

Efecto del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas, Venezuela

Effect of El Niño – Southern Oscillation (ENSO) episodes on rainfall of piedmont and high area in the Monagas State, Venezuela

José Alexander Gil Marín¹, Nelson José Montaña-Mata¹, Luis Simón Oliveros¹, Renny Barrios Maestre², Del Valle Mark Placencio² y Argenis Guatarasma²

¹Universidad de Oriente (UDO). Maturín, Venezuela. ³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maturín, Venezuela. Correo electrónico: rbarrios@inia.gob.ve

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas, se analizaron los datos mensuales y anuales de precipitación en cinco estaciones meteorológicas pertenecientes a la red hidrometeorológica del Ministerio del Poder popular para el Ecosocialismo (MINEC). La lista de los años El Niño, La Niña y Sin evento, se realizó mediante la comparación de la lista de consenso de la base de datos del Golden Gate Weather Services, EE.UU. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de promedio para comparar la precipitación anual, mensual, de la época seca y la época lluviosa, considerando a cada evento como un tratamiento y el número de años en que se presentaron como las repeticiones. Se determinó que durante la presencia de años con eventos de El Niño y La Niña las precipitaciones fueron inferiores a la de los años Sin evento. Los años El Niño tienden a ser menos secos que los años La Niña, excepto en la estación Caripe donde los años La Niña resultaron ser menos secos que los años El Niño. Durante las temporadas secas y lluviosas se presentaron disminuciones de la precipitación bajo la presencia de condiciones Niño y Niña, siendo la temporada seca la que presentó mayor disminución. Durante los años El Niño se mantiene el régimen característico unimodal de los años normales, mientras que en los años La Niña el régimen tiende a convertirse en bimodal.

Palabras clave: distribución de lluvias, La Niña, variabilidad climática.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of El Niño - Southern Oscillation (ENSO) on precipitation of piedmont and the high area of Monagas state, monthly and annual precipitation data were analyzed in five meteorological stations belonging to the hydrometeorological network of the Ministry of Popular Power for Ecosocialism (MINEC). The list of the years El Niño, La Niña and No event is based on the consensus list of data base from Golden Gate Weather Services, USA. Analysis of variance and media tests were performed to compare the annual precipitation, monthly precipitation, precipitation during the dry and rainy season, considering each event as a treatment and the numbers of years were considered as repetitions. It was determined that during the presence of years El Niño y La Niña the amount of rainfall was lower than the years No event. El Niño years tend to be less dry than La Niña years, except in the Caripe station where La Niña years were less dry than El Niño years. During the dry and rainy seasons, precipitation decreased in the presence of El Niño and La Niña conditions, being the dry season which showed greater decline. Over El Niño years, the unimodal rainfall regime was maintained, while in La Niña year regime tends to become bimodal.

Keywords: rain distribution, La Niña, climatic variability.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno ENOS (El Niño y Oscilación del Sur) y su fase fría llamada La Niña (AENOS), son considerados de vital importancia en el ámbito mundial. Es el fenómeno natural climático que causa mayor influencia sobre la variabilidad climática, provoca efectos desastrosos, impacta directamente las actividades humanas y desmejora la calidad de vida. Debido a sus interrelaciones oceánicas y atmosféricas, ocasiona pérdidas económicas considerables en varias regiones del planeta, aun estando éstas alejadas del sitio de origen del evento.

En forma general ENOS altera la circulación atmosférica, modificando los patrones de la temperatura y la cantidad y distribución de las precipitaciones en el Pacífico Ecuatorial y Subtropical, Estados Unidos, Canadá, América Latina, Asia y África. En el caso de América del Sur, el fenómeno el Niño provoca condiciones extremas de sequía o humedad dependiendo de la región. Así se tiene que al Nor-este (el Brasil Norecuatorial, la Guayana Francesa y Venezuela) se presentan sequías, en el Sur-este (Sur de Brasil, Uruguay y partes del Nor-este de Argentina) se producen abundantes lluvias, así como también en el litoral de Ecuador y Perú (OPS, 2000); y en Colombia, dependiendo de la influencia del Pacífico Ecuatorial, se presentan situaciones de inundaciones y en otras, de sequías.

En el caso específico del ENOS en Venezuela, la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2000) indica que es el país Andino menos influenciado por el fenómeno, en comparación a los otros países andinos, sin embargo, en los años 1992 y 1997-1998, considerados como años Niño severos, muestran que sí existe una relación entre ENOS con la cantidad y distribución de las precipitaciones en Venezuela.

Estudios preliminares demuestran que el fenómeno no afectó de manera similar a todo el país. En Occidente, el fenómeno se tornó más relacionado con fechas tardías de inicio de las lluvias, mientras que en el Centro y Oriente del país no se observó un patrón categórico definido (Martelo, 2004).

Rojas *et al.* (2010), agregan que no existe una relación entre la ocurrencia de años húmedos o secos al sur de los estados Anzoátegui y

Monagas con el fenómeno El Niño, excepto en una pequeña área, destacando que en Venezuela la influencia no es absolutamente uniforme.

A pesar de la ausencia de un patrón categórico definido y la relativamente moderada influencia del fenómeno en el territorio nacional, se registraron daños significativos en los diferentes sectores del país, específicamente en el abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica, salud (brotes epidémicos de enfermedades), transporte fluvial, pesca continental, y en mayor grado la agricultura (Paredes-Trejo *et al.* 2018; CAF 2000).

En el caso particular del estado Monagas, López (2012) señala que en las zonas bajas hay una tendencia a la disminución de la cantidad de agua precipitada durante la temporada de lluvia en los años de El Niño; mientras que en los años La Niña tiende a precipitar más lluvia en temporada seca, manifestándose un adelanto de las lluvias, pero con una precipitación inferior a la de los años sin evento. Aunado a esta situación, Gil-Marín *et al.* (2012) presentaron evidencias de que el cambio climático ha generado una tendencia al incremento de la temperatura media y la evaporación y una tendencia a la disminución de la humedad relativa en el municipio Maturín del estado Monagas, lo cual se asoció en principio al efecto invernadero y a los procesos de urbanización y deforestación de la zona.

Es necesario destacar que durante 1997 y 1998, la agricultura fue el sector más afectado como consecuencia de la variabilidad climática asociada al fenómeno El Niño, provocando una baja de producción en los principales rubros nacionales. Cultivos como el maíz redujeron los rendimientos en Guárico debido al déficit de precipitación, afectando el llenado de las mazorcas, en ese mismo estado muchas hectáreas fueron declaradas en pérdida completa como consecuencia de la sequía (Puche *et al.* 2005). Igual situación se observó en las zonas semiáridas de Lara, donde fueron notorios los efectos negativos de la sequía sobre los rendimientos y el área cosechada de la caña de azúcar, debido a la reducción del agua subterránea para riego (Rodríguez y Rodríguez, 1999).

Otro factor que incidió en la baja de producción fue la modificación del ciclo de lluvias, cuyo retiro temprano durante 1997 para las diferentes zonas productoras agrícolas, afectó las siembras de cultivos como el sorgo, ajonjolí y frijol. Otra característica del fenómeno El Niño fue el adelanto de las lluvias en el año 1998, que originó la pérdida de áreas sembradas de maíz, principalmente en los llanos centro-occidentales y la consecuente reducción de áreas que debían cosecharse en ese lapso en los centrales Majaguas y Portuguesa; y debido al exceso de precipitación y el retraso en la siembra en los llanos occidentales, se dificultó el proceso de establecimiento (Rodríguez y Rodríguez, 1999).

En lo relativo a los impactos en la agricultura en el periodo 1997-1998, dejaron para el sector experiencias y lecciones de gran importancia y demuestran que la explotación agrícola en el país continúa siendo altamente dependiente de las condiciones climáticas, y que el país no ha desarrollado una capacidad técnica para manejar con eficiencia ese tipo de situaciones relacionadas con el fenómeno El Niño (Paredes *et al.* 2016).

En base a las experiencias y a las inquietudes generadas en los diferentes sectores productivos, respecto a la influencia del fenómeno El Niño y La Niña sobre las condiciones ambientales, y considerando que dicha influencia varía de una región a otra, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del fenómeno El Niño y La Niña sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos de precipitación utilizados

Se utilizaron los registros mensuales de precipitación de 5 estaciones climáticas pertenecientes a la red de estaciones climatológicas del Ministerio del Poder popular para Ecosocialismo (MINEC). Los periodos de registro y la ubicación geográfica para las diferentes estaciones bajo estudio se reflejan en el Cuadro 1.

Método de estimación de datos faltantes

Los datos faltantes de la serie de precipitación de las diferentes estaciones se calcularon mediante

el método de rellenado de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas, propuesto por Alfaro y Soley (2008). Este método emplea modelos predictivos autoregresivos conocidos como AR (p), el cual es un modelo lineal que utiliza los valores de p tiempos de muestreo anteriores y posteriores para estimar el valor en un tiempo dado.

El modelo autoregresivo de orden p , $AR(p)$, obedece a la ecuación:

$$y[t] = \phi_1 y[t-1] + \phi_2 y[t-2] + \phi_3 y[t-3] + \dots + \phi_p y[t-p] + x[t] \quad (\text{Ecuación 1})$$

La ecuación indica que la salida y en tiempo t depende de los valores anteriores de ella misma más el valor presente de la innovación x . cuando se modelan señales con este modelo, los coeficientes se ajustan de tal manera que la innovación corresponda a ruido blanco con varianza mínima (Alfaro y Soley, 2008). El filtro predictivo correspondiente es:

$$\hat{y}[t] = \phi_1 y[t-1] + \phi_2 y[t-2] + \phi_3 y[t-3] + \dots + \phi_p y[t-p] \quad (\text{Ecuación 2})$$

Las regresiones (y_i) se calcularon de tal forma que el error total de pronóstico (Ecuación 5) se minimizara, con p valores hacia atrás (Ecuación 3) y p valores hacia adelante (Ecuación 4).

$$\hat{y}[t] = \phi_1 y[t-1] + \phi_2 y[t-2] + \phi_3 y[t-3] + \dots + \phi_p y[t-p] \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\hat{y}[t] = \phi_1 y[t+1] + \phi_2 y[t+2] + \phi_3 y[t+3] + \dots + \phi_p y[t+p] \quad (\text{Ecuación 4})$$

El error total de pronóstico es:

$$\text{error} = 1/nt \sum_{t=p+1}^{t=nt} (y[t] - by[t])^2 + 1/nt \sum_{t=p}^{t=n} \dots \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

D_c : vector columna creciente (1...N) conformado con p valores hacia delante.

D_p : vector columna decreciente (1...N) conformado con p valores hacia atrás.

p : orden del filtro predictivo

Para calcular los vectores columna se tomó el mismo número de datos de forma creciente (D_c) y decreciente (D_p) a partir del dato faltante, con los vectores columna se calcularon las regresiones creciente (Ecuación 4) y decreciente (Ecuación 3) a través del programa Microsoft Excel ®

Cuadro 1. Coordenadas geográficas y años de registro de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona alta del estado Monagas, Venezuela.

Estación	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Periodo de Registro	Extensión del registro (años)
El Guamo	Acosta	10° 04'50" N	63° 39'10" W	435	1971– 2007	37
Caripe	Caripe	10° 09'45" N	63° 31'00" W	960	1950–2007	58
La Pinta	Cedeño	09° 55'10" N	63° 51'50" W	440	1968–2007	40
Aparicio	Piar	10° 00'30" N	63° 33'35" W	300	1971–2007	37
Aragua de Maturín	Piar	09° 58'10" N	63° 28'10" W	242	1968–2007	40

tomando el valor mayor de R^2 de las gráficas obtenidas de dichos vectores. El valor de las dos regresiones se sumó y se dividió entre dos y el valor resultante se colocó como dato estimado del faltante.

Criterio utilizado para la consideración de los años en los distintos escenarios

Para la agrupación de los años según el evento, se utilizó la información sobre los años en que ocurrieron los eventos ENOS (fase cálida y fase fría) de la base de datos del Golden Gate Weather Services (GGWS, 2010) de los Estados Unidos, la cual se fundamenta en una lista de consenso a partir de cuatro listas originales de los siguientes organismos: Western Region Climate Center (WRCC), Climate Diagnostics Center (CDC), Climate Prediction Center (CPC) y Multivariate ENSO Index from Climate Diagnostics Center (MEICDC). La lista definitiva de los años El Niño, La Niña y Sin evento, se realizó mediante la comparación de la lista de consenso con cada una de las listas derivadas de los organismos, teniéndose como criterio que para que un año fuera considerado algunos de los escenarios, debía aparecer en tres o más listas mencionadas (Cuadro 2).

Análisis estadístico de las precipitaciones

La precipitación se analizó por separado para los tres casos (Sin evento, El Niño, La Niña), en cada una de las estaciones bajo estudio. A todos

los datos se les aplicó la prueba de normalidad de Wilk-Shapiro, con una probabilidad del 95%. Se determinaron las medidas de tendencia central: Media, Mediana, Moda; las medidas de dispersión como son: el Coeficiente de Variación, Desviación Estándar y Varianza.

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 y se aplicó la prueba de promedio de rangos múltiples de Duncan, con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0, considerando a cada uno de los eventos (El Niño, La Niña y Sin evento), como tratamiento y el número de años en que se presentaron los mismos como las repeticiones.

RESULTADOS

Estación El Guamo

Para el periodo de 1971 a 2007, el promedio anual de precipitación (PAP) fue de 1055,1 mm, con un régimen que tiende a ser unimodal para El Niño y Sin evento. Se alcanzó el pico más alto en el mes de Julio con 192,8 mm y de 157,1 mm para los años Sin evento y El Niño, respectivamente; mientras que, en La Niña se observó un régimen bimodal que presentó dos picos bien definidos y cercanos entre sí, el primero en el mes agosto con 144,7 mm y el segundo en octubre con 122,3 mm (Figura 1A).

El análisis estadístico de los totales de acuerdo a los eventos, mostró diferencias significativas

Cuadro 2. Clasificación de los años El Niño, La Niña y Sin evento según la base de datos del Golden Gate Weather Services, EE.UU (GGWS, 2010).

Años	Evento	Años	Evento	Años	Evento	Años	Evento
1950	La Niña	1965	El Niño	1980	Sin evento	1995	Sin evento
1951	Sin evento	1966	Sin evento	1981	Sin evento	1996	Sin evento
1952	Sin evento	1967	Sin evento	1982	El Niño	1997	El Niño
1953	Sin evento	1968	Sin evento	1983	El Niño	1998	El Niño
1954	Sin evento	1969	Sin evento	1984	Sin evento	1999	La Niña
1955	La Niña	1970	La Niña	1985	Sin evento	2000	La Niña
1956	La Niña	1971	La Niña	1986	Sin evento	2001	La Niña
1957	El Niño	1972	El Niño	1987	El Niño	2002	El Niño
1958	Sin evento	1973	La Niña	1988	La Niña	2003	El Niño
1959	Sin evento	1974	La Niña	1989	La Niña	2004	El Niño
1960	Sin evento	1975	La Niña	1990	Sin evento	2005	Sin evento
1961	Sin evento	1976	La Niña	1991	El Niño	2006	El Niño
1962	Sin evento	1977	Sin evento	1992	El Niño	2007	La Niña
1963	Sin evento	1978	Sin evento	1993	El Niño	2008	La Niña
1964	La Niña	1979	Sin evento	1994	El Niño	2009	El Niño

entre los escenarios, arrojando que en los años Sin evento la precipitación fue mayor que en los años donde se presentó el fenómeno La Niña, mientras que los años El Niño tuvo un comportamiento intermedio entre ambos escenarios (Cuadro 3).

El análisis de las temporadas lluviosa (mayo-diciembre) mostró una tendencia similar a la precipitación total, con una tendencia hacia la disminución de la precipitación en ambos eventos con una mayor proporción en La Niña, con -17,6%, y El Niño con -8,5%. En el análisis mensual se observaron diferencias significativas para los meses mayo y julio, en donde El Niño y Sin evento fueron estadísticamente superiores a La Niña (Figura 1A).

Durante la temporada seca (enero – abril) no se observaron diferencias estadísticas entre los distintos escenarios, ni en los totales de la temporada ni entre los meses involucrados. Se observó una tendencia hacia la disminución de aproximadamente el 12% de la precipitación en los eventos El Niño y La Niña, respecto al total de los meses Sin evento.

Estación Caripe

Para el periodo 1950 a 2007 el PAP fue de 1224,3 mm, con una tendencia de la distribución en forma unimodal para El Niño y Sin evento, que alcanzó el pico más alto en el mes de Julio con 184,1 mm y de 165,8 mm para los años Sin evento y El Niño, respectivamente; mientras que en La Niña se observaron dos picos bien marcados y cercanos entre sí, el primero en

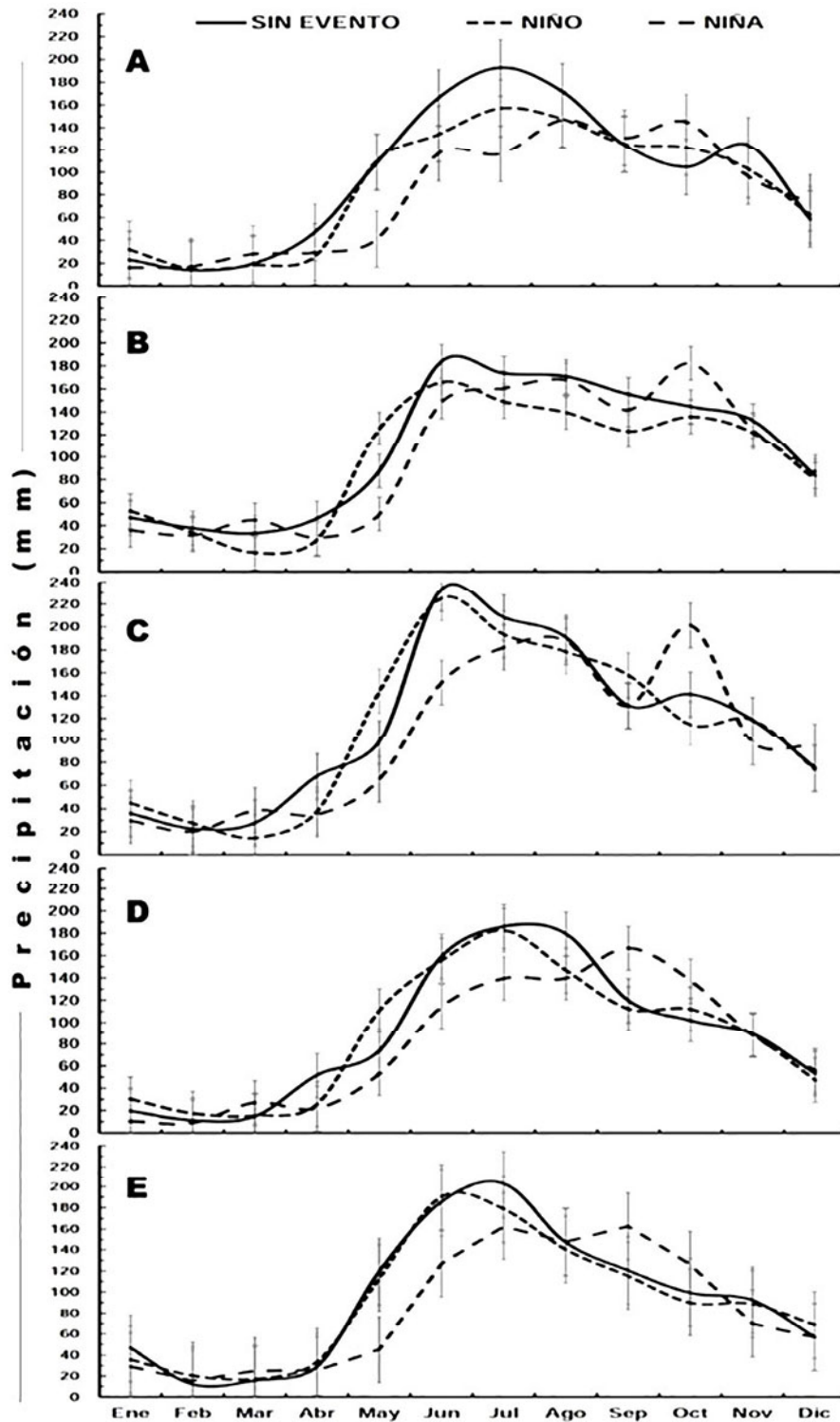


Figura 1. Comparación del régimen pluviométrico mensual de acuerdo a los eventos El Niño, La Niña y Sin evento en cinco estaciones del piedemonte y zona alta del estado Monagas, Venezuela. A) El Guamo B) Caripe C) La Pinta D) Aparicio E) Aragua de Maturín. (Barras de error corresponden al valor crítico de la prueba de Duncan al 5% P).

Cuadro 3. Prueba de promedios (Duncan $\leq 0,05$) de la precipitación anual total de la época seca y de la época lluviosa de acuerdo a los eventos El Niño, La Niña y Sin evento, en cinco estaciones del piedemonte y zona alta del estado Monagas, Venezuela.

Fases del fenómeno ENOS	Variable	Estación				
		El Guamo (M. Acosta)	Caripe (M. Caripe)	La Pinta (M. Cedeño)	Aparicio (M. Piar)	Aragua (M. Piar)
Sin evento	Periodo(años)	12	26	14	12	14
	Total Anual(mm)	1155,4 A	1215,9A	1351,7 A	1113,9 A	1128,0 A
	Época seca(mm)	103,8a	168,0a	154,1 a	101,5 a	103,4a
	Época lluviosa(mm)	1051,6a	1047,9a	1197,6a	1012,4 a	1024,5a
El Niño	Periodo(años)	14	16	14	14	14
	Total anual (mm)	1053,0 AB	1275,8A	1330,1 A	985,9A	1093,2 A
	Época seca(mm)	91,2a	132,2 a	124,5 a	83,4 a	107,2 a
	Época lluviosa(mm)	961,8ab	1143,6 a	1205,5a	902,4a	985,1a
La Niña	Periodo(años)	11	16	12	11	12
	Total Anual(mm)	956,9 B	1241,1 A	1234,1 A	961,9 A	992,6 A
	Época seca(mm)	90,8a	151,6 a	122,9a	68,1a	95,1 a
	Época lluviosa(mm)	866,1b	1089,5a	1111,2a	893,7a	897,5a

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales.

agosto (167,7 mm) y segundo en octubre (182,3 mm), correspondiente a un régimen bimodal (Figura 1B).

No se encontraron diferencias estadísticas para los totales anuales en los distintos escenarios, ni en los totales de las temporadas seca y lluviosa; sin embargo, se observó la tendencia hacia la disminución de la precipitación en ambos eventos. En el caso de El Niño presentó una mayor amplitud entre valores mínimos y máximos de precipitación entre épocas que La Niña (Cuadro 3).

El análisis estadístico de los datos de precipitación, mes a mes, indicó diferencias significativas para el mes de Mayo; durante El Niño la precipitación fue estadísticamente superior a los años Sin evento, y estos a su vez fueron superiores a los años de La Niña, mientras que en el mes de octubre la precipitación en el episodio de La Niña fue superior a los otros eventos, que fueron iguales entre sí (Figura 1B).

Estación La Pinta

Para el periodo 1968 a 2007 el PAP fue de 1305,3 mm con una tendencia en la distribución de la precipitación de forma unimodal para El Niño y Sin evento, alcanzando el pico más alto en junio con 233,6 mm y 225,1 mm para los años Sin evento y El Niño respectivamente, mientras que en La Niña observó una tendencia bimodal, presentando dos picos bien definidos y cercanos, el primero en el mes Agosto con 187,6 mm y el otro en octubre con 201,3 mm, con diferencias significativas (Figura 1C).

El análisis de los totales anuales, de la temporada seca y de la temporada lluviosa en los distintos escenarios no arrojó diferencias estadísticas. En la temporada seca se obtuvo una disminución porcentual para El Niño de -19,2%, y para La Niña de -20,3%, con respecto a la condición Sin evento, mientras que en la temporada lluviosa se observó una disminución de -7,2%.

En la comparación mensual de las precipitaciones se detectaron diferencias significativas para los meses mayo, junio y octubre. En mayo, durante La Niña la precipitación fue menor con relación a El Niño pero similar a los años Sin evento, en junio la precipitación durante La Niña fue menor con relación a El Niño y los años Sin evento, mientras que en el mes de octubre, durante La Niña la precipitación fue mayor que en El Niño y los años Sin evento (Figura 1C).

Estación Aparicio

Para el periodo 1971 a 2007 el PAP fue de 1021,2 mm distribuidos en forma unimodal, el pico de precipitación se presentó en el mes de Julio para El Niño (182,5 mm) y los años Sin evento (186,0 mm), mientras que para La Niña se presentó en septiembre (166,6 mm). No se encontraron diferencias estadísticas entre los distintos escenarios en cuanto a precipitaciones anuales ni en las precipitaciones de las temporadas seca y lluviosa. En la temporada seca se observó la tendencia hacia la disminución de la precipitación en ambos eventos con una marcada proporción en La Niña con -29,9%, y de -8,5% para El Niño. En la temporada de lluvia la disminución en mayor proporción fue para los años de La Niña con -7,0% (Cuadro 3).

En el análisis mensual se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el mes de mayo, evidenciando que en el episodio La Niña la precipitación fue menor que en El Niño pero igual a los años Sin evento, durante el mes de junio fue inferior a ambos escenarios, mientras que en el mes de septiembre fue superior a la condición de El Niño y Sin evento (Figura 1D). Estación Aragua de Maturín

Para el periodo de 1968 a 2007 el PAP fue de 1070,9 mm, con una tendencia de la distribución en forma unimodal para El Niño y Sin evento, alcanzando el pico más alto en el mes de junio para el Niño con 190,3 mm y de 202,8 mm en el mes de Julio para los años Sin evento. Durante los años de La Niña también se observó una tendencia unimodal, presentando dos picos poco pronunciados y muy cercanos, el primero en el mes julio con 162,3 mm y el segundo en septiembre con 162,5 mm (Figura 1E).

No se encontraron diferencias estadísticas para la precipitación total anual, ni para la precipitación

de las temporadas seca y lluviosa en los distintos escenarios; sin embargo, se observó la tendencia hacia una leve disminución de la precipitación en ambos eventos, presentando La Niña una mayor proporción que El Niño (Cuadro 3).

El comportamiento mensual de las precipitaciones reveló diferencias estadísticas entre los escenarios en los meses de mayo y junio, donde los años de El Niño y Sin evento fueron iguales entre sí y superiores a los años de La Niña, lo cual se invirtió en el mes de septiembre, donde La Niña fue superior a los años de El Niño y Sin evento.

En el Cuadro 4 se presenta un resumen de la precipitación anual observada y porcentaje de variación en las diferentes estaciones bajo estudio con relación al fenómeno ENOS.

DISCUSIÓN

Al calcular el promedio general de la variación de las precipitaciones en las cinco estaciones, se observó que en los años de El Niño hubo una tendencia hacia la disminución, mostrando un promedio menor con relación a los años sin evento de -5,0%. Para los años de La Niña la tendencia en las cinco estaciones fue también hacia la disminución de la precipitación, con un promedio general de -10,8% respecto a los años en que no se presentaron eventos.

Así mismo se observó, que en las cuatro estaciones los años Niño fueron menos secos que los años Niña, la estación Caripe fue en donde los años Niño se tornaron más secos, este comportamiento diferente frente a las otras estaciones podría atribuirse a la altitud u otros factores orográficos que también podrían incidir en el comportamiento de las precipitaciones en presencia de El Niño y La Niña.

En cuanto a las temporadas seca y lluviosa, el análisis indicó que, en términos generales, las dos temporadas se tornan influenciadas bajo la presencia del fenómeno ENOS, con una mayor proporción en la temporada seca.

El análisis de la temporada seca en las 5 estaciones mostró una variación promedio para El Niño de -11,3 %, y La Niña de -16,9%, con respecto a la condición Sin evento, mostrando que los años La Niña resultaron ser más secos

Cuadro 4. Precipitación anual promedio y porcentaje de variación con relación al fenómeno ENOS en las diferentes estaciones estudiadas, estado Monagas, Venezuela (Periodo 1950-2007).

Estación	Condición	Precipitación (mm)	Variación (%)
El Guamo	Sin evento	1155,38	-
	El Niño	1052,96	-8,86
	La Niña	956,91	-17,18
Caripe	Sin evento	1296,88	-
	El Niño	1171,13	-9,70%
	La Niña	1204,81	-7,10%
La Pinta	Sin evento	1351,73	-
	El Niño	1330,09	-1,60
	La Niña	1234,10	-8,70
Aparicio	Sin evento	1058,54	-
	El Niño	1043,34	-1,44
	La Niña	961,88	-9,13
Aragua de Maturín	Sin evento	1127,95	-
	El Niño	1092,23	-3,17
	La Niña	992,62	-12

que los años El Niño en la mayoría de las estaciones, exceptuando la estación Caripe y Aragua de Maturín. En Caripe los años El Niño resultaron ser más secos que La Niña, mientras que en Aragua de Maturín el comportamiento fue inverso: para el Niño se observó un aumento en las precipitaciones, mientras que para La Niña se presentó una disminución. Posiblemente la posición geográfica juegue un papel muy importante en el manifiesto del tipo de evento en estas dos zonas.

En la temporada de lluvia la variación promedio de las precipitaciones es hacia la disminución, para el Niño es de -4,1% y La Niña de -10,1%. En la mayoría de las estaciones los años La Niña resultaron ser más secos que los Niño, exceptuando las estaciones Caripe y La Pinta. En Caripe, El Niño parece favorecer una tendencia mayor hacia la disminución que La Niña, mientras que en la Pinta el comportamiento de los fenómenos fue opuesto, en La Niña se

observó una tendencia hacia la disminución y para El Niño fue hacia el aumento.

El análisis estadístico de los datos mensuales indicó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la cantidad de precipitación en el mes de mayo en las cinco estaciones. En el Guamo y en Aragua de Maturín, la precipitación en los años El Niño fue inferior a los años Sin evento pero superior a los años La Niña. En Caripe, La Pinta y Aparicio, la precipitación en los años La Niña fue inferior con respecto a los años sin evento y El Niño.

También se detectaron diferencias estadísticas en el mes de julio y octubre en las estaciones el Guamo y la Pinta, respectivamente. Las variaciones muestran que para las dos estaciones la diferencia se presenta en los años La Niña con relación a los años Sin evento y El Niño, con la diferencia que en el Guamo, la precipitación en los años La Niña fue inferior y en La Pinta fue superior con respecto a los años Sin

evento y El Niño. Sin embargo, estos resultados no muestran un comportamiento claramente definido, lo cual impide formular generalidades acerca del comportamiento mensual de las precipitaciones en la zona ante la presencia del fenómeno ENOS.

Cabe destacar que López (2012) encontró una disminución de la cantidad de agua precipitada durante la temporada de lluvia en los años de El Niño y menor precipitación en los años La Niña, lo cual tiende a acentuarse bajo las condiciones de Bosque Seco Tropical de los municipios Maturín y Aguasay del estado Monagas.

En cuanto a la distribución de las precipitaciones, se observó para todas las estaciones un régimen unimodal durante los años normales y Niño, presentando el pico más alto en el mes de junio y julio, con la característica de que el pico de precipitación de los años El Niño fue inferior al de los años Sin evento, mientras que en los años de ocurrencia de eventos La Niña, se observó una posible alteración en el tipo de régimen convirtiéndose en bimodal en todas las estaciones, exceptuando la estación Aparicio, en donde se exhibe dos picos bien definidos y cercanos presentándose unos meses después, en relación a los años normales, lo que representa una variación de las condiciones normales durante los años La Niña.

Las precipitaciones en Venezuela, ante la presencia de las diferentes fases del ENOS (El Niño y La Niña) tienden a ser inferiores a la media para los años El Niño, mientras que para La Niña se genera un incremento respecto al promedio de los años Sin evento (Martelo 2004; Ropelewsky y Halpert 1987; OPS 2000).

Resultados obtenidos en diversos estudios muestran que las diferentes fases del ENOS no afectan de manera similar a todo el territorio nacional.

Bautista *et al.* (1999) señalan que en la zona Sur y Oeste de la región del lago de Maracaibo, las precipitaciones tienden a ser inferiores en el Niño y superiores en La Niña con respecto a los años normales (Sin evento). En la Cuenca del Río Yacambú y la Depresión de Quíbor en el estado Lara, Pierre y Tirado (2007) reportan un aumento (3,10%) en El Niño y un déficit (-11,24%) en La Niña. En el Rodeo, estado Yaracuy, Monasterio *et al.* (2010) indican una tendencia

al aumento durante El Niño y una tendencia hacia la disminución durante La Niña. En la región Centroccidental, Lozada (2002) señala anomalías negativas (promedios por debajo al de los años Sin evento) para El Niño, mientras que para La Niña no se observa un patrón categórico definido.

Paredes *et al.* (2016) reportaron que las sequías de gran cobertura y larga duración (> 4 meses), ocurren fuera de la temporada lluviosa y muestran mayor intensidad en el centro-oeste del territorio venezolano.

Asimismo destacan que estos periodos están asociados a episodios El Niño y aguas cálidas en el Atlántico Norte, mientras que las sequías que suceden en la temporada de lluvias coinciden con cambios a gran escala en los patrones de presión a nivel del mar, contenido de humedad atmosférica y velocidad vertical en la tropósfera media, y la intensificación y el debilitamiento de las corrientes de aire en ciertas regiones de la baja y la alta tropósfera.

Estas sequías gran cobertura y larga duración suelen coincidir con episodios La Niña y aguas persistentes frías en el Atlántico Norte. Además, las condiciones secas de gran cobertura y de duración menor a 4 meses son más frecuentes durante episodios El Niño y la ocurrencia de aguas persistentemente frías en el Atlántico Norte.

Por su parte, Cárdenas *et al.* (2007) indican un déficit de precipitaciones para El Niño y un exceso para La Niña en la región de Guayana. Para el estado Monagas, López (2012) determinó que durante los años El Niño y La Niña, en la mayoría de las estaciones, las precipitaciones fueron inferiores respecto a la media de los años Sin evento, mostrando un comportamiento similar a los obtenidos en este trabajo. En este sentido, el comportamiento de las precipitaciones en el estado Monagas muestra un patrón diferente al reportado en forma general para el clima mundial por el efecto del ENOS.

CONCLUSIONES

Las precipitaciones en todas las estaciones bajo estudio fueron inferiores durante la presencia de años El Niño y La Niña con respecto a la media de los años Sin evento. Durante los años El Niño

se mantiene el régimen característico unimodal de los años normales, mientras que en los años La Niña se observó una posible alteración en el tipo de régimen convirtiéndose en bimodal, lo que representa una variación de las condiciones típicas de la zona.

Los años El Niño tienden a ser menos secos que los años La Niña, excepto en la estación Caripe donde los años La Niña resultaron menos secos que los años El Niño, lo que se atribuyó a la altitud y a los factores orográficos que inciden en el comportamiento local de las precipitaciones en presencia del ENOS.

El comportamiento de las precipitaciones no presentó un patrón claramente definido. Las temporadas secas y lluviosas mostraron tendencias hacia la reducción de la cantidad de precipitación bajo la presencia de condiciones El Niño y La Niña, siendo la temporada seca la que presentó mayor disminución.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, E; Soley, J. 2009. Descripción de dos métodos de rellenado de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones* 16(1):60-75.
- Bautista, S.; Morales, J; Romero, E. 1999. Influencia de "El Niño" sobre el régimen pluviométrico de la cuenca del lago de Maracaibo. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. *Revista Técnica Ingeniería Universidad del Zulia* 22(2):118-127.
- Cárdenas, P; Martelo, M; García, L; Gil A. 2003. Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur en Venezuela, parte II. Caracas-Venezuela. Corporación Andina de Fomento. 208 p.
- CAF (Corporación Andina de Fomento, Venezuela). 2000. Las lecciones de El Niño, Venezuela. Memorias del fenómeno El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la Región Andina (en línea). Consultado 11 dic.2012. Disponible en: www.publicaciones.caf.com/media/1288/112.pdf
- Gil-Marín, J; Lozada, B; López, N; Márquez, L; Salazar, M. 2012. Evidencias de la variabilidad y cambios climáticos en Maturín, estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(2):389-399.
- GGWS (Golden Gate Weather Services, USA). 2010. El Niño and La Niña Years: A Consensus List (en línea). Consultado 10 dic. 2012]. Disponible en: <http://ggweather.com/enso/years.htm>
- López, N. 2012. Influencia de episodios El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) sobre la precipitación en el estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(2):400-406. 2012
- Lozada, B. 2002. Estudio de la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en la precipitación de la región Centro-Occidental de Venezuela. *Revista Brasileira de Agrometeorología* 10(2):317-322.
- Martelo, M. 2004. Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología – Dirección General de Cuencas Hidrográficas – MARN. 25 p.
- Monasterio, P; Pierre, F; Barreto, T; Marín, C; Mora, O; Tablante, J; Maturet, W; Mendoza, C. 2010. Influencia del fenómeno El Niño/oscilación del Sur sobre la precipitación y rendimiento del cultivo de Maíz en el municipio Peña, Estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical* 61(1):59-72.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud, Venezuela). 2000. Crónicas de desastres Fenómeno El Niño, 1997 – 1998 (en línea). Consultado 22 feb. 2013. Disponible en:<http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/eInino/EINino-intro.pdf>
- Paredes, F; La Cruz, F; Guevara, E. (2014). Análisis regional de frecuencia de las sequías meteorológicas en la principal región cerealera de Venezuela. *Bioagro* 26(1):21-28.
- Paredes-Trejo, F; Barbosa, H; Moreno-Pizani, M; Farías-Ramírez, A. 2018. Influencia

- de las sequías sobre el régimen hídrico de los ríos en Venezuela. En: Rodríguez-Olarte, D. (Editor). Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 2. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela. Capítulo 9:171-184
- Pierre, F; Tirado, M. 2007. Influencia del ENOS sobre la precipitación en la cuenca del río Yacambú y la depresión de Quíbor, estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 19(1):41-52.
- Puche, M; Silva, O; Warnock, R; García, V. 2005. Evaluación del efecto del cambio climático sobre cultivos anuales en Venezuela. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Caracas. Cap. 5:82-87.
- Rodríguez, P; Rodríguez, G. 1999. Impacto de El Niño en las zonas agrícolas de Venezuela. Caracas - Venezuela. En: Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la Región Andina. Volumen VI: Venezuela. 239 p.
- Rojas, M; Saavedra, H; Márquez, J; Torres A. 2010. Análisis e incidencias de la variabilidad climática en las áreas de plantación de pino caribe al Sur de los Estados Monagas y Anzoátegui. Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, Vol. 51(2):249-268.
- Ropelewsky, C; Halpert, M. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* 115:1606-1626.