

# Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado

## *Study of Meteorological Drought in the Venezuelan Plains using the Standardized Precipitation Index*

Barlin Orlando Olivares<sup>1</sup>, Adriana Cortez<sup>2</sup>, Deyanira Lobo<sup>3</sup>, Raquel Mayela Parra<sup>4</sup>, Juan C. Rey B<sup>2,3</sup> y María F. Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigador. Doctorando del Programa Iberoamericano de Doctores en Agroalimentación de la Universidad de Córdoba (UCO), España. <sup>2</sup> INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Laboratorio de sistemas de Información en Recursos Agroecológicos, Aragua, Venezuela. <sup>3</sup> Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología, Aragua, Venezuela. <sup>4</sup> Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería Agrícola, Aragua, Venezuela.

barlinolivares@gmail.com.

**Resumen:** La sequía meteorológica representa un riesgo insidioso de la naturaleza que puede generar severas consecuencias negativas en los diversos sectores productivos y económicos de una región o país, siendo capaz de alterar drásticamente el desarrollo social y las actividades humanas, así como el medio ambiente. Bajo este razonamiento, el estudio de la situación actual de la sequía es la base sólida para la formulación de estrategias de adaptación y mitigación. El objetivo de este trabajo fue estudiar la sequía meteorológica en diferentes localidades de los llanos venezolanos tomando como base la información de precipitación de tres estaciones de la red de estaciones agrometeorológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) ubicadas en los estados Anzoátegui, Guárico y Portuguesa, usando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el cual permitió identificar y describir este fenómeno, precisando su intensidad, duración, magnitud y frecuencia de ocurrencia. De acuerdo a los valores de SPI reportados existe el fenómeno de la sequía meteorológica, mostrando variaciones temporales de la intensidad y magnitud. La magnitud máxima más relevante fue la registrada en El Tigre con 10,15 durante el año 2014. El evento de sequía ocurrido desde inicios del periodo pre-húmedo (abril) del 2001 a inicios (febrero y marzo) de 2002, constituye uno de los más intensos que se haya conocido en la mayoría del territorio nacional a lo largo del registro histórico.

**Palabras clave:** variabilidad climática, escasez, precipitación, agricultura

**Abstract:** Meteorological drought is an insidious hazard of nature that can cause severe negative consequences in the various productive and economic sectors in a region or country, being able to drastically alter the social development and human activities, as well as the environment. Under this reasoning, the study of the current situation of drought is the solid foundation for developing adaptation and mitigation strategies. The objective of this work was to study the meteorological drought in different locations of the Venezuelan planes based on information from three stations of the network weather stations of the National Institute for Agricultural Research (INIA) located in Anzoátegui, Guárico and Portuguesa states, by Standardized Precipitation Index (SPI), which allowed us to identify and describe this phenomenon, including its intensity, duration, magnitude and frequency of occurrence. According to SPI values reported there is the phenomenon of meteorological drought, showing temporal variations of the intensity and magnitude. The most relevant maximum magnitude was recorded in El Tigre with 10.15 during 2014. The drought event occurred since the beginning of pre-wet period (April) 2001 at the beginning (February and March) 2002, is one of the most intense ever known in most of the country along the historical record.

**Keywords:** climatic variability, shortages, rain, agriculture

## 1 Introducción

Hoy en día, la variabilidad climática y el cambio climático están generando fuertes impactos en la agricultura y las comunidades rurales que subsisten de estas actividades, poniendo en riesgo la soberanía alimentaria y la sostenibilidad de la población rural a nivel mundial, especialmente en países en desarrollo. Dichos cambios en el clima son eventos potencialmente destructivos y con consecuencias catastróficas para la humanidad y los ecosistemas. Para el caso de Latinoamérica, estudios revelan que la agricultura probablemente será severamente afectada, con disminuciones importantes en los rendimientos (IPCC, 2001; Rahman y Westley, 2002; Carvajal, 2010; Carvajal y Quintero, 2010).

La sequía es considerada por expertos como uno de los eventos climáticos más complejos y poco comprendido a nivel mundial, debido principalmente a su característica de extenderse de forma irregular en el tiempo y espacio, a diferencia de otras desastres naturales (Wilhite, 2000; Nuñez, 2013; Ortega-Gaucin y Velasco, 2013).

En la literatura se reconoce que las sequías presentan tres rasgos que la distinguen: la intensidad, asociada al déficit de precipitación y la gravedad de los efectos; la duración, en el que este fenómeno puede sobrevenir rápidamente en algunos regímenes climáticos pero, por lo general, las sequías tardan como mínimo dos o tres meses en hacerse patentes. Una vez iniciada, ésta puede durar meses o años; y por último la extensión, debido a que las áreas afectadas por sequías graves evolucionan de manera gradual y las regiones de máxima intensidad, como los

epicentros, cambian de una estación a otra y de año en año cuando las sequías persisten lo suficiente.

De acuerdo a los aportes de la Primera Comunicación en Cambio Climático de Venezuela (MARN, 2005) se indica que la ocurrencia de eventos de sequía se incrementarían debido a los cambios climáticos, producto del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero causado por las actividades humanas. Dentro de los efectos del cambio climático, se encuentra el incremento de la temperatura del aire y la disminución de la precipitación.

El progreso en las investigaciones representadas por el estudio del fenómeno de sequía: causas, consecuencias, estrategias de evaluación y mitigación, entre otros temas, resultan insuficientes para encontrar los mecanismos adecuados para prevenir, planear y mitigar los efectos de ésta en la nación. El análisis precedente, refleja que aunque existen instituciones nacionales y regionales que abordan el estudio de este fenómeno, es evidente que el avance es desigual y en muchos lugares incipiente o prácticamente nulo.

Desafortunadamente, la poca representatividad de las estaciones climáticas distribuidas en la región de los llanos venezolanos, la inconsistencia en los registros históricos y el reducido historial de información disponible, limitan cualquier intento de análisis sobre los estudios de precipitación en términos de largo plazo; sin embargo, algunos esfuerzos han sido desarrollados con la actual información de las estaciones.

Por las consideraciones expuestas y con la finalidad de confrontar el fenómeno de las sequías meteorológicas en Venezuela, surge la necesidad de caracterizar este fenómeno, obteniendo resultados que coadyuvarán a la identificación de las áreas vulnerables a la sequía en la región en estudio, donde se encuentran las mayores superficies de cultivos de secano en el país.

Adicionalmente, se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, Standardized Precipitation Index), desarrollado por McKee *et al.* (1993), reconocido por su facilidad de uso a diferentes escalas temporales y porque aporta mejores resultados en comparación con otros índices de la sequía. Mediante el uso del SPI, se pueden evaluar diferentes parámetros de las sequías, representados por la intensidad, magnitud, frecuencia, duración y cobertura espacial, resultados que se constituyen en un insumo relevante para la planificación y adaptación de los sistemas agrícolas de las zonas que dependen en gran medida de la precipitación para la ejecución de las labores en campo así como del crecimiento y desarrollo de los cultivos. .

Dentro de este marco de ideas, el presente trabajo tiene como objetivo estudiar la sequía meteorológica en diferentes localidades agrícolas de los llanos venezolanos, utilizando el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), el cual

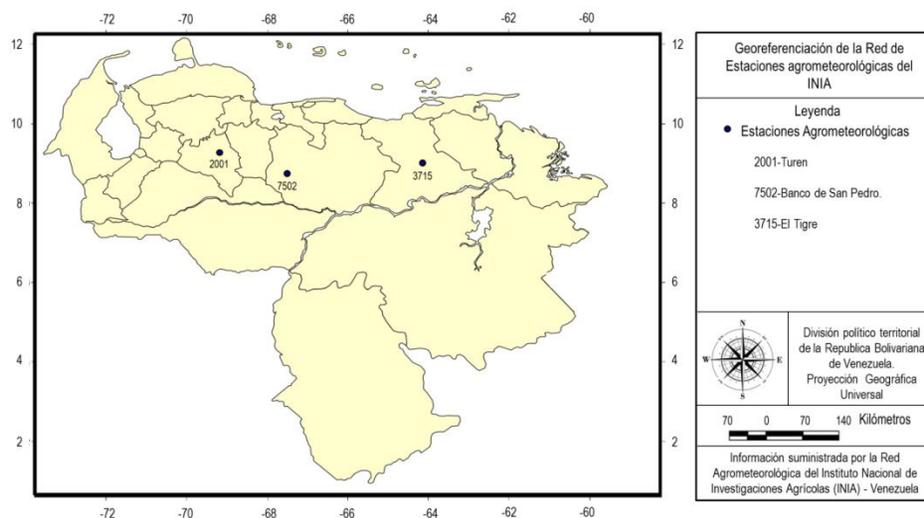
permitirá identificar y describir convenientemente el fenómeno, precisando su inicio, intensidad, duración y magnitud.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio

La Región de los llanos venezolanos está representada por planicies aluviales de topografía uniformemente plana, ubicados desde la Cordillera Andina en el occidente hasta las Bocas del Orinoco en el oriente. Sus alturas oscilan entre los 500 y 200 m.s.n.m. Abarcan una extensión de aproximadamente 25% de la superficie total del país. Posee un clima tropical lluvioso, con una época seca determinada por la Alta Presión del Atlántico y una época de lluvias generada por el avance de la Zona de Convergencia Intertropical (MARN, 2004; 2005).

En esta investigación la unidad de estudio está constituida por tres estaciones: Banco de San Pedro en el estado Guárico, El Tigre en el estado Anzoátegui, y Turén en el estado Portuguesa, las cuales conforman la red de estaciones agrometeorológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), abarcando la región de los Llanos (Figura 1:).



**Figura 1:** Distribución geográfica de la Red de estaciones agrometeorológicas del INIA en la región de los llanos en Venezuela.

La Tabla 1 presenta la información de la metadata básica representada por el serial nacional, el cual es un código asignado por el organismo responsable de la

estación meteorológica, nombre de la estación, fecha de instalación, altitud en m.s.n.m, ubicación en grados, minutos y segundos para obtener la georeferenciación (Latitud y Longitud). Es conveniente señalar que el periodo de años utilizado en este estudio corresponde al indicado desde la fecha de instalación hasta el último año de registro de cada estación agrometeorológica con la finalidad de conocer la variación temporal de los eventos de sequía en el transcurso histórico para esas localidades.

**Tabla 1.** Listado de estaciones agrometeorológicas bajo estudio

| Estación           | Estado     | Serial | Periodo   | Altura<br>m s.n.m. | Latitud<br>dec. | Longitud<br>dec. |
|--------------------|------------|--------|-----------|--------------------|-----------------|------------------|
| Banco de San Pedro | Guárico    | 7502   | 1980-2009 | 120                | 8,4470          |                  |
| El Tigre           | Anzoátegui | 3715   | 1980-2014 | 302                | 8,5146          | -64,1317         |
| Turén              | Portuguesa | 2001   | 1980-2013 | 149                | 9,1558          | -69,0554         |

### 3 Procedimientos aplicados para el control de calidad de datos climáticos

El control de calidad se realizó mediante la determinación de datos faltantes, el cálculo de estadística descriptiva, análisis de concentración y tendencia de series temporales y análisis de dispersión de acuerdo a la metodología propuesta por Parra y Cortez (2005); y los procedimientos estadísticos desarrollados por Ablan *et al.* (2008) y Olivares *et al.* (2013) en estaciones climatológicas a nivel nacional.

**Tabla 2.** Resultados de la aplicación de los procedimientos para el control de calidad de las series de precipitación de las estaciones agrometeorológicas durante el periodo histórico.

| Estación              | Datos                         |                   | Estadística<br>Descriptiva | Nº de series<br>aleatorias | Análisis de<br>dispersión |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                       | Faltantes<br>Mensuales<br>(%) | Datos<br>Extremos |                            |                            |                           |
| Banco de<br>San Pedro | 26                            | Si                | N                          | 9                          | N                         |
| El Tigre              | 1                             | No                | N                          | 12                         | N                         |
| Turén                 | 8                             | Si                | N                          | 9                          | N                         |

Nota: (N: Patrón Normal esperado)

El Tabla 2 presenta un resumen de los procedimientos estadísticos aplicados a las series de precipitación, el principal problema característico lo constituyen los datos faltantes mensuales, afectando la longitud de las series que se quieren analizar. El resto de los procedimientos estadísticos arrojó resultados adecuados dentro de lo esperado.

#### 4 Determinación del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Para la caracterización de la sequía en las áreas bajo estudio, se utilizó el SPI (Mckee *et al.* 1993). Su aplicación requiere únicamente el uso de series históricas de precipitación mensual y ofrece la ventaja de manipular diversas escalas de tiempo, haciendo posible identificar los impactos de la sequía en periodos de corto, mediano y largo plazo; además permite identificar y describir convenientemente el fenómeno, precisando su inicio, intensidad, duración, magnitud y cobertura espacial. Este método admite que la lluvia es el principal factor que define si un período o área determinados son o no deficientes de agua.

Para cada mes se determinó el valor acumulado mensual, obteniéndose así 12 sub-series en cada estación. Se estimaron los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la Distribución de Probabilidad Teórica Gamma (DPTG) asociada a cada una de esas 12 sub-series de precipitación acumulada. La función de densidad de probabilidad de la DPTG está dada por la ecuación 1:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde  $f(x, \alpha, \beta)$  es la función de densidad de probabilidad Gamma,  $x$  es la lluvia acumulada mensual expresada en mm;  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de escala y de forma de la distribución, respectivamente y  $\Gamma$ : Distribución Gamma. Por otra parte, la probabilidad de que el acumulado mensual, en una sub-serie, sea menor o igual al registro existente, se representa como  $F(x)$  y se estima según la ecuación 2:

$$F(x) = \int_0^x f(x, \alpha, \beta) dx \quad (\text{ec. 2})$$

Para estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la ecuación 1, se utilizó la metodología propuesta por Campos (2005), que se resume a continuación: en primer lugar, se calcula para cada sub-serie mensual, una variable auxiliar adimensional ( $A$ ), definida de la siguiente manera (Ecuación 3):

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_1^n \ln(x_i)}{n'} \quad (\text{ec. 3})$$

Donde  $\ln(x_i)$  es el logaritmo neperiano del registro acumulado,  $n'$  representa el número de registros no nulos, y  $\bar{X}$  es la media aritmética de la subserie mensual

expresada en mm. Del paso anterior se obtienen 12 variables auxiliares, A. Posteriormente, la estimación de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de cada sub-serie se realiza aplicando las ecuaciones 4 y 5.

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3}A}}{4A} \quad (\text{ec. 4})$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (\text{ec. 5})$$

Los registros nulos en las sub-series mensuales imposibilitan calcular la variable auxiliar A (el logaritmo neperiano de cero tiende a infinito), por lo tanto se empleó la Función Gamma Mixta (FGM) propuesta por Thom (1971) y Wu *et al.* (2005) como sigue en la ecuación 6:

$$H(x) = q + p F(x) \quad (\text{ec. 6})$$

Donde  $q$  es la probabilidad de que se presente un valor nulo en la sub-serie, ( $p=1-q$ ) es la probabilidad de que no se presente un valor nulo en la sub-serie, y  $H(x)$  es la probabilidad de no excedencia del registro.

Una vez obtenidas las 12 series de probabilidades Gamma, se estimó el valor  $Z$  ó valor de SPI que le corresponde, en una distribución normal estandarizada con media cero y desviación estándar igual a 1.

## 5 Categorización de la intensidad del SPI

McKee *et al.* (1993) utilizaron el sistema de clasificación para definir las distintas intensidades de la sequía según los valores de SPI (Tabla 3). Estas categorías están referidas al fenómeno de la sequía meteorológica (aquellas cuyo valor de SPI es negativo) y por tanto, corresponden a eventos secos coyunturales, mas no constituyen una condición de aridez (Colotti *et al.* 2013)

**Tabla 3.** Clasificación del SPI (Fuente: McKee *et al.*, 1993)

| SPI          | Categoría                       |
|--------------|---------------------------------|
| 2,0 y más    | extremadamente húmedo           |
| 1,5 a 1,99   | muy húmedo                      |
| 1,0 a 1,49   | moderadamente húmedo            |
| -0,99 a 0,99 | normal o aproximadamente normal |
| -1,0 a -1,49 | moderadamente seco              |
| -1,5 a -1,99 | severamente seco                |
| -2 y menos   | extremadamente seco             |

Determinación de la magnitud, duración y frecuencia de ocurrencia de la sequía

Para calcular la magnitud del periodo seco durante un año cualquiera, en una estación determinada, se empleó una variante del método original propuesto por Edwards y Mckee (1997) donde se acumularon los SPI mensuales cuya magnitud era igual o inferior a -1, y cuando el SPI era mayor a -1 se substituyó por un cero. Bajo este enfoque, un valor de SPI >-1 indica una condición normal o húmeda (Ecuación 7)

$$MS = - \sum_{i=1}^{12} SPI_i \quad \text{Sí y sólo sí } SPI_i < 0 \quad (\text{ec. 7})$$

Donde (MS) representa la magnitud de la sequía para el período evaluado, (SPI) es el índice SPI para series de lluvia acumulada mensual. La Tabla 4 muestra las categorías de la magnitud de la sequía.

**Tabla 4.** Magnitud de la sequía (Fuente: Hernández, 2008)

| MS        | Categoría             |
|-----------|-----------------------|
| 0,1 - 0,9 | Normal                |
| 1 - 1,99  | Leve                  |
| 2 - 2,99  | Poco fuerte           |
| 3 - 3,99  | Fuerte                |
| 4 - 4,99  | Muy fuerte            |
| >5        | Extremadamente fuerte |

Según McKee *et al.* (1993) los valores del SPI continuamente negativos alcanzando el valor (-1) o inferior, son considerados una secuencia seca significativa relacionada con la deficiencia suficientemente importante de agua, mientras que los valores positivos se identifican con la categoría normal o húmeda.

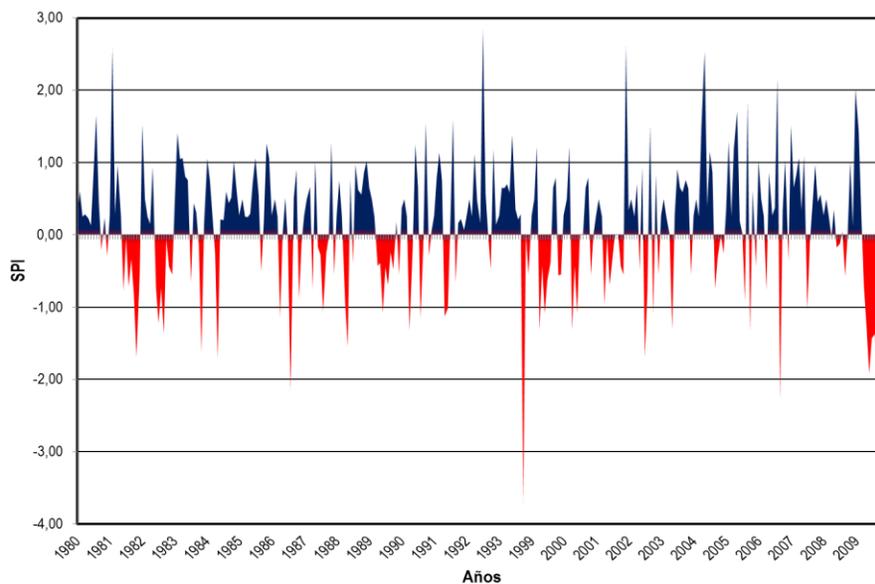
La frecuencia de ocurrencia se determinó mediante el número de casos de sequía que se producen durante un periodo determinado, estableciendo así, la probabilidad empírica de que ocurra una sequía de determinada magnitud. Para la realización de todos los cálculos, se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2013.

## 6 Resultados y Discusión

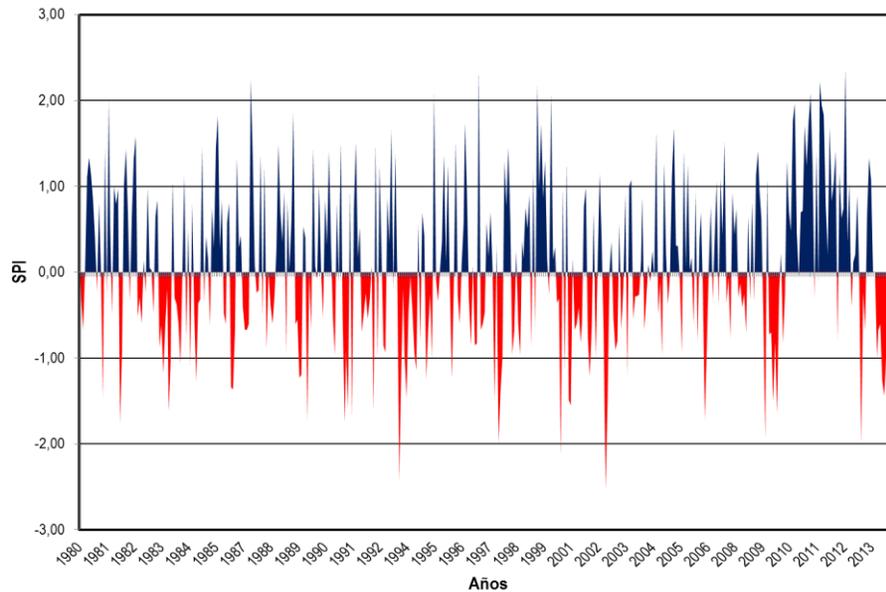
### 6.1 Intensidad de la sequía

La intensidad de la sequía para todo el período de registro en la estación Banco de San Pedro se presenta en la figura 2. En función a la lluvia caída en esta zona se presentaron valores de sequía extrema que representan el 1,31%, mientras que la intensidad severa alcanzó el 2,09%. Al igual que el resto de las estaciones, la intensidad predominante es la moderada, constituida por 7,07% del total de los SPI mensuales evaluados.

El transcurso del SPI mensual para el periodo evaluado en la estación El Tigre, se ve reflejado en la figura 3; predominando la intensidad moderada con un 6,63% del total de SPI mensuales. Los valores de sequía extrema representan el 1,33% y la intensidad severa el 4,36%. Se destaca que los meses en la categoría normales a secos, abarcan desde diciembre a marzo, destacando abril como el mes más seco en algunos años evaluados. Por el contrario los valores del SPI muy húmedos y extremadamente húmedos mayormente se concentran en el trimestre de junio a agosto.



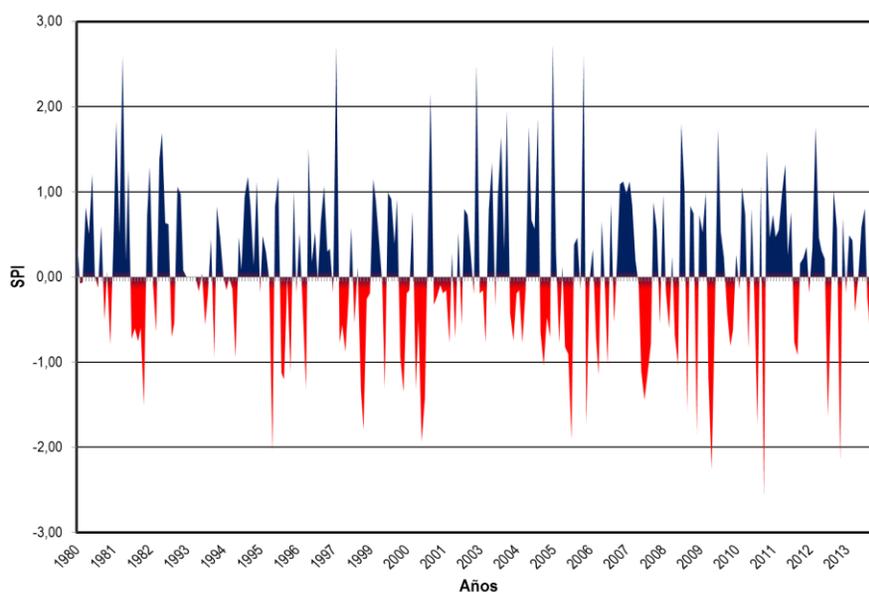
**Figura 2:** Transcurso del SPI mensual para el periodo (1980–2009) en la estación Banco de San Pedro.



**Figura 3:** Transcurso del SPI mensual para el periodo (1980–2014) en la estación El Tigre.

La Figura 4 presenta la intensidad de la sequía en la estación Turén, en la cual se reportaron valores de sequía extrema en un 1,83% del total de SPI mensuales, por su parte, la intensidad severa alcanzó un 3,13% y la intensidad moderada fue de un 7,83% del total de SPI de la serie histórica.

Es interesante indicar que aquellas estaciones agrometeorológicas con mayores valores de intensidad no necesariamente son zonas donde la sequía ocurra frecuentemente. A manera de ejemplo, en una estación determinada pueden haber ocurrido solo 8 sequías en todo el período de registro, pero si esas 8 sequías tuvieron SPI muy bajos, su intensidad estaría ubicada en la categoría de severamente seco (-1,99 a -1,5); mientras que en otra estación pueden haber ocurrido 20 eventos, pero todas ellas de intensidad moderada, de modo que el valor de la intensidad se ubicaría en la categoría de moderadamente seco (-1,49 a -1,0).



**Figura 4:** Transcurso del SPI mensual para el periodo (1980–2013) en la estación Turén.

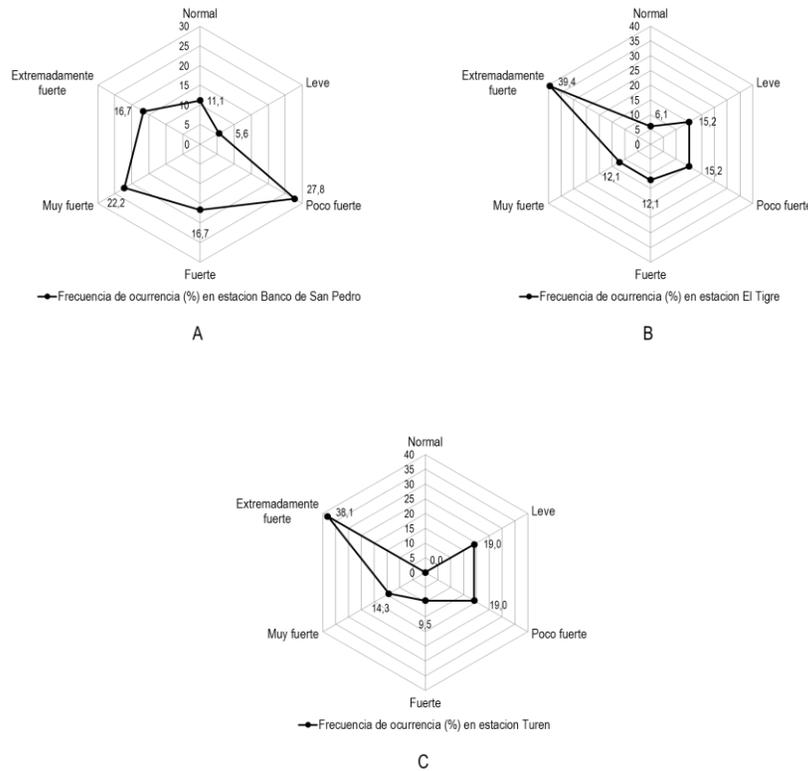
Los resultados de esta investigación coinciden con los reportados por Hernández (2008), quien usó el índice de precipitación estandarizado con agrupación semestral y mensual para caracterizar esta condición en los Llanos Centro Orientales de Venezuela. Del mismo modo, La Cruz *et al.* (2014), establecieron que las zonas del Sur de Anzoátegui, y el Centro de Guárico son las regiones con mayor probabilidad de ocurrencia de años secos en la unidad de estudio constituida por zonas de importancia agrícola de los llanos venezolanos. Las zonas con mayor recurrencia de años secos también concuerdan con las reportadas en el estudio de Paredes *et al.* (2014).

## 6.2 Magnitud de la sequía

Para describir la gravedad de los eventos de sequía según el SPI mensual, se calculó la magnitud de cada una de las sequías detectadas; clasificadas en cinco clases anteriormente señaladas. Por consiguiente, se presentan los gráficos que reflejan su frecuencia de ocurrencia, en otras palabras, para cada clase de magnitud se grafica el riesgo de que se presente una sequía de esa magnitud.

De acuerdo con los resultados de magnitud, predominan las sequías poco fuertes en la estación Banco de San Pedro (Figura 5a), seguidas de las extremadamente fuertes en la estación El Tigre (Figura 5b). Como la Magnitud depende tanto de la duración como de la intensidad, en general las sequías de

magnitud leve y poco fuerte están asociadas a duraciones de una agrupación temporal, (solo un mes) aunque puedan tener una intensidad alta. Asimismo, se determinó una alta proporción de sequías extremadamente fuertes en las estaciones Turén (Figura 5c), la cual presentó 26 eventos de sequías representando el 12,79% del total de SPI mensual.



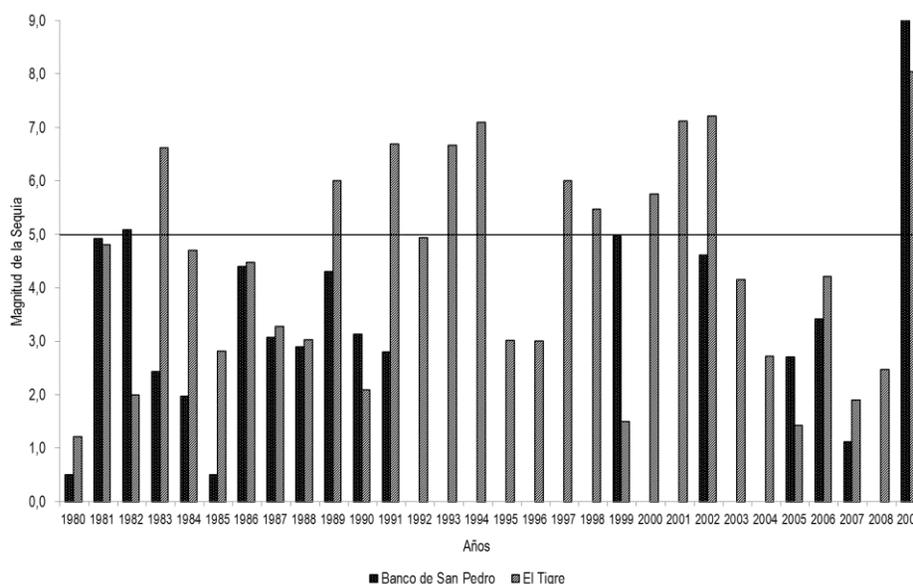
**Figura 5:** Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las clases de magnitudes (SPI mensual) en el período histórico evaluado.

A título ilustrativo, la distribución de las magnitudes de las sequías en las estaciones Banco de San Pedro y El Tigre se presentan en la figura 6, siendo la estación de El Tigre la que mayor número de magnitudes extremadamente fuertes (11 años) en comparación con la estación Banco de San Pedro cuyas magnitudes ubicadas en esta categoría están alrededor de los 2 años. El evento de sequía ocurrido desde inicios del periodo pre-húmedo (abril) del 2001 a inicios (febrero y marzo) de 2002, constituye uno de los más intensos que se haya conocido en la mayoría del territorio nacional a lo largo del registro histórico.

En la región de Los Llanos, se encuentran las unidades de producción de cultivos de secano como maíz, arroz y sorgo, por ello al disminuir o cesar las lluvias durante varios días o meses, se afecta la producción, el mercado de los cereales y sus subproductos, por ende son especialmente vulnerables a la ocurrencia de sequías. El sector agroindustrial utiliza esta materia prima para producir una amplia variedad de alimentos de consumo masivo en el país.

En este sentido, Hernández (2015) indica que la sequía que se inició en el 2013, continuó durante gran parte de la temporada lluviosa 2014. De septiembre a octubre de 2014 hubo un ligero incremento en las precipitaciones que contribuyó a la disminución del déficit en algunas regiones llevándolo del rango extremadamente seco al cercano a lo normal, en noviembre en casi todo el país, y posteriormente en diciembre de 2014 disminuyó considerablemente la sequía, a excepción de la zona costera oriental e insular (Cumaná, Guiria, Porlamar), el Vigía en Mérida, Kavanayen en la Cuenca del Caroní del estado Bolívar.

Hernández (2015) señala que en Septiembre de 2015, las precipitaciones registradas fueron originadas por el pasaje de las ondas tropicales y en segundo orden por una ligera actividad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); sin embargo, las lluvias no alcanzaron valores significativos, ubicándose en gran parte del territorio nacional por debajo de los promedios históricos registrados, lo que provocó anomalías negativas de precipitaciones, es decir, déficit acumulado de precipitación desde abril a septiembre de 2015, que produjeron sequías y afectaron los niveles de algunos embalses, citándose: la región Occidental, con los embalses Tres Ríos, Manuelote y Tulé del estado Zulia, Barrancas y Mapará en el estado Falcón; en la región Central el embalse Canoabo del estado Carabobo, los embalses Guárico y Tierra Blanca del estado Guárico



**Figura 6:** Distribución de las magnitudes de las sequías durante el periodo (1980–2009) para las estaciones Banco de San Pedro y El Tigre.

### 6.3 Duración de las magnitudes máximas de las sequías

La estación Banco de San Pedro presenta uno de los eventos de sequía de mayor magnitud de todas las estaciones bajo estudio, cuya duración fue de cinco meses consecutivos durante el periodo húmedo en el año 2009. También en la estación El Tigre se presentaron dos eventos cuya magnitud en el año 2014 fue de 10,15. Ambas estaciones están ubicadas en la región de los llanos donde en las condiciones de agricultura de secano y las precipitaciones determinan la disponibilidad de agua y el tiempo en el que las plantas pueden abastecerse de ella (Tabla 5).

En función a lo anterior, se indica que Venezuela es uno de los países débilmente afectado por el fenómeno El Niño debido a que el sistema climático tiene una menor dependencia del Océano Pacífico. De acuerdo con estudios realizados por Martelo (2000), Cárdenas *et al.* (2002) y Martelo (2003), se puede afirmar que los eventos El Niño en el país están relacionados con situaciones de sequía e incremento de la temperatura.

**Tabla 5..** Duración de las magnitudes máximas detectadas en las estaciones bajo estudio

| Estación | Magnitud | Duración | Lluvia total |
|----------|----------|----------|--------------|
|----------|----------|----------|--------------|

|                    |       | Periodo         | Año  | anual (mm) |
|--------------------|-------|-----------------|------|------------|
| Banco de San Pedro | 9,11  | May-Sep         | 2009 | 706,0      |
|                    | 10,15 | May-Jun/Ago-Sep | 2014 | 548,2      |
| El Tigre           | 8,05  | May/Sep/Nov     | 2009 | 727,8      |
|                    | 7,22  | Jul-Ago         | 2002 | 763,1      |
| Turén              | 6,19  | Abr/Jun-Jul     | 2000 | 1343,1     |

Durante "El Niño", la región suramericana y Venezuela se afectan de modo diferente. El Niño, Episodio Cálido o "Warm Episode" suele asociarse a sequías y déficit hídrico en América Central, el Caribe y norte-este de Suramérica particularmente en el segundo semestre del año (Córdova Sáez, 2003). Para las economías de los países en desarrollo, generalmente en condiciones de gran inestabilidad estas alteraciones climáticas con frecuencia aumentan el nivel de dificultades y penurias económicas.

En general, entre los problemas asociados a la sequía en el área de influencia de El Tigre estado Anzoátegui, se encuentran la tala o deforestación para la ampliación de áreas para la crianza extensiva de ganado, procesos erosivos asociados a la influencia de lluvias torrenciales y materiales geológicos susceptibles, generando el deterioro de los suelos, debido a las formas tradicionales de producción. También en el área de influencia de Banco de San Pedro predominan los procesos de erosión que provocan la degradación de las tierras, ocasionadas por la deforestación y el establecimiento de cultivos limpios y pastoreo en áreas de pendientes complejas con lluvias intensas y concentradas en cortos períodos de tiempo.

En este sentido, el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Mitigación de la Sequía (MARN, 2004) señala como estrategias el diseño de planes de manejo y conservación de suelos para el uso agrícola en áreas sensibles o críticas, con obligatoriedad para las instituciones que promueven las actividades agrícolas y la participación activa de los productores y de las instituciones de investigación y capacitación.

## 7 Conclusiones

El diagnóstico de los diferentes episodios de sequía de carácter regional identificados desde la década de los años 1980 coincide con los impactos en el sector agropecuario expresados por autoridades científicas y políticas de la época en la prensa escrita venezolana. Los resultados expuestos en este trabajo respecto a las

variaciones observadas en la frecuencia, tendencias de la sequía meteorológica, su intensidad y duración, dejan evidencia el aumentado progresivo de ocurrencia en el período lluvioso durante el período 1980-2014.

Es por ello que esta investigación pretende servir de base de información en las labores de planificación estratégica, dirigidas en el Plan Nacional de Ordenación del Territorio, además de conocer el grado de vulnerabilidad a la sequía y las áreas más críticas en el país, con énfasis en el sector agropecuario y a la población rural que vive de lo poco que producen las tierras.

## 8 Referencias bibliográficas

- [1] Ablan, M., Andressen, R., Vargas, M. P., y Acevedo, M. (2008). Propuesta metodológica para el control de calidad de datos de precipitación. *Agronomía Trop*, 58 (1), 57-60. Recuperado de: [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at5801/pdf/ablan\\_m.pdf](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5801/pdf/ablan_m.pdf)
- [2] Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Editorial Trillas. México, D. F. 320p.
- [3] Cárdenas, P., García, L. F., y Gil, A. (2002). Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur en Venezuela. Caracas: Corporación Andina de Fomento. Recuperado de: [http://www.inameh.gob.ve/documentos/Impacto\\_ENOS\\_ParteI.pdf](http://www.inameh.gob.ve/documentos/Impacto_ENOS_ParteI.pdf)
- [4] Carvajal, E. Y. (2010). Efectos de la variabilidad climática y el cambio climático en la agricultura. Estrategias de mitigación y adaptación para el sector. *Revista Memorias*, 8 (14): 85-102.
- [5] Carvajal, E. Y. y Quintero, M. (2010). Adaptación o Mitigación al cambio climático: consideraciones en el contexto latinoamericano. En: *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 29 (2): 123-132.
- [6] Colotti, E., Cedeño, M., y Montañez, C. (2013). La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela período 1972-2004. *Terra Nueva Etapa*, XXIX (45), 11-53. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/721/72130180002.pdf>
- [7] Córdova Sáez, K; (2003). Impactos socio-ambientales de la variabilidad climática. Las sequías en Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, . 35-51.
- [8] Edwards, D. C., McKee, T.B. (1997). Characteristics of 20th Century drought in the United States at multiple time scales. *Atmospheric Science Paper No. 634. Climatology Report (97-2)*, USA: Colorado State University, Fort. Collins.

- [9] Hernández, R. (2008). *Caracterización de la sequía meteorológica en los climas Árido, Semiárido y Subhúmedo seco en los Llanos Centro Orientales de Venezuela, para el manejo de los recursos hídricos*. Trabajo de Grado. Centro de Investigación y Postgrado. UNEFA-CIP. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada, Maracay, Venezuela.
- [10] Hernández, R. (2015). Caracterización espacial de la sequía meteorológica (SPI) a nivel semestral noviembre 2014 hasta septiembre 2015, para el territorio nacional. Baruta: INAMEH
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate change*. Cambridge. US. Cambridge University Press. 1005 p.
- [12] La Cruz, F., Guevara, E., y Paredes, F. (2014). Caracterización de las sequías meteorológicas en los llanos de Venezuela utilizando un análisis regional de frecuencias. *Revista Ingeniería UC*, 21(1), 70 – 76.
- [13] Martelo, M. T. (2000). Estudio sobre la posible influencia del fenómeno El Niño - Oscilación del sur (ENOS) sobre el clima de los llanos de Venezuela. En: OMM (Ed.), Reunión de expertos de las asociaciones regionales AR-III y AR-IV sobre fenómenos adversos (pp. 111-118). Ginebra: OMM
- [14] Martelo, M. T. (2003). *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela*. Caracas: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Dirección General de Cuencas Hidrográficas, Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanía. 72p.
- [15] Mckee, T., Doesken, N., y Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *En: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, 17-22 January 1993, Anaheim, California, USA. American Meteorological Society.
- [16] Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales. MARN. (2004). Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y mitigación de la sequía de la República Bolivariana de Venezuela. Caracas: Editorial Fundambiente. 106p. Recuperado de <http://www.unccd.int/ActionProgrammes/venezuela-spa2004.pdf>
- [17] Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. MARN. (2005). *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela*. Caracas: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Fondo Mundial para el Medio Ambiente y Fundambiente. 134p.

- [18] Núñez, L. D. (2013). *Variabilidad de la sequía meteorológica de largo plazo en la parte mexicana de la cuenca del Río Bravo*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad De Ciencias Forestales, México. Recuperado de:  
<http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080253510.pdf>
- [19] Olivares, B., Cortez, A., Parra, R., Rodríguez, M., y Guevara, E. (2013). Aplicación de procedimientos estadísticos para el control de calidad de las series de precipitación mensual de los llanos orientales venezolanos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 30 (3): 367-391.
- [20] Ortega-Gaucin, D., y Velasco, I. (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. *Aqua-LAC*, 5 (2), 78 – 90.
- [21] Paredes, F., La Cruz, F., y Guevara, E. (2014). Análisis regional de frecuencia de las sequías meteorológicas en la principal región cerealera de Venezuela. *Revista Bioagro*, 26 (1), 21-28.
- [22] Parra, R., y Cortez, A. (2005). Control de calidad de series de precipitación de las series de precipitación del INIA Venezuela en el periodo 1970-2000. *Rev. Arg. de Agrometeorología*, (5-6): 63-73.
- [23] Rahman, A. y Westley, J. (2002). The challenge of ending rural poverty. *Development Policy Review*, 19 (4): 553-562.
- [24] Thom, H. (1971). Some methods of climatological analysis. Nota técnica No 81, OMM No 199, TP 103, Secretaría de la OMM, Ginebra, Suiza, pp. 1-11.
- [25] Wilhite, D.A. (2000). Drought as a natural hazard. En: Wilhite, D.A. (Ed.), *Drought: A Global Assessment* (pp: 3-18). London, UK: Routledge Publishers.
- [26] Wu H., Hayes M.L., Wilhite D.A., Svoboda, M.D. (2005). The effect of the length of record on the Standardized Precipitation Index calculation, *Int. J. Climato*, 25, 505-520.