos de la cuenca; cabe destacar que ocurre un desfase temporal entre el máximo de la anomalía en el océano Pacífico y el máximo de la anomalía pluviométrica sobre la cuenca. Sin embargo, se advierte que las anomalías oceánicas o atmosféricas extremas (en magnitud) en el Océano Pacífico que no son persistentes en el tiempo no afectan la dinámica pluviométrica de la cuenca. Se recomienda reevaluar y ampliar este estudio a medida que se disponga de mayor información pluviométrica sobre la región estudiada.

Palabras clave: Anomalías térmicas, cambio climático, cuenca del río Caroní.

SUMMARY

The year 2010 was crucial in Venezuela: the level of the dam The Guri, located in Bolivar State, which depend on three hydroelectric plants that produce 73% of the country's power reached the most critical dimension in all its history, forcing the national government to implement a strict plan to reduce consumption of electricity. All for the severe drought experienced by the Venezuelan territory, from August 2009 and several times was attributed to the phenomenon of El Niño until reaching the point of pointing "as responsible for drought and low water levels in system Caroni River dams." This research was to evaluate the influence of phenomenon El Niño-Southern Oscillation on precipitation in the basin of the Caroni River, Bolivar State, Venezuela. The following tasks were executed: 1) characterization of the physiography and climate of the Caroni River Basin, 2) description of the historical behavior of precipitation in the basin of the Caroni River, 3) analysis of the linear correlation between the monthly precipitations on the Caroni River Basin, Southern Oscillation Index and surface thermal anomalies in the Niño regions of the Pacific Ocean. The results of this research suggest that the phenomenon El Niño - Southern Oscillation is associated with some of the extreme variations in the pluviometry of the Caroni River basin. In general, oceanic and atmospheric anomalies extreme (in magnitude) in the Pacific Ocean and persistent over time, often accompanied by a decrease or an increase in pluviometric amounts in the basin; it is noteworthy that a time lag occurs between the maximum of the anomaly in the Pacific Ocean and the maximum of the pluviometric anomaly over the basin. However, it warns that the extreme ocean or atmospheric anomalies (in magnitude) in the Pacific Ocean that are not persistent in time do not affect the pluviometric dynamic of the basin. It is recommended to reevaluate and expand this study as more information becomes available about the pluviometry of the region studied.

Keywords: Thermal anomalies, climate change, Caroní river basin.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de El Niño/Oscilación Meridional (ENSO), es uno de los fenómenos más estudiados en la actualidad. Su impacto sobre la economía en varios países ha generado tanta información, que se han multiplicado las investigaciones sobre su influencia en las condiciones del clima, en especial, en las precipitaciones y la temperatura.

El año 2010 fue crucial en Venezuela: El nivel de la represa El Guri, ubicada en el estado Bolívar, de la que dependen tres hidroeléctricas que producen el 73% de la energía del país, alcanzó la cota más crítica en toda su historia, lo que obligó al Gobierno Nacional,

implementar un severo plan de reducción del consumo de electricidad. Todo ello por la fuerte sequía que experimentó el territorio venezolano, a partir del agosto de 2009, y que en varias ocasiones fue atribuida al fenómeno de El Niño hasta llegarse el momento de señalarlo “como el responsable de la sequía y los bajos niveles de agua en el sistema de presas del río Caroní”.

El colapso del Guri, causado por un escaso nivel de agua, produciría la paralización económica de Venezuela, pues ésta se quedaría sin generación eléctrica. Dicho de otra manera, la afectación de los niveles del embalse Gurí, traería consecuencias inmediatas sobre el sector eléctrico, concretamente en la disponibilidad eléctrica, a lo largo y ancho del país.

Ante este escenario, surgió la necesidad de evaluar la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur sobre la precipitación en la cuenca del río Caroní, estado Bolívar, Venezuela, con el fin de saber hasta qué punto, los cambios climáticos globales influyen en la dinámica de las lluvias sobre la cuenca propiamente dicha. De tal manera que, pueda confirmarse o no, científicamente, si la ocurrencia de este fenómeno a escala mundial, afecta de manera directa en la precipitación sobre cuenca del río Caroní, y por ende, en los niveles de agua de tan importante complejo hidroeléctrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Unidad de estudio: A los efectos de esta investigación, se entendió por Unidad de Estudio (UE) a la cuenca del río Caroní (ver Fig. 1). La UE se encuentra en el Estado Bolívar entre 60°35' y 64°07' de longitud oeste y entre los 3°37' y 8°21' de latitud norte; incluye los municipios Piar, Sifontes, Raúl Leoni y Gran Sabana.

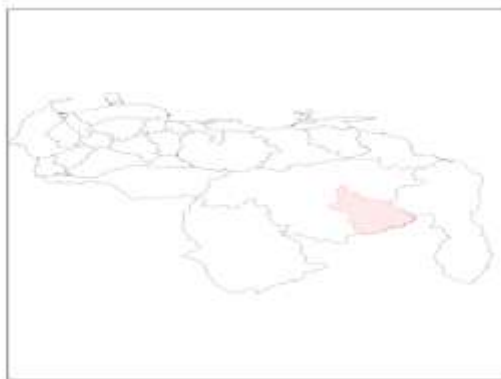


Figura 1. Ubicación geográfica de la Unidad de Estudio.

Fases de la investigación:

Fase I. Caracterización de la fisiografía de la cuenca del río Caroní: Se describieron las principales unidades de montaña y los principales elementos fisiográficos localizados dentro de la Unidad de Estudio, con énfasis en su altitud, extensión, vegetación predominante y principales elementos del clima. Se hizo uso de la información disponible en el portal web del Instituto Nacional de Estadística, Atlas disponibles, artículos y libros publicados sobre el tema.

Fase II. Descripción del comportamiento histórico de la precipitación en la cuenca del río Caroní: Se recolectó la información de las estaciones que tienen registros pluviométricos, administradas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Electrificación del Caroní, C.A. (EDELCA), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y el Servicio de Hidrología y Navegación de Venezuela, cerca y dentro de la Unidad de Estudio. Se describió el régimen pluviométrico de las estaciones más representativas (previo análisis de homogeneidad de las series pluviométricas utilizando la metodología de la prueba de Easterling R. *et al.* (1996), se identificó el período húmedo y seco, y el patrón espacial de distribución de las lluvias dentro de la cuenca en estudio.

Fase III. Análisis de la correlación lineal entre la precipitación mensual sobre la cuenca del río Caroní, Índice de Oscilación Meridional (SOI) y las anomalías térmicas superficiales en las regiones Niño del Océano Pacífico: Se calculó la correlación lineal de Pearson, no desfasada, entre las series de anomalías estandarizada de la precipitación en la Unidad de

Estudio, el índice SOI y los índices de anomalías térmicas en las regiones Niño. Se identificaron las correlaciones más significativas, de acuerdo a una prueba t de student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización de la fisiografía de la cuenca del río Caroní:

Ubicación: inmersa en el estado Bolívar, se encuentra la cuenca del río Caroní; específicamente entre los 60°35' y 64°07' de longitud oeste y entre los 3°37' y 8°21' de latitud norte.

Extensión: la cuenca del río Caroní posee una superficie 92.225 Km². Con esta superficie, dicha cuenca abarca el 39% del estado Bolívar, 10% de la superficie del territorio nacional y 9% de la cuenca orinoquense.

Relieve: la cuenca del río Caroní pertenece a la Provincia Fisiográfica del Macizo de Guayana, ubicado éste al sur del río Orinoco y ocupa toda la franja meridional del país, representando el 45.40% del total de la superficie nacional. Su altitud varía entre 100 msnm en la Penillanura de Casiquiare, hasta los 3840 msnm en el Cerro Marahuaca, siendo ésta la altura máxima que alcanza. El Macizo de Guayana posee las rocas más antiguas de Venezuela y del mundo, y pertenece a la Era Geológica Pre-cámbrico Metamorfizado. Representa el 5,3% de la Población Nacional. (Instituto Geográfico Simón Bolívar Atlas de Venezuela; Instituto Nacional de Estadística INE).

Ciudades y Centros Poblados: Ciudad Guayana, capital del municipio Caroní, se erige como una ciudad moderna e industrial, con una población cercana al millón de habitantes y se ubica en la sexta ciudad más poblada del territorio venezolano. Esta ciudad emerge a orillas del río Caroní y se divide en dos grandes poblaciones: Puerto Ordaz a la margen izquierda y San Félix a la margen derecha. Mérito tiene mencionar que, Ciudad Guayana, es la cuna de la CVG y de EDELCA, la primera creada en 1960; y, la segunda, creada 3 años después, es decir, en 1963 y como filial de la CVG, precisamente para ocuparse del desarrollo hidroeléctrico del río Caroní. EDELCA, a través de su Gerencia de Gestión Ambiental, opera una red hidroclimática compuesta de numerosas estaciones, cuyos registros se remontan hasta 1949. (Silva, 2006).

También destacan, Santa Elena de Uairén, frontera con Brasil, y, La Paragua, en el curso bajo del río homónimo; sin olvidar el centro poblado turístico Canaima y otros mineros como San Salvador de Paúl e Ikabarú. También, las comunidades de la etnia Pemón: Kavanayén, San Francisco de Yuruaní, Wonkén, Urimán, Kamarata y Karún.

Hidrografía: el majestuoso y caudaloso río Caroní, adquiere su nombre en la fusión de los ríos Kukenán y Yuruaní, y tiene una longitud total que supera los 900 km. Sus fuentes son los tepuyes Kukenán y Roraima. Entre sus afluentes están los ríos Aponwao, Karuay, Ikabarú, Tirika, Apakará, Urimán, Carrao y el Paragua. Éste nace en el meridional cerro Marutani y sus principales tributarios son los ríos Ichún, Kurutú, Marik, karún, Carapo, Tonoro, Oris, Aza y Chiguao. (Silva, 2006).

La cuenca del río Caroní se divide en 5 sectores hidrográficos: *Alto Caroní*, desde las nacientes del río hasta Aripichí; *Caroní Medio*, desde Aripichí hasta Salto Tayucay; *Alto Paragua*, desde sus fuentes hasta Karún; *Bajo Paragua*, desde Karún hasta Chiguao; y, *Bajo Caroní*, toda el área restante hasta la desembocadura en el Orinoco. (CVG EDELCA, 2004: citado por Silva, 2006).

Clima: el clima predominante en la cuenca del río Caroní es el Tropical Lluvioso y, en promedio, tiene 2.900 mm/año de lluvia y una temperatura anual alrededor de 24 °C. (CVGEDELCA, 2005: citado por Silva, 2006). La macrotermia es moderada por el relieve de tepúes dispersos y por la altiplanicie de la Gran Sabana, la Sierra de Lema y la Sierra Meridional de Parima. La estación de lluvias va de mayo a noviembre y la de sequía de diciembre a abril, pero diciembre y abril son más húmedos en las localidades más lluviosas y meridionales. La precipitación está más concentrada en el trimestre junio-agosto, esto por la convergencia intertropical en ese periodo. (Silva, 2006).

Vegetación: existen varios tipos de coberturas vegetales en la cuenca del río Caroní, predominando el bosque medio, el bosque bajo, la sabana y el arbustal. (CVG EDELCA, 2004: citado por Silva, 2006).

Humedad y Suelo: la humedad del suelo disminuye si la evapotranspiración supera a la precipitación. Los suelos más comunes en la cuenca del río Caroní son los ultisoles y los

entisoles, seguidos de los afloramientos rocosos. Un suelo ultisol típico en la cuenca puede tener 100 cm de profundidad, textura franco arcillosa y 19 cm de agua almacenable; mientras que un entisol típico en la cuenca puede tener 40 cm de profundidad, textura franco arenosa y 5 cm de agua almacenable. Se estima, para las cuencas del Caroní, 50% de ultisoles, 30% de entisoles y 20% de rocas y un promedio de 11 cm de humedad del suelo para las plantas; y, para las cuencas del Paragua, 75% de ultisoles, 15% de entisoles y 10% de rocas, con un promedio de 15 cm de agua aprovechable por las plantas. (CVG EDELCA, 2004: citado por Silva, 2006).

Escorrentía: el régimen de escorrentía es unimodal. Los ríos son más caudalosos en el trimestre junio-agosto; y, menos caudalosos, en el trimestre febrero-abril. El mes de más escorrentía suele ser julio; y, el de menos escorrentía, marzo. Existe esta tendencia: mayor aumento del caudal, en valores absolutos, en los meses de mayo y junio; y, disminución del caudal, en los meses de diciembre y enero. (Silva, 2006).

2. Descripción del comportamiento histórico de la precipitación en la cuenca del río Caroní

La cuenca del río Caroní cuenta con cuatro estaciones pluviométricas cuyos registros tienen longitudes mayores a 30 años continuos, por tanto permiten caracterizar adecuadamente el régimen de la precipitación (Fig. 2): Arekuna (Serial, 6928), Urimán (Serial, 6931), Kavanayén (Serial, 6933) y Santa Elena de Uairén Aeropuerto (Serial, 7947).

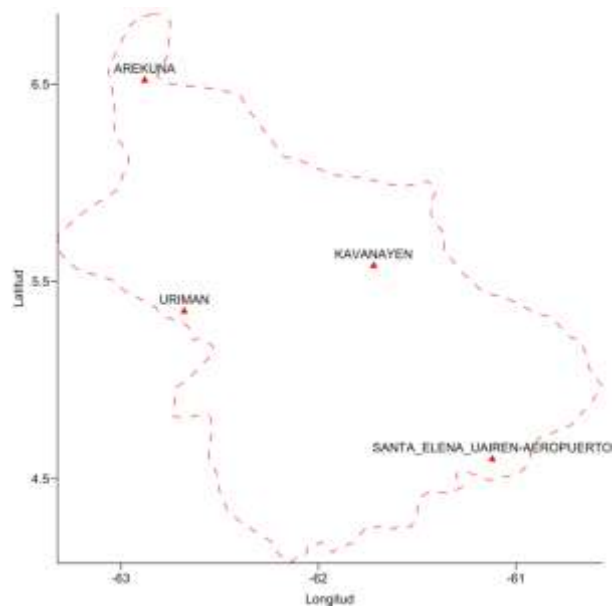


Figura 2. Estaciones climáticas situadas dentro de la cuenca del río Caroní con más de 30 años de registros pluviométricos.

Los registros disponibles indican lo siguiente:

Estación Arekuna: se localiza a 345 metros sobre el nivel del mar (msnm) y muestra una Precipitación Media Anual (PMA) igual a 2545.31 mm. El máximo pluviométrico ocurre en agosto, mientras que el mínimo pluviométrico se da en marzo. La temporada de lluvia se extiende de mayo a septiembre (Fig. 3).

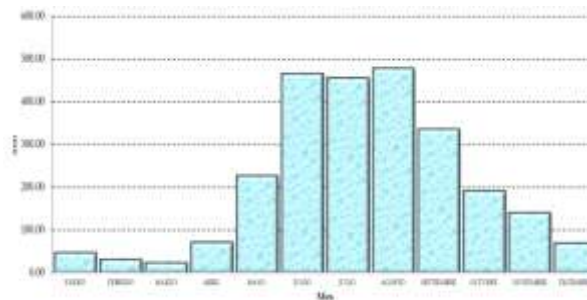


Figura 3. Pluviograma de la estación Arekuna.

Estación Urimán: se localiza a 372 msnm y muestra una PMA igual a 4032.65 mm. El máximo pluviométrico ocurre en julio, mientras que el mínimo pluviométrico se da en febrero. La temporada de lluvia se extiende de mayo a septiembre (Fig. 4).

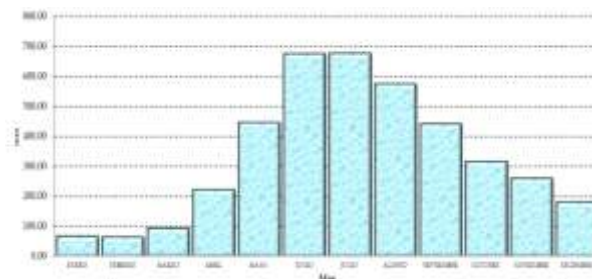


Figura 4. Pluviograma de la estación Urimán.

Estación Kavanayén: se localiza a 1200 msnm y muestra una PMA igual a 2509.72 mm. El máximo pluviométrico ocurre en agosto, mientras que el mínimo pluviométrico se da en febrero. La temporada de lluvia se extiende de mayo a noviembre (Fig. 5).

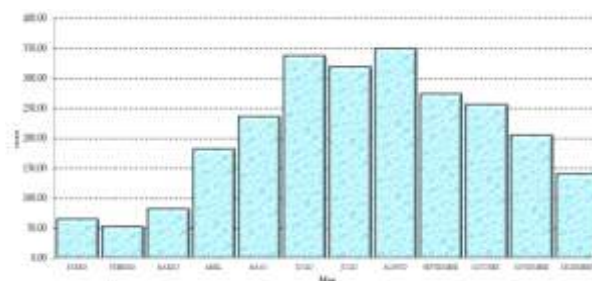


Figura 5. Pluviograma de la estación Kavanayén.

Estación Santa Elena de Uairén-Aeropuerto: se localiza a 907 msnm y muestra una PMA igual a 1724.69 mm. El máximo pluviométrico ocurre en junio, mientras que el mínimo pluviométrico se da en febrero. La temporada de lluvia se extiende de abril hasta agosto (Fig. 6).

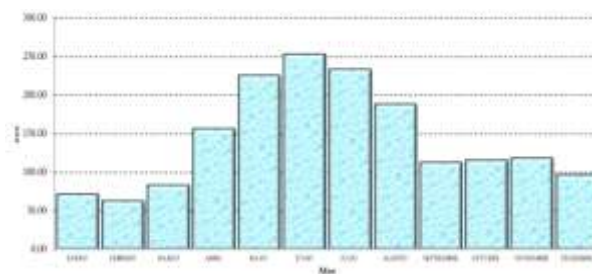


Figura 6. Pluviograma de la estación Santa Elena de Uairén-Aeropuerto.

Al evaluar de forma conjunta las estaciones analizadas, se observa que el mínimo pluviométrico tiende a ser común a todas las estaciones (febrero). El máximo pluviométrico tiene mayor variabilidad, en general, el máximo pluviométrico ocurre primero en la Sierra Pacaraima (Santa Elena de Uairén, Junio), luego al norte de la Sierra El Zamuro (Urimán, Julio) y finalmente en la Gran Sabana y Caño Negro (Kavanayén y Arekuna, Agosto). No se observa un patrón espacial claramente definido; sin embargo, a grandes rasgos, la PMA tiende a disminuir en sentido noreste-suroeste con la ocurrencia de un núcleo de alta pluviosidad sobre Urimán (Fig. 7); estos resultados discrepan de los reportados por Silva (2006).

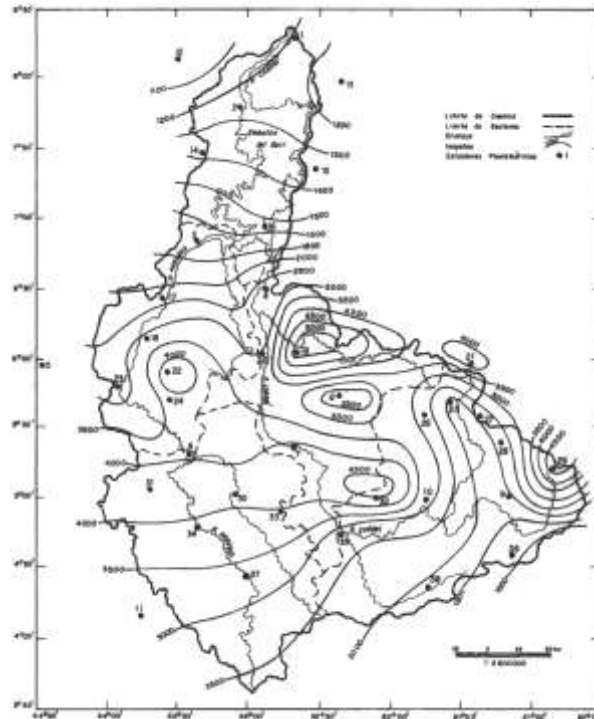


Figura 7. Isoyetas medias de la cuenca del río Caroní según Silva (2006).

3. Análisis de la correlación lineal entre la precipitación mensual sobre la cuenca del río Caroní, Índice de Oscilación Meridional (SOI) y las anomalías térmicas superficiales en las regiones Niño del Océano Pacífico.

En general, las anomalías térmicas en las regiones Niño del Océano Pacífico se asocian inversamente a la ocurrencia de anomalías pluviométricas en la cuenca del río Caroní. En otras palabras, el establecimiento del fenómeno El Niño (fase de calentamiento) suele ir acompañado de la disminución de las precipitaciones, mientras que La Niña (fase de enfriamiento) suele asociarse al aumento de las precipitaciones (Tabla 1). Aunque el coeficiente de correlación de Pearson muestra un valor absoluto bajo, en casi todas las estaciones la relación lineal entre estas variables es estadísticamente significativa.

Tabla 1.- Coeficiente de correlación de Pearson entre las anomalías estandarizada de la precipitación en las estaciones bajo estudio y las anomalías del SOI y térmicas oceánicas superficiales en la regiones Niño.

Estación pluviométrica	SOI	Variables macro-climática**			
		NIÑO 1+2	NIÑO 3	NIÑO 4	NIÑO 3,4
Arekuna	0.22*	-0,14*	-0,21*	-0,15*	-0,21*
Urimán	0.15	-0,04	-0,15	-0,20*	-0,19*
Kavanayén	0.17*	-0,22*	-0,25*	-0,16*	-0,22*
Santa Elena de Uairén	0.20*	-0,23*	-0,26*	-0,19*	-0,22*

Fuente:**<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> * p<0.05

La incidencia del SOI es positiva y presenta una alta magnitud correlacional en las estaciones Arekuna y Santa Elena de Uairén, mientras que las anomalías oceánicas (regiones Niño) son negativas y con altas magnitudes correlacional en Kavanayén y Santa Elena de Uairén. A juzgar por los resultados, la asociación océano – pluviometría (regiones oceánicas) es más significativa que la atmósfera – pluviometría (SOI) sobre la cuenca del río Caroní.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Los resultados de esta investigación sugieren que el fenómeno El Niño – Oscilación del Sur se asocia a algunas de las variaciones extremas en la pluviometría de la cuenca del río Caroní. En general, las anomalías oceánicas o atmosféricas extremas (en magnitud) en el Océano Pacífico y persistentes en el tiempo, suelen ir acompañadas de una disminución o un aumento en los montos pluviométricos de la cuenca; cabe destacar que ocurre un desfase

temporal entre el máximo de la anomalía en el océano Pacífico y el máximo de la anomalía pluviométrica sobre la cuenca. Sin embargo, se advierte que las anomalías oceánicas o atmosféricas extremas (en magnitud) en el Océano Pacífico que no son persistentes en el tiempo, no afectan la dinámica pluviométrica de la cuenca.

2.- La cuenca del río Caroní influye magnánimamente en el desarrollo regional y nacional. Su aprovechamiento hidráulico hace imperioso, que ella deba estar bien equipada, bien instrumentada, para la medición hidroclimática, con el fin de tener información apropiada (data suficiente) para detectar y evaluar situaciones hidrológicas particulares que se puedan presentar en el transcurrir del tiempo.

3.- Se recomienda reevaluar y ampliar este estudio a medida que se disponga de mayor información pluviométrica.

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de Investigación de la UNELLEZ-San Carlos, por el aval institucional concedido.

Al Grupo para Investigaciones sobre Cuencas Hidrográficas y Recursos Hidráulicos del Programa Ingeniería (GICHRI) de la UNELLEZ-San Carlos, por el apoyo brindado.

Al Ingeniero Agrícola Fedoski Joseph Suárez Blanco, adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, por su apoyo incondicional y aporte en el procesamiento de los datos pluviométricos que se utilizaron para esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Easterling R., Peterson C. y Karl T. 1996. On the development and use of homogenized climate data sets. *Journal of Climate*. Vol. 9. Pp. 1429-1434

Silva, G. 2006. Balance hídrico promedio anual y mensual para la cuenca del río Caroní, Venezuela. Ponencia presentada en el XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Ciudad Guayana, Venezuela.

WeatherService/NOAA (2010a). Warm (El Niño/Southern Oscillation – ENSO) episodes in the tropical pacific. [Página Web]. Consulta: Octubre 2010. Disponible en <http://www.nws.noaa.gov>

Weather Service/NOAA (2010b). Cold (La Niña) Episodes in the tropical Pacific. [Página Web]. Consulta: Octubre 2010. Disponible en <http://www.nws.noaa.gov>

Weather Service/NOAA (2010c). Mean Tropical Pacific Rainfall. Winds and subsurface ocean structure. [Página Web]. Consulta: Octubre 2010. Disponible en <http://www.nws.noaa.gov>

Weather Service/NOAA (2010d). The southern oscillation index (SOI). [Página Web]. Consulta: Octubre 2010. Disponible en <http://www.nws.noaa.gov>