

ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL DEL DISTRITO DE RIEGO RUT DURANTE LAS FASES EXTREMAS DEL FENÓMENO ENOS

Irene Ayala Arboleda, Yesid Carvajal Escobar PhD.

Universidad del Valle, Santiago de Cali-Colombia.

V Congreso Internacional Sobre Cambio Climático y Desarrollo Sostenible

cambioclimatico@presi.unlp.edu.ar

Resumen

El objetivo de este artículo fue determinar las alteraciones de la precipitación mensual durante los fenómenos típicos El Niño y La Niña, sobre la base de los datos históricos de las estaciones meteorológicas ubicadas en el Distrito de riego RUT (Roldanillo, La Unión y Toro) desde 1965-2013. En la investigación se realizó el cálculo de los índices categóricos de las estaciones climatológicas del distrito de riego RUT, durante los bimestres secos y lluviosos (julio-agosto-octubre-noviembre; enero-febrero, abril-mayo); y los meses de transición (septiembre; diciembre; marzo; junio) durante las fases extremas del fenómeno ENOS y por último se examinaron los datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación para cada una de las categorías definidas (déficit severo, déficit, normal, excedente, excedente severo).

La metodología se dividió en tres grandes fases: la primera correspondió a los estudios de la precipitación mensual; en la segunda fase se verificaron los períodos donde se presentaba el fenómeno El Niño y La Niña con base en la NOAA, donde se determinaron los meses de afectación. Se adaptó la metodología de Montealegre (2012) donde se analizaron únicamente el tercero y segundo trimestre del primer año hidrológico y el primero y el segundo trimestre del segundo año, que cubren los bimestres secos y lluviosos y los meses de transición entre ellos. Se tomaron para el cálculo solo los meses afectados por el fenómeno ENOS. La última fase corresponde al procesamiento de datos mediante las cinco categorías de afectación: los índices acumulados y la frecuencia absoluta, para determinar la mayor probabilidad de afectación del fenómeno ENOS calculando las frecuencias relativas de los meses estudiados.

Como resultado se obtuvo que para el evento El Niño los mayores valores de probabilidad para las condiciones acumuladas de déficit y déficit severo ocurren durante el primer bimestre del segundo año (enero-febrero) y el mes de transición diciembre del segundo año hidrológico, lo cual es un buen indicador de que el mayor efecto sobre la precipitación ocurre durante la fase madura de los eventos El Niño. Para el evento La Niña el evento prevalece el comportamiento pluviométrico cercano a lo normal con variación en excedente.

Se concluye que el efecto climático estacional de los fenómenos extremos de El Niño y La Niña (ENOS), a través del análisis de las anomalías de la precipitación mediante la metodología modificada de Montealegre, permite analizar que durante las estaciones secas y lluviosas, en el distrito de riego RUT se genere un acercamiento en las proyecciones climáticas de mediano y largo plazo, necesarias igualmente en labores de planeación y gestión de

riesgos, como ejemplo el fenómeno de La Niña que inició en el año 2010 y se prolongó hasta mayo de 2011 donde se elevó el nivel del río Cauca por encima de la cota del dique, y provocó la inundación de zonas cultivadas, específicamente en el RUT, donde se cuantificó un aproximado de 6.700 hectáreas, entre zonas inundadas, saturadas y con altos niveles freáticos (CORPOICA, 2011). Se resalta además que el efecto de los fenómenos típicos de El Niño y La Niña sobre la precipitación estacional es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas.

Introducción

Desde el decenio anterior se han señalado las evidencias del calentamiento global y del cambio climático que se han generado por procesos naturales como por diversas actividades antrópicas. Estos fenómenos han sido muy notorios hacia finales del siglo XX y serán más marcados en la medida que trascorra el siglo XXI, donde afectarán considerablemente los ecosistemas y los seres humanos de diferentes regiones del planeta (Pabón, 2012). El cuarto informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) sustenta que el calentamiento global trae asociado fenómenos como el ascenso del nivel de los océanos y la pérdida de biodiversidad. Estos fenómenos globales afectarán los ecosistemas y los sistemas socioeconómicos de diferentes regiones del planeta, donde todos los países serán impactados por tales fenómenos, y Latinoamérica no es la excepción.

Debido a que la variabilidad climática y el cambio climático están generando frecuentes anomalías de precipitaciones (Sedano *et al.*, 2013), que impactan de manera negativa en ecosistemas y sectores socioeconómicos del país, con pérdidas de vidas humanas, de bienes, migraciones masivas, degradación ambiental, escasez de alimentos, energía, agua y otras necesidades básicas, donde estos fenómenos de origen meteorológico como El Niño-Oscilación Sur (ENOS) aumentaran de magnitud y frecuencia (Cardona *et al.*, 2013). Estas anomalías han dinamizado el ciclo hidrológico en la región principalmente por dos factores: 1) hay una mayor radiación solar, causada por su ubicación en la zona ecuatorial, y 2) existe una fuerza activa de gravedad en la región, debido a que la cordillera de los Andes se divide en tres al ingresar al país (Ávila *et al.*, 2014).

Todos estos impactos han generado que, durante las últimas décadas se encuentren en Colombia diferentes estudios en los cuales se trata de evidenciar los efectos que las dos fases del fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS) tienen sobre la distribución espacial y temporal de la precipitación y temperatura en diferentes regiones del país (Enríquez, 2014). En este caso solo se tendrá en cuenta la incidencia del fenómeno ENOS en el Valle del Cauca en base a cinco rangos de variabilidad.

El ENOS ha producido una reducción de la precipitación en algunas regiones del territorio colombiano donde se puede generar un proceso de desertificación con la consecuente reducción del área de tierra productiva en el país (IDEAM, 2010), y ha dado lugar de esta manera a impactos irreversibles en los procesos productivos agrícolas. Los cambios de temperatura del aire y de precipitación

formarán cambios en los patrones de generación de plagas y enfermedades en plantas y animales (Carvajal *et al.*, 2005). Con relación al comercio nacional e internacional habría alteraciones, puesto que se crearían algunas ventajas competitivas por regiones, si existe voluntad política para la adaptación a los cambios climáticos, con lo que se facilitaría rivalizar frente a otras regiones o países.

El Valle del Cauca es uno de los departamentos más afectados por su cercanía al Océano Pacífico, zona de influencia del fenómeno ENOS (Carvajal *et al.*, 1998). Esto se debe a que presenta una gran variedad climática debido a sus pisos térmicos. Además de los factores generales de la circulación global y del cambio en la posición del sol durante el año, la topografía, la convección profunda, la cercanía a la costa y la vegetación, son los principales factores que gobiernan el clima local (Carvajal & Segura, 2005).

EL distrito de riego se encuentra al norte del departamento del Valle del Cauca en los municipios de Roldanillo, La Unión y Toro (distrito RUT). Esta zona del Valle del Cauca, correspondiente a una parte del valle geográfico del río Cauca, con una alta capacidad para producción agropecuaria, de tierras planas y fértiles, presenta ciertas limitaciones para su labrado debido a las variaciones del clima, con épocas de sequías e inundaciones, ocasionadas por el desbordamiento del río Cauca y sus tributarios (Sierra, 2008). Dichas inundaciones en el país, especialmente las presentadas en la segunda mitad del año 2010, y repetida en abril de 2011 por el denominado fenómeno de La Niña, generaron pérdidas parciales y totales de los cultivos de la zona (CORPOICA, 2011).

El presente artículo responde al interés de ampliar el conocimiento sobre las alteraciones que se observan en los regímenes de precipitación, ante la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones meteorológicas localizadas en esta zona. El objetivo fundamental es obtener un nuevo conocimiento acerca de la afectación durante los meses de transición ínter-estacional y los meses de afectación estacional (sequía y lluvia).

Objetivos

Objetivo General

Determinar las alteraciones de la precipitación mensual durante los fenómenos típicos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones meteorológicas del Distrito de riego RUT en el período 1965-2013.

Objetivos Específicos

Realizar el cálculo de los índices categóricos de las estaciones climatológicas del distrito de riego RUT, durante los bimestres secos y lluviosos y los meses de transición durante las fases extremas del fenómeno ENOS.

Examinar los datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación para cada una de las categorías definidas.

Metodología



Figura 1. Algoritmo utilizado en la determinación del efecto sobre la precipitación, la temperatura, caudal de entrada y salida del río Cauca, ocasionado por la ocurrencia de los fenómenos extremos: El Niño y La Niña. Adaptado de Montealegre (2012).

En esta parte del documento se describen los aspectos de carácter metodológico desarrollados con el propósito de obtener un estudio sobre el efecto climático del fenómeno el niño y la niña en el distrito de riego RUT. La metodología se presenta en el esquema de la Figura 1, el cual se divide en tres grandes fases: la primera corresponde a los estudios de la precipitación mensual; en la segunda fase se verificarán los periodos donde se presenta el fenómeno El Niño y La Niña con base en la NOAA, para determinar los meses de afectación.

Se adaptará la metodología de Montealegre (2012) donde se analizarán únicamente el tercero y segundo trimestre del primer año hidrológico y el primero y el segundo trimestre del segundo año, que cubren los bimestres secos y lluviosos y los meses de transición entre ellos, tomando para el cálculo solo los meses afectados por el fenómeno ENOS. La última fase corresponde al procesamiento de datos mediante las cinco categorías de afectación: los índices acumulados y la frecuencia absoluta, para determinar la mayor probabilidad de afectación del fenómeno ENOS, calculando las frecuencias relativas de los meses estudiados.

| La Niña | | El Niño | |
|---------|------|---------|------|
| 1950 | 1951 | 1951 | 1952 |
| 1954 | | 1953 | 1954 |
| 1955 | 1956 | 1957 | 1958 |
| 1964 | 1965 | 1958 | 1959 |
| 1967 | 1968 | 1963 | 1964 |
| 1970 | 1971 | 1965 | 1966 |
| 1972 | | 1968 | 1969 |
| 1973 | 1974 | 1969 | 1970 |
| 1974 | | 1972 | 1973 |
| 1975 | 1976 | 1976 | 1977 |
| 1984 | 1985 | 1977 | 1978 |
| 1988 | 1989 | 1979 | 1980 |
| 1995 | 1996 | 1982 | 1983 |
| 1998 | 1999 | 1986 | 1987 |
| 2000 | 2001 | 1991 | 1992 |
| 2007 | 2008 | 1994 | 1995 |
| 2010 | 2011 | 1997 | 1998 |
| 2011 | 2012 | 2002 | 2003 |
| | | 2004 | 2005 |
| | | 2006 | 2007 |
| | | 2009 | 2010 |

Tabla I: Años de eventos ENOS, región Niño 3-4 utilizados en esta metodología; centro de predicción del clima monitoreo .

Datos. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysismonitoring/ensostuff/ensoyears.sht1/3> .Tabla construida con base a la información suministrada.

Descripción del área de estudio.

Está localizada al norte del departamento del Valle del Cauca, a 170 km de distancia de la ciudad de Santiago de Cali, ubicada entre las poblaciones de las

que deriva su nombre. El clima de la región varía entre tropical y subtropical, con temperaturas entre 17 y 37 °C y un promedio de 24 °C.

El comportamiento de las lluvias es de tipo bimodal, con dos periodos húmedos entre marzo-mayo y entre septiembre-noviembre; con un promedio de precipitación anual de 1100 mm. Posee en promedio 72% de humedad relativa anual, evaporación de 2080 mm, velocidad del viento de 1.3 m/s y brillo solar de 1936 h/año (Díaz, 2006).

El área total del distrito es de 11.500 hectáreas, de las cuales 9.500 están bajo riego y distribuidas en aproximadamente 1.800 predios, de los cuales el 75% corresponde a áreas entre 0-5 Ha. Las aguas del distrito son captadas por bombeo sobre el río Cauca y transportadas por gravedad mediante una red de canales. En esta región el río Cauca conduce un caudal promedio anual de 350 m³/s con aguas clasificadas como de buena calidad y sin limitaciones para el riego. Además el distrito se surte con aguas de los ríos Roldanillo y Toro (Díaz, 2006).

La información utilizada para el desarrollo de la metodología es obtenida directamente del *Grupo de Investigación en Recursos Hídricos* (IREHISA). La base del análisis es mensual y se emplearon en total 6 estaciones pluviométricas: Buenavista, Centro Unión, El Retiro, El Vesubio, La Herradura y Sabanazo ubicadas en el distrito de riego RUT, que contaron con más de 20 días de información y con un porcentaje de datos faltantes menor al 5%. Las series de precipitación empiezan en el 1965 hasta 2013.

Períodos analizados

Se consideró el año hidrológico como el comprendido entre el comienzo de junio de determinado año (año 1) hasta el fin de mayo del siguiente (año 2), se realizó un consenso según el índice evaluado para llegar a la identificación de las fases del fenómeno ENSO para cada uno de los años entre 1965 y 2013. Los resultados finales se presentaron en la Tabla I.

Promedio multianual mensual

Del archivo consolidado de datos mensuales de precipitación, se calcula el promedio mensual multianual de cada una de las series (estaciones), involucrando la totalidad de los datos, desde su fecha de instalación hasta el año 2013. No se utilizó un periodo estándar para este procedimiento dada la alta variabilidad cronológica de los registros.

Meses de afectación

Evento Típico

Se obtuvo como resultado de analizar todos los fenómenos El Niño y La Niña ocurridos desde 1965 hasta el año 2013, sin importar el carácter de su magnitud débil, moderado o fuerte. En la metodología de Montealegre (2012), específica que la estimación del efecto climático derivado de un evento típico considera únicamente los meses durante los cuales se verificó la presencia de los fenómenos del ciclo ENOS, en el Océano Pacífico tropical.

Afectación trimestral

Los periodos de análisis son el tercer y cuarto trimestre del primer año hidrológico y los dos primeros del segundo año, considerados como los de mayor afectación. Estos trimestres son divididos en dos, en bimestres de la temporada seca y lluviosa y en meses de transición entre esas temporadas, esto se debe en gran medida a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que hace presencia en el departamento del Valle del Cauca. Los cálculos para los índices porcentuales acumulado y categórico se realizaron considerando los bimestres y meses de transición son los meses en los cuales se presenta una parte característica (seca o lluviosa) y la otra, la característica opuesta (lluviosa o seca) de forma independiente. Estas divisiones se realizaron para el cálculo de los índices acumulado y categórico, donde solo se consideraron los meses de cada bimestre y los meses de transición, individualmente.

| Primer año hidrológico | | Segundo año hidrológico | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 3 ^{er} Trimestre | 4 ^{to} Trimestre | 1 ^{er} Trimestre | 2 ^{do} Trimestre |
| Temporada seca | Temporada lluviosa | Temporada seca | Temporada lluviosa |
| julio-agosto | octubre-noviembre | enero-febrero | abril-mayo |
| septiembre | diciembre | marzo | junio |

Tabla II: Diferenciación de los meses de afectación, del evento ENOS.
Fuente propia.

Cálculo de índices de anomalías de precipitación

Se construyeron índices mensuales, bimestrales y de transición que detectan anomalías o alteraciones del comportamiento de la precipitación con respecto a la media mensual multianual. Las anomalías fueron calculadas como el cociente entre un dato cualquiera y su valor promedio multianual, expresado en porcentaje (%).

Índice puntual (no acumulado)

Si el índice es puntual, es decir, para un solo mes en particular, el índice (I_p) se calculará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I_{p_{ij}} = \frac{P_{ij}}{P_j} * 100 \quad [1]$$

$I_{p_{ij}}$ – es el índice del parámetro del mes j y el año i

P_{ij} – es el valor del parámetro a nivel mensual del mes j y el año i ;

P_j – es el promedio multianual del parámetro del mes

Índice acumulado

Se calculará el promedio multianual de cada uno de los períodos bimestrales de los períodos secos y lluviosos de las fases extremas del fenómeno ENOS y se establecerá la relación comparativa entre el valor acumulado de la lluvia registrada durante el período considerado y el correspondiente valor promedio de dicho periodo. El valor que se obtendrá es el Índice Acumulado, el cual reflejará, en términos porcentuales, la característica del comportamiento registrado: normal, deficitario o excesivo de la lluvia durante el periodo analizado.

$$IP_i = \sum_{j=N1}^{j=N2} (P_{ij}) / \sum_{j=N1}^{j=N2} (P_j) \quad [2]$$

IP_i es el índice acumulado del parámetro para cada período definido en el año i

N1, N2 – son los meses de inicio del año i y de finalización del año i e i + 1

P_{ij} – es el valor del parámetro en el mes j del año i;

P_j – es el promedio multianual del parámetro en el mes j

Sobre la base del índice puntual o acumulado, se establecerán las siguientes categorías de interpretación. Para cada estación se calculará el índice acumulado, en términos porcentuales, que cubriría la totalidad del período, los trimestres o las temporadas secas o lluviosas afectadas por los eventos Niño y Niña de diferentes categorías de intensidad (débil, moderado o fuerte). Para cada caso, se obtendrá una matriz de **n** estaciones x **m** eventos, con el índice porcentual acumulado.

| Rango de variación | Descripción del efecto |
|------------------------------|--|
| $IP_i \leq 40\%$ | Déficit severo (muy por debajo de lo normal) |
| $40\% \leq IP_i \leq 80\%$ | Déficit (por debajo de lo normal) |
| $80\% \leq IP_i \leq 120\%$ | Normal |
| $120\% \leq IP_i \leq 160\%$ | Excedente (por encima de lo normal) |
| $IP_i \geq 160\%$ | Excedente severo (por encima de lo normal) |

Tabla 3: Rango de variación del índice acumulado (Montealegre, 2012).

Índice categórico

Se determinará el índice acumulado, en términos categóricos, en cinco rangos de variabilidad: déficit severo (-2); déficit (-1); normal (0); exceso (1); exceso severo (2). El análisis se efectuará para todos y cada uno de los períodos en los que ocurrieron los eventos Niño y Niña, registrados desde enero de 1965 a febrero de 2013. Para cada estación se calculará el índice categórico, para los mismos períodos de tiempo y categorías de evento, como los definidos para el índice acumulado, obteniendo igualmente una matriz de n estaciones x m eventos.

| Rango de variación | Descripción del efecto | Índice Categórico |
|------------------------------|------------------------|-------------------|
| $IP_i \leq 40\%$ | Déficit severo | -2 |
| $40\% \leq IP_i \leq 80\%$ | Déficit | -1 |
| $80\% \leq IP_i \leq 120\%$ | Normal | 0 |
| $120\% \leq IP_i \leq 160\%$ | Excedente | 1 |
| $IP_i \geq 160\%$ | Excedente severo | 2 |

Tabla IV: Rango de variación para el índice categórico (Montealegre, 2012).

Tabla de frecuencia absoluta y frecuencia relativa

A partir de la matriz de índices categóricos, se calcularán las frecuencias absolutas y relativas con la que se presenta cada índice dentro de cada una de las categorías definidas (-2, -1, 0, 1, 2). Las matrices resultantes, son consideradas para todas las estaciones seleccionadas, las frecuencias con las que se presentan los diferentes grados de afectación dentro de las cinco categorías definidas. Como la longitud de los registros no es la misma para todas las estaciones consideradas, los valores de la frecuencia absoluta no son comparables entre sí, por lo cual es necesario calcular la frecuencia relativa, para todos los casos.

Condiciones de mayor probabilidad

Tabla de Probabilidades

En base a los datos de la frecuencia relativa se puede establecer la condición más probable de afectación en presencia de un evento ENOS, derivado del mayor valor porcentual obtenido de las frecuencias relativas. En síntesis, las tablas construidas mediante esta metodología corresponden a la probabilidad de alteración de la precipitación expresada en términos porcentuales en el valle geográfico para cinco categorías de afectación durante la ocurrencia del fenómeno típico el Niño y la Niña. En consecuencia, los mapas elaborados en base en estas tablas, son mapas probabilísticos de afectación.

Durante esta etapa del análisis se dieron situaciones de conflicto: cuando los porcentajes de la frecuencia relativa se reparten igualmente entre dos categorías opuestas, se dio prelación a la fase que se estuvo analizando. Si el mayor valor de la tabla de frecuencias corresponde a la condición normal, pero

la suma de los porcentajes de las condiciones fría o cálida iguala o supera este valor, se da prelación al mayor valor de la condición analizada.

Resultados

Estadísticas relacionadas con las mayores probabilidades de afectación

Para determinar el tipo de afectación que los fenómenos El Niño y La Niña (ENOS) producen sobre el patrón de precipitación en la zona del Distrito de riego RUT (Roldanillo, La Unión, Toro), se examinaron los datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación para cada una de las cinco (5) categorías definidas, obteniéndose los siguientes resultados:

Precipitación – Fenómeno El Niño

| Meses de afectación | Déficit severo % | Déficit % | Normal % | Excedente % | Excedente severo % |
|---------------------|------------------|-----------|----------|-------------|--------------------|
| | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 |
| JA1 | 17 | 67 | 17 | 0 | 0 |
| S1 | 0 | 50 | 17 | 33 | 0 |
| ON1 | 0 | 67 | 33 | 0 | 0 |
| D1 | 50 | 33 | 17 | 0 | 0 |
| EF2 | 17 | 83 | 0 | 0 | 0 |
| M2 | 0 | 33 | 50 | 17 | 0 |
| AM2 | 0 | 67 | 33 | 0 | 0 |
| J2 | 67 | 33 | 0 | 0 | 0 |

Tabla II: Datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación pluviométrica en cada una de las categorías definidas: déficit severo (-2), déficit (-1), normal (0), excedente (1) y excedente severo (2), durante la ocurrencia de un fenómeno de El Niño, discriminados de forma categórica, bimestral y meses de transición.

La característica principal de El Niño son los déficits de precipitación. El evento analizado en este artículo es el evento típico de El Niño (fenómeno estudiado en forma integral, sin considerar la magnitud de las anomalías registradas: débil, moderado y fuerte), analizándose el comportamiento de la lluvia durante los dos últimos trimestres del primer año y los dos primeros del segundo, en presencia del fenómeno El Niño. Allí se evidencia que las series pluviométricas analizadas indican un comportamiento de déficit en presencia del Niño; los bimestres secos de junio-agosto (primer año) y enero-febrero (segundo año) tienen porcentajes mayoritarios entre 67-83%.

Como un análisis total los mayores valores de probabilidad para las condiciones acumuladas de déficit y déficit severo ocurren durante el primer bimestre del segundo año (enero-febrero) y el mes de transición diciembre del segundo año,

lo cual es un buen indicador de que el mayor efecto sobre la precipitación ocurre durante la fase madura de los eventos El Niño.

Precipitación – Fenómeno La Niña.

| Meses de Afectación | Déficit severo % | Déficit % | Normal % | Excedente % | Excedente severo % |
|---------------------|------------------|-----------|----------|-------------|--------------------|
| | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 |
| JA1 | 0 | 0 | 50 | 33 | 17 |
| S1 | 0 | 17 | 67 | 17 | 0 |
| ON1 | 0 | 17 | 50 | 33 | 0 |
| D1 | 17 | 33 | 33 | 17 | 0 |
| EF2 | 0 | 0 | 33 | 67 | 0 |
| M2 | 0 | 0 | 67 | 33 | 0 |
| AM2 | 0 | 33 | 50 | 17 | 0 |
| J2 | 0 | 33 | 0 | 0 | 67 |

Tabla III: Datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación pluviométrica en cada una de las categorías definidas: déficit severo (-2), déficit (-1), normal (0), excedente (1) y excedente severo (2), durante la ocurrencia de un fenómeno de La Niña, discriminados de forma categórica, bimestral y meses de transición.

La característica principal del fenómeno La Niña se refleja en excedentes de precipitación. El análisis fue realizado durante el fenómeno típico en las cinco categorías de afectación. En el estudio de los cuatro trimestres desgregados en bimestres y meses de transición se evidencia que en la fase madura del fenómeno que es el primer trimestre del segundo año, se observa un porcentaje mayoritario de excedente severo. En el evento prevalece el comportamiento pluviométrico cercano a lo normal con variación en excedente.

Conclusiones.

El distrito de riego RUT es una de las zonas de más alta producción de frutales y de caña de azúcar del departamento. Está ubicado en el valle geográfico del río Cauca, y presenta variaciones del clima, con épocas de sequías e inundaciones. Estas últimas son ocasionadas por el desbordamiento del río Cauca y sus tributarios, ya que presenta una topografía que favorece esos eventos. Debido a que los eventos ENOS generan por sus fases extremas eventos de sequía e inundaciones sobre el clima en general, esto genera amenazas para diferentes sectores económicos del país y la región. Por lo tanto, es necesario en consecuencia, tomar decisiones acertadas en el manejo de las situaciones de emergencia.

Se destaca, además, que el mayor efecto, tanto de los eventos extremos de El Niño como de La Niña, sobre el patrón de precipitación en el distrito de riego RUT ocurre durante el primer trimestre del segundo año hidrológico. Este coincide muchas veces con la fase madura de los fenómenos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical.

El efecto climático estacional de los fenómenos extremos de El Niño y La Niña (ENOS), a través del análisis de las anomalías de la precipitación durante las estaciones secas y lluviosas, en el distrito de riego RUT permite un mejor acercamiento en las proyecciones climáticas de mediano y largo plazo, necesarias igualmente en labores de planeación. Se resalta que el efecto de los fenómenos típicos de El Niño y La Niña sobre la precipitación estacional es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas.

El efecto del ENOS sobre los regímenes de lluvia durante los dos últimos trimestres del primer año y los dos primeros del año siguiente, evidencian que tienden hacia la variabilidad extrema de déficit en condiciones Niño y en exceso en condiciones Niña. Otra variable a tener en cuenta es que el evento ENOS no es el único evento atmosférico que tiene incidencia en el Valle del Cauca ya que la variabilidad espacial del clima de Colombia está principalmente determinada por su situación tropical, bajo la influencia de los vientos alisios y la oscilación meridional de la Zona de Convergencia Intertropical (Mejía *et al*, 1999). Además el Valle del Cauca por su cercanía al Océano Pacífico sufre los efectos de los eventos derivados de la variabilidad climática, que repercuten sobre las condiciones socioeconómicas de la región. Por último, los cambios de temperatura del aire y de precipitación producirán cambios en los patrones de generación de plagas y enfermedades en plantas y animales.

Palabras Clave: ENOS * evento típico * año hidrológico * categorías de afectación

Bibliografía.

Ávila Díaz AJ, Carvajal Escobar Y, Gutiérrez Serna SE. Análisis de la influencia de El Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali. *Tecnura* 2014; 18: 120-33.

Cardona F, Ávila A, Carvajal Y, Jiménez H. Tendencias en las series de precipitación en dos cuencas torrenciales del Valle del Cauca (Colombia). *Tecnología* 2014; 17: 85-95.

Carvajal Y, Jiménez H, Materón H. Incidencia del Fenómeno ENSO en la Hidroclimatología del Valle del Río Cauca-Colombia. *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 1998; p. 743-51.

Carvajal Escobar Y, Segura JM. Modelos multivariados de predicción de caudal mensual utilizando variables macroclimáticas. *Ingeniería y Competitividad*, 2005 7: 18-32.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Estrategias de respuesta de CORPOICA para mitigar el impacto de las inundaciones sobre la agricultura colombiana. Rehabilitación de la capacidad productiva de los suelos afectados por las inundaciones, en el Valle del Cauca. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2011. Disponible en:

http://www.palmira.gov.co/attachments/article/808/Corpoica_Norte_del_Valle.pdf

Díaz Jaime. Riego por gravedad. Primera edición. Programa editorial Universidad del valle, ISBN: 978-958-670-539-4. 2006; p 162-3.

Enríquez O, Guzmán A, Narvárez G. Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña. Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía 2014; 23: 165-78. ISSN 0121-215X.

IDEAM; Subdirección de Meteorología. Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia Usando modelos meteorológicos de alta resolución. Investigador: José Franklyn Ruiz M. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático. Bogotá, D. C.; 2010.

IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambio Climático 2007, informe síntesis. Primera impresión, ISBN 92-9169-322-7; 2007.

Montealegre Edgar. Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá –Cundinamarca (PRICC); 2012.

Pabón D. Cambio Climático en Colombia: Tendencias en la Segunda Mitad Del Siglo XX y Escenarios Posibles Para el Siglo XXI. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2012; 36: 261-78.

Sedano K, Carvajal Y, Díaz Á. Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundaciones en Colombia. Revista Luna Azul 2013; 37: 219-38.

Sierra JA. Embalse de La Salvajina. Inundaciones otra vez. Procaña. 2008. Recuperado de http://issuu.com/procana.org/docs/4_ded7b0d6224fff