



Revista de Investigación
ISSN: 0798-0329
ISSN: 0798-0329-L
revistadeinvestigacion@gmail.com
Universidad Pedagógica Experimental Libertador
Venezuela

Características de la sequía meteorológica (1980-2014) en dos localidades agrícolas de los Andes Venezolanos

Parra, Raquel M; Olivares, Barlin Orlando; Cortez, Adriana; Lobo, Deyanira; Rey, Juan Carlos; Rodríguez, María F.

Características de la sequía meteorológica (1980-2014) en dos localidades agrícolas de los Andes Venezolanos
Revista de Investigación, vol. 42, núm. 95, 2018

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376160247003>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Características de la sequía meteorológica (1980-2014) en dos localidades agrícolas de los Andes Venezolanos

Characteristics of drought weather (1980-2014) in two towns of Venezuelan Andes agricultural

Características da seca meteorológica (1980-2014) em duas localidades agrícolas dos Andes venezuelanos

Raquel M Parra ^a mparrap@gmail.com

Universidad Central de Venezuela (UCV), Venezuela

Barlin Orlando Olivares ^b barlinolivares@gmail.com

Universidad de Córdoba (UCO), España

Adriana Cortez ^c acortez.inia@gmail.com

INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela

Deyanira Lobo ^d lobo.deyanira@gmail.com

Universidad Central de Venezuela (UCV), Venezuela

Juan Carlos Rey ^e jcreyb@hotmail.com

Universidad Central de Venezuela (UCV), Venezuela

María F. Rodríguez ^f mfrc04@gmail.com

INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Venezuela

Revista de Investigación, vol. 42, núm. 95, 2018

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

Recepción: 01 Noviembre 2017
Publicación: 01 Septiembre 2018

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376160247003>

Resumen: Se presentan características de los eventos de sequía identificados en dos localidades agrícolas de los Andes Venezolanos a partir de registros instrumentales provenientes de la estación Mucuchíes y Bramón de la red agrometeorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Se consideró un periodo de datos de precipitación mensual, posteriormente, se calculó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). De acuerdo a los valores de SPI reportados existió el fenómeno de la sequía meteorológica, mostrando variaciones temporales de la intensidad y magnitud. La magnitud máxima más relevante fue la registrada en Bramón para el año 1993 cuyo valor de magnitud alcanzo el 11,56. Esta investigación proporcionaría elementos técnicos para planear estrategias de mitigación adecuadas en términos de gestión del agua para la agricultura andina.

Palabras clave: Sequia, agricultura, variabilidad, precipitación.

Abstract: Describes the main characteristics of drought events identified in two agricultural towns in the Venezuelan Andes from instrumental records from the Mucuchíes and Bramón of agrometeorological network of the National Institute for Agricultural Research Station are presented. For this, a period of monthly precipitation data, then the Standardized Precipitation Index (SPI) was calculated was considered. According to SPI values reported there was the phenomenon of meteorological drought, showing temporal variations of the intensity and magnitude. The most relevant maximum magnitude was recorded in Bramón for 1993 whose magnitude value reached 11.56. This research would provide technical elements to plan appropriate mitigation strategies in terms of water management for the Andean agriculture.

Keywords: Drought, agriculture, variability, precipitation.

Resumo: Características dos eventos de seca identificados em duas localidades agrícolas dos Andes venezuelanos são apresentadas a partir de registros instrumentais das estações Mucuchíes e Bramón da rede agrometeorológica do Instituto Nacional de Pesquisa Agrícola. Um período de dados mensais de precipitação foi considerado, posteriormente, o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) foi calculado. De acordo com os valores do SPI relatados, houve o fenômeno da seca meteorológica, mostrando variações temporais de intensidade e magnitude. A magnitude mais importante foi a registrada em Bramón para o ano de 1993, cuja magnitude chegou a 11,56. Esta pesquisa forneceria elementos técnicos para planejar estratégias de mitigação adequadas em termos de gestão da água para a agricultura andina.

Palavras-chave: Seca, agricultura, variabilidade, precipitação.

INTRODUCCIÓN

Las alteraciones atribuibles a la variabilidad climática como las sequías, inundaciones, entre otros; impactan la economía y el desarrollo social debido a las significativas pérdidas materiales y humanas. En este siglo XXI ha sido notable un aumento creciente de la variabilidad, que de manera consensual entre la comunidad científica, se atribuye cada vez con más frecuencia, al cambio climático global.

Particularmente, la sequía representa una de las amenazas naturales que puede desencadenar un desastre; principalmente porque es el resultado de una disminución significativa de las precipitaciones en una localidad, respecto a la cantidad de agua que normalmente cae, partiendo de esto, cuando este fenómeno se extiende durante un largo período, afecta negativamente la oferta hídrica generando un déficit que suele comprometer el abastecimiento de agua con repercusiones importantes en el ambiente (Wilhite y Glantz, 1985; Wilhite, 2000; Rojas y Alfaro, 2000; Seth, 2003).

De lo antes expuesto se desprende la definición de la vulnerabilidad como el grado en el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a los efectos adversos de la variabilidad climática natural y del cambio climático (MARN, 2005). En este sentido, la sociedad y la economía agrícola que se desarrolla en Venezuela son altamente vulnerables a la ocurrencia de eventos de sequía, por lo cual es de vital importancia tener un mejor entendimiento sobre las variaciones de la precipitación, sus tendencias y escenarios futuros. Bajo la influencia del cambio climático, dichos efectos pueden ser minimizados si se conocen las zonas más susceptibles, ante su intensidad y periodicidad, para hacerle frente mediante medidas preventivas.

Es a partir de 1998, cuando el Estado venezolano, adquirió el compromiso de presentar un programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y mitigación de la sequía en el marco de la convención de la Organización de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación y mitigación de la sequía. En 2002, el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente creó el Programa de Acción Nacional, donde se plantea, entre otros aspectos, la necesidad de generar información básica de las condiciones ambientales, sociales y económicas de las cuencas o subcuencas hidrográficas de las

áreas afectadas por procesos de desertificación, así como impulsar la investigación científica y la innovación tecnológica para el desarrollo de actividades científicamente fundamentadas, económicamente rentables y ambientalmente sostenibles en las áreas degradadas, que permitan la recuperación de estos ambientes y una mejor calidad de vida de sus habitantes (MARN, 2004).

Por otra parte, se plantea entonces el problema asociado a que en los Andes venezolanos existe información en un nivel muy general sobre las áreas más propensas a sufrir desertificación, pero casi no existe información cuantificada, por medio de índices, sobre el riesgo de ocurrencia, tipo o intensidad de las sequías a nivel de mesoescala. Es precisamente por esta razón que el presente trabajo tiene como objetivo determinar las características de la sequía meteorológica en dos localidades de los Andes venezolanos, utilizando el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), el cual permitirá identificar y describir convenientemente el fenómeno, precisando su inicio, intensidad, duración y magnitud.

MÉTODO

La unidad de estudio fueron dos estaciones: Mucuchíes en el estado Mérida y Bramón en el estado Táchira, las cuales conforman la red de estaciones agrometeorológicas del INIA, abarcando la región de los Andes venezolanos (figura 1). En los Andes, la combinación de estos factores de temperatura y precipitación condicionan la existencia de varios pisos climáticos, algunos de ellos en zonas con manifiestas condiciones de desertificación tanto por acción del clima como por actividades antrópicas, la diversidad climática influenciada por el efecto orográfico andino con varios pisos altitudinales de la cordillera andina, destacando el régimen unimodal de lluvia en la vertiente de los llanos, que varía entre precipitaciones de 1200 mm en Mucuchíes hasta 1600 mm en Bramón.

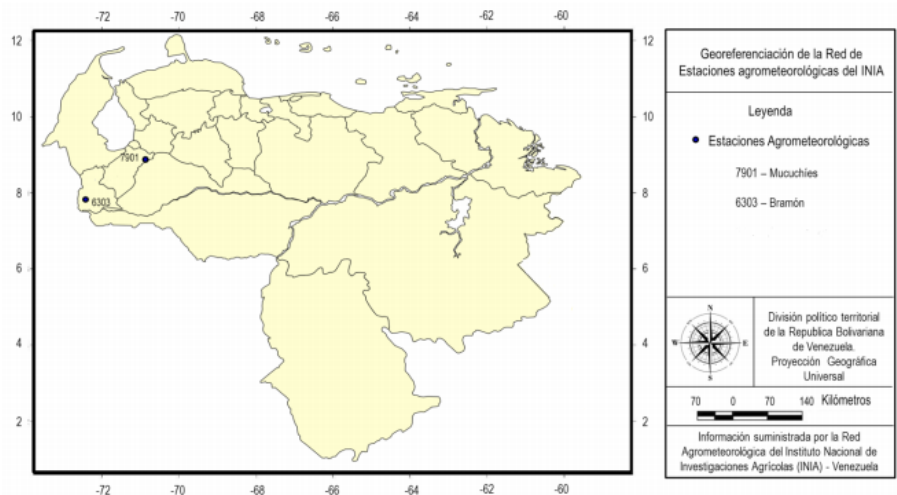


Figura 1
 Distribución geográfica de la Red de estaciones agrometeorológicas del INIA en la región de los Andes venezolanos.
 Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 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 utilizados 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 trascurso histórico para esas localidades.

Cuadro 1
 Listado de estaciones agrometeorológicas bajo estudio

Estación	Estado	Serial	Periodo	Altura m.s.n.m	Latitud dec.	Longitud dec.
Mucuchíes	Mérida	7901	1980-2014	3130	8,4551	-70,5309
Bramón	Táchira	6303	1980-2014	1150	7,3903	-72,2403

Procedimientos aplicados para el control de calidad de datos climáticos

Se aplicó el control de calidad a las series de precipitación diaria de las estaciones del INIA, 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.

El cuadro 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 arrojaron resultados adecuados dentro de lo esperado.

Cuadro 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 Faltantes Mensuales (%)	Datos Extremos	Estadística Descriptiva	Nº de series aleatorias	Análisis de dispersión
Mucuchíes	21	No	N	11	N
Bramón	22	No	N	10	N

Fuente: Elaboración propia.
 Nota: (N: Patrón Normal esperado).

Determinación del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

En este trabajo, para la caracterización de la sequía en las áreas bajo estudio, se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, Standardized Precipitation Index), desarrollado por McKee et al. (1993). Para lo cual se 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 (α) y (β) 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:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \tag{1}$$

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 Γ : 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:

$$F(x) = \int_0^x f(x, \alpha, \beta) dx \tag{2}$$

Para estimar los parámetros α y β 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):

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_1^{n'} \ln(x_i)}{n'} \tag{3}$$

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 α y β de cada sub-serie se realiza aplicando las ecuaciones 4 y 5.

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3} A}}{4 A} \tag{4}$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \tag{5}$$

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:

$$H(x) = q + p F(x) \tag{6}$$

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.

Categorización de la intensidad del SPI

McKee et al. (1993) utilizaron el sistema de clasificación mostrado en el cuadro 3 los valores de SPI que se muestran a continuación. Para definir las distintas intensidades de la sequía según los distintos valores de SPI. 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).

Cuadro 3
Clasificación del SPI

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

Fuente: McKee et al. (1993)

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 sustituyó por un cero. Bajo este enfoque, un valor de SPI >-1 indica una condición normal o húmeda (ecuación 7)

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

Dónde (MS): representa la magnitud de la sequía para el período evaluado, (SPI): es el índice SPI para series de lluvia acumulada mensual. El cuadro 4 muestra las categorías de la magnitud de la sequía.

Cuadro 4
Magnitud de la sequía

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

Fuente: Hernández (2008).

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.

RESULTADOS

Intensidad de la sequía

Para la estación Mucuchíes, los valores de sequía extrema representan el 1,90% del total de SPI mensuales, la intensidad severa alcanzó un 3,10% y la intensidad moderada fue de un 7,14% (figura 2). En la estación Bramón se hallaron valores de intensidad severa, los cuales constituyen el 4,65%, intensidad extrema con un 1,90% y finalmente, la intensidad moderada con un 9,30%. Conviene resaltar que los valores del SPI muy húmedos y extremadamente húmedos para esta estación se concentran mayormente en el trimestre de septiembre a noviembre; y en ciertos años (1983, 1987, 1999, 2000, 2005 y 2006) los meses secos tales como diciembre, enero y febrero presentaron valores dentro de la categoría muy húmedo (figura 3).

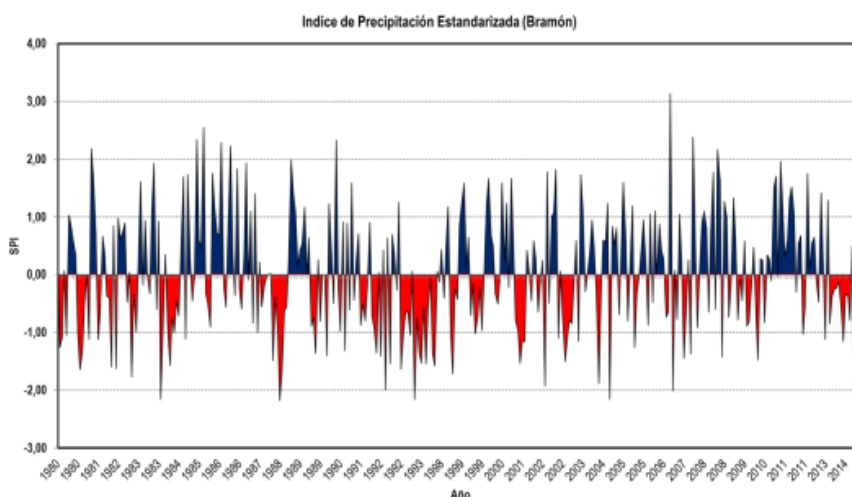


Figura 2

Transcurso del SPI mensual para el periodo (1980-2012) en la estación Mucuchíes.

Fuente: Elaboración propia.

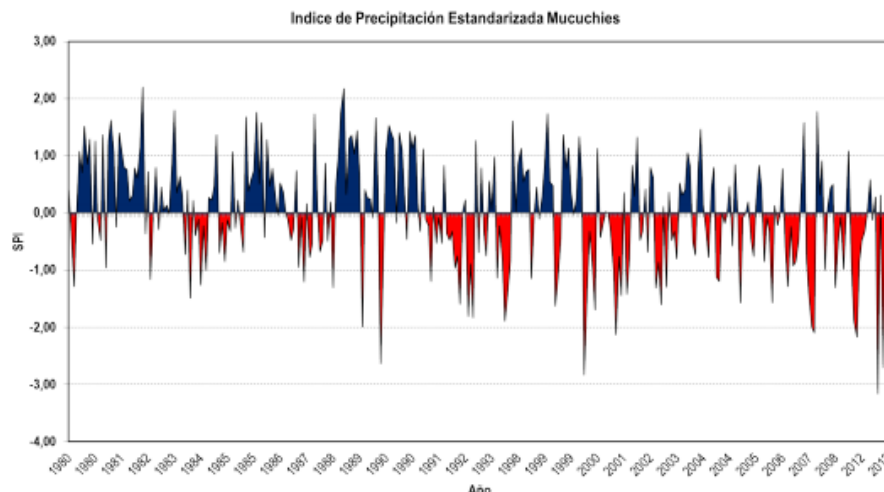


Figura 3
Transcurso del SPI mensual para el periodo (1980-2014) en la estación Bramón

Durante la actuación del fenómeno “El Niño”, la región suramericana y el país se afectan de modo diferente. En Venezuela, El Niño, (Episodio Cálido), suele asociarse a sequías y déficit hídrico, al igual que en la mayor parte de América Central y el Caribe particularmente en el segundo semestre del año.

Para las economías de la región de Los Andes venezolanos, generalmente en condiciones de gran inestabilidad estas alteraciones climáticas con frecuencia aumentan el nivel de dificultades y penurias económicas, o en el peor de los casos, tienen efectos catastróficos, por lo que la anticipación de estos eventos tiene gran importancia para disminuir el impacto social y ambiental.

Para el caso de las estaciones Mucuchíes y Bramón, estas son consideradas tierras inadecuadas para cultivos generalmente, pero admiten ciertos cultivos ocasionales o muy limitados, con métodos intensivos, debido a que requieren un manejo cuidadoso. En esta región de los Andes venezolanos las tierras son usadas para cultivos agrícolas restringidos, pasto e incluso producción forestal. En el caso de Mucuchíes predominan los sistemas de producción agrícola de hortalizas de piso alto (papa, zanahoria, cebollín, coliflor, repollo); uso pecuario (ganadería extensiva de doble propósito); por otra parte, en Bramón dominan las plantaciones de (café, plátanos, cacao y piña), frutales (cítricas, aguacate y cambures), leguminosas de grano, raíces y tubérculos (semi-comercial); hortalizas de pisos intermedios y altos (papa, lechuga, repollo) combinadas con las de piso bajo (hasta los 800 msnm), ganadería intensiva Leche y ceba.

Las principales limitantes en Bramón son la erosión y acidez de los suelos que coexisten con algunas áreas de mejor fertilidad, en las zonas de mayor pendiente con hortalicultura y frutales prácticas de conservación y recuperación de suelos y aguas (curvas de nivel, coberturas, aplicación de enmiendas orgánicas, barreras vivas, terrazas, zanjas de desviación);

para las zonas planas, mejorar las rotaciones o combinaciones de cultivos anuales.

La vulnerabilidad a la erosión y riesgos de contaminación de cuerpos de agua son las mayores limitantes para Mucuchíes, donde la conservación de la biodiversidad y de los recursos hídricos es el destino de las áreas de los picos andinos.

Para el año de 2003 se registraría un importante déficit hídrico, que terminó de profundizar la crisis de los embalses que abastecen de agua (a la región central metropolitana) y de energía al país, que se inició en el segundo trimestre del 2001 y se mantuvo durante el período 2002-2003, en el que se registró un evento Niño o cálido profundizándose la situación de escasez y sequía en el primer trimestre del 2003.

Sin embargo, debido a la variabilidad climática, es necesario monitorear permanentemente esta situación, dado a los pronósticos apuntaban hacia un predominio de condiciones favorables a El Niño, que en Venezuela se asocia a un déficit hídrico (Martelo, 2000).

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. El hecho de establecer este tipo de caracterizaciones basadas en los resultados de la magnitud, constituye la fuente primordial para desarrollar una planificación estratégica, que esté orientada a tomar decisiones para hacer frente de manera eficiente y eficaz al problema de la sequía en estas zonas de importancia agrícola para el país.

La figura 4 muestra la frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las clases de magnitudes para las tres estaciones en el período 1980-2014. Particularmente, predominan las sequías fuertes en la estación Bramón (figura 4b), la cual presentó 45 eventos de sequía constituyendo el 15,86% del total de la serie y Mucuchíes (figura 4a) con 32,40% de sequías extremadamente fuertes.

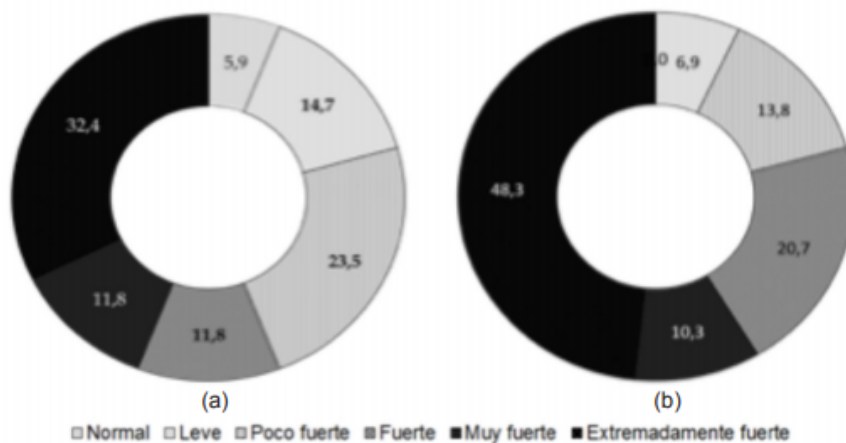


Figura 4
 Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las clases de magnitudes (SPI mensual) en el período estudiado
 Fuente: Elaboración propia.

Duración de las magnitudes máximas de las sequías

En el caso de la estación Mucuchíes, para el año 1992, se registró una sequía cuya magnitud genero montos de lluvia anual muy por debajo de lo esperado en esa zona (cuadro 5). Así mismo, de las tres estaciones bajo estudio, Bramón presento la mayor magnitud de sequía registrada, siendo esta de 11,56 durante cinco meses en el año 1993.

Los principales problemas de desertificación en la región de los Andes están asociados a la degradación acelerada de los suelos, debido a la erosión hídrica y eólica, contaminación de los suelos, alteración del régimen hídrico, poco desarrollo de prácticas conservacionista y la importante degradación del paisaje en ciertas áreas del municipio Rangel. La importante cantidad de población rural que vive en condición de pobreza en estas zonas, cuyas características de escasas e intensidad de lluvias, altas pendientes, irregularidad en el relieve y la variabilidad climática hacen que las actividades antrópicas de subsistencia se vean afectadas.

Cuadro 5

Duración de las magnitudes máximas detectadas en las estaciones bajo estudio.

Estación	Magnitud	Duración		Lluvia total anual (mm)
		Período	Año	
Mucuchíes	9,39	May/Ago/Oct	1992	404,6
	8,72	Mar/Oct-Nov	2008	412,1
	7,96	Mar-Abr/Jun/Ago	2001	441,3
	7,83	May-Jul/Nov	2007	521,0
	7,81	Abr-May/Ago	2000	468,0
	11,56	Feb/Abr/Jun-Jul/Sep/Dic	1993	820,0
Bramón	7,89	Ene/Abr-May	1988	1246,9
	7,75	Ago-Sep	2014	1015,2
	7,37	Oct-Dic	1980	1163,0
	6,82	Mar-May	2001	1043,2

Por otra parte, resulta interesante resaltar el estudio realizado por Hernández (2015), en cual establece 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.

Este mismo autor señala que las precipitaciones en agosto 2015, se caracterizaron por presentarse dentro y por debajo de su promedio hacia el sur del territorio nacional; y, con muchos días secos continuos sin precipitaciones sobre grandes regiones hacia el norte del país y cuando en ella se registraron, fueron de corta duración pero de gran intensidad, en especial sobre la región Central, Centro Occidental y Zuliana, sin embargo no lograron alcanzar los promedios históricos originando sequías de carácter Extremadamente seco, Severa y Moderada sobre la región Central y llanos Centrales, Moderadas hacia las regiones Zuliana parte Falconiana y Andina, además de sectores de la parte Sur y Oriental del país.

Los principales problemas de desertificación en la región de los Andes están asociados a la degradación acelerada de los suelos, debido a la erosión hídrica y eólica, contaminación de los suelos, alteración del régimen hídrico, poco desarrollo de prácticas conservacionista y la importante degradación del paisaje en ciertas áreas del municipio Rangel. La importante cantidad de población rural que vive en condición de pobreza en estas zonas, cuyas características de escasas e intensidad de lluvias, altas pendientes, irregularidad en el relieve y la variabilidad climática hacen que las actividades antrópicas de subsistencia se vean afectadas.

Ante este panorama, el MARN (2004) plantea la necesidad de prevenir y combatir la desertificación, siendo prioritario emprender acciones de forma multidisciplinaria e interinstitucional, teniendo como protagonista más importante a la comunidad y donde se incorpore el elemento del género como agente principal en esta lucha contra la desertificación y por la mitigación de la sequía.

CONCLUSIONES

El historial de series de datos SPI mensual obtenidos en el presente estudio permitieron concluir, que los eventos de sequía observados a mediados y al término de las décadas de 1990-2000 fueron los de mayor severidad, duración, intensidad y extensión geográfica que se han registrado al interior de los andes venezolanos durante el periodo de 1980 - 2014.

Un mayor entendimiento sobre el comportamiento temporal y local de la sequía en los andes venezolanos, con una visión de largo plazo, proporcionaría elementos técnicos para planear estrategias de mitigación adecuadas en términos de gestión del agua para la agricultura andina, previamente y durante la presencia de períodos de sequía, lo cual a su vez permitiría reducir la alta vulnerabilidad que presenta esta región ante este evento climático.

REFERENCIAS

- 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. Disponible en: <https://goo.gl/4r98M8> [consulta: 07 feb. 2016]
- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Editorial Trillas. México, D. F. 320 p
- 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. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/721/72130180002.pdf> [consulta: 07 feb. 2016]
- 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
- 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
- Hernández, R. (2015). Caracterización espacial de la sequía meteorológica (SPI) a nivel semestral noviembre 2014 hasta septiembre 2015, para el territorio nacional. Baruta: INAMEH

- 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
- 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
- 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. Disponible en <http://www.unccd.int/ActionProgrammes/venezuela-spa2004.pdf> [consulta: 07 feb. 2016]
- 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
- 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
- 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
- Rojas, M. I, y Alfaro, J. E. (2000). Influencia del Océano Atlántico Tropical sobre el comportamiento de la primera parte de la estación lluviosa en Venezuela. *Tropical Meteorology y Oceanography*, 7 (2): 88-92
- Seth, S. (2003). Human impacts and management issues in arid and semiarid regions". Chapter 8. In: *Simmers*, I(Ed). Understanding water in a Dry Environment. Hydrological processes in arid and semiarid zones. International Association of Hydrogeologists. BALKEMA. Lissier. pp. 289-341
- 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
- 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
- Wilhite, D.A., y Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10, 111:120
- 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

Notas de autor

- a Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Maestría en Estadística. Facultad de Agronomía de la UCV. Profesora Instructor a Dedicación Exclusiva en las Cátedras de Estadística, Diseño de Experimentos, Manejo de

- Datos en Computadora y áreas afines de Pre y Postgrado. Publicación de artículos científicos y de artículos en memorias arbitradas. Participación en eventos científicos en el campo de la Agrometeorología.
- b Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Becario de Fundación Carolina para el Master Oficial en Tecnología Ambiental de la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA), España. Doctorando del Programa de Formación Doctoral en Agroalimentación y Ciencias Veterinarias de la Universidad de Córdoba, España. Experto en metodología de la investigación en agroalimentación y ciencias veterinarias por la Universidad de Córdoba.
 - c Ingeniero Agrónomo con Maestría en Agrometeorología en el Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. Personal de investigación 8-III del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Líneas de investigación: Agrometeorología, Bases de datos, redes agrometeorológicas, relación clima cultivo. Autora de: artículos científicos, un capítulo de libro y artículos en memorias arbitradas. Participación en eventos científicos en el campo de la Agrometeorología.
 - d Ingeniero Agrónomo, Magister Scientiarum en Ciencia del Suelo (UCV). Doctora en Ciencia del Suelo (UCV). Docente – Investigadora de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología de los cursos del pregrado, y diferentes programas de postgrado de la Universidad Central de Venezuela. Profesora invitada en diversas Universidades y Centros de Investigación en el ámbito nacional e internacional. Áreas de desempeño: Física de Suelos, Manejo y Conservación de Suelos y Evaluación de Tierras.
 - e Ingeniero Agrónomo con Maestría en Ciencia del Suelo de la Universidad Central de Venezuela. Profesor Asistente de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología, en las áreas de trabajo: evaluación de tierras, variabilidad de suelos y más recientemente agricultura de precisión. Personal de investigación 8-III del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Autor de publicaciones científicas y de trabajos presentados en congresos.
 - f Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central de Venezuela. Doctora en Tecnología de Suelo de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Personal de investigación 8-V del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Líneas de investigación: Sistemas de información geográficas en las áreas: manejo de recursos agroecológicos (suelo, agua, clima y cultivo). Autora de publicaciones científicas. Participación en eventos

científicos en el campo de la Ciencia del Suelo y sistemas de información geográfica.