

TENDENCIA DE LA SEQUIA METEOROLÓGICA EN EL MUNICIPIO VENEZUELA METEOROLOGICAL DROUGHT TREND IN THE VENEZUELA MUNICIPALITY

Autores: Oscar Brown Manrique¹

<https://orcid.org/0000-0003-3713-3408>

Yoelkis Hernández Victor¹

<https://orcid.org/0000-0001-6422-4298>

Enrique Almeida Maldonado¹

<https://orcid.org/0000-0002-5460-1624>

Isaí Álvarez Sevilla²

<https://orcid.org/0000-0002-5392-0877>

Institución: ¹Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

²Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), Guatemala

Correo electrónico: obrown@unica.cu

yoelkis@unica.cu

ealmeida@unica.cu

aisaithomas2002@gmail.com

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el municipio de Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila en el periodo comprendido entre los años 2011 y 2020 con el objetivo de determinar la tendencia de la sequía meteorológica a partir de la caracterización de los meses según la probabilidad de la precipitación y la determinación de la magnitud, duración, intensidad e Índice Porcentaje de Precipitación Normal. Los resultados demostraron que el 50 % de los meses fueron normales, mayo un mes muy húmedo y febrero muy seco. La magnitud de la sequía fue superior a 124 mm en el 70 % de los meses y la duración promedio fue de cuatro meses. La magnitud de la sequía mostró un incremento con pendiente positiva de 8,2; mientras que la duración prácticamente no experimentó cambios pues la pendiente es prácticamente nula (0,007). En los últimos 10 años, ocurrió un total de 32 eventos de sequía meteorológica (27 %) lo que representa un promedio de 3,2 sequias por meses. La sequía Severa y Extrema tuvieron una incidencia del 16 %.

Palabras claves: Caracterización de la sequía, Déficit, Probabilidad.

ABSTRACT

The research was carried out in the municipality of Venezuela in the province of Ciego de Ávila in the period between 2011 and 2020 with the objective of determining the

trend of meteorological drought based on the characterization of the months according to the probability of drought, precipitation and the determination of the magnitude, duration, intensity and Percentage of Normal Precipitation Index. The results showed that 50 % of the months were normal, May a very wet month and February very dry. The magnitude of the drought was greater than 124 mm in 70 % of the months and the average duration was four months. The magnitude of the drought showed an increase with a positive slope of 8.2; while the duration practically did not experience changes since the slope is practically null (0.007). In the last 10 years, a total of 32 meteorological drought events occurred (27 %), which represents an average of 3.2 droughts per month. Severe and Extreme drought had an incidence of 16 %.

Keywords: Characterization of drought, Deficit, Probability.

INTRODUCCIÓN

La lluvia es la principal variable meteorológica que interviene sobre el clima tanto espacial como temporalmente, e incide en actividades humanas vitales como la agricultura (Priyan, 2015); por este motivo, en un contexto de cambio climático, la estrategia de planificación hídrica debe enfocarse hacia el análisis de las tendencias en las precipitaciones (Taxak, 2014; Calahorrano et al., 2017).

Según datos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), en los últimos años los desastres naturales se han incrementado, entre ellos la sequía, que afecta principalmente a los continente africano y latinoamericano (OMM, 2016).

En Cuba, las pérdidas ocasionadas por la sequía han sido cuantiosas; siendo notables los desembolsos que ha tenido que realizar el país por los daños ocasionados por la sequía a los agricultores (Solano et al., 2007). Estos elementos ponen de manifiesto la urgente necesidad de que en Cuba se preste cuidadosa atención a los reiterados y nocivos eventos de sequía, que combinados con altas tasas de evaporación originan el agotamiento de los suelos y la disminución de las reservas de agua subterráneas (Otero y Barcia, 2018).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) reconoce a la sequía como un periodo de condiciones meteorológicas anormales seca y suficientemente prolongada como para que la falta de precipitación cause un gran desequilibrio hidrológico. Este fenómeno puede abarcar diferentes aspectos hidrológicos, meteorológicos y sociales, lo que dificulta generar una definición única; sin embargo, una de las características más representativas de la sequía es el déficit de agua, en términos de precipitación (Curi, 2014).

La sequía es el resultado de las alteraciones en la humedad atmosférica debido a determinados fenómenos que afectan el ciclo hidrológico como El Niño, la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la actividad industrial entre otras. Como consecuencia del cambio climático se espera que estos fenómenos aumenten en intensidad, severidad y duración, incrementando la frecuencia de ocurrencia, así como el impacto en las poblaciones (Velasco, 2013). Para establecer la gravedad del evento de sequía se requiere del análisis de la magnitud, la duración y la intensidad (Olivares, 2016).

Los sistemas perfeccionados de vigilancia y alerta temprana de la sequía son elementos importantes para una gestión eficaz de la sequía. La OMM cuenta con un Plan Estratégico que concede una gran prioridad a la lucha contra la sequía a partir de la elaboración de estrategias a largo plazo destinadas a fomentar actividades meteorológicas e hidrológicas que ayuden a vigilar las sequías (OMM, 2006).

La sequía meteorológica (entendida como la condición en que las lluvias acumuladas en una estación o en un periodo más largo están significativamente por debajo de lo normal) puede convertirse en un peligro climático con grandes costos sociales, ambientales y económicos (Magaña, et al., 2018).

La caracterización de las sequías puede sustentarse en la teoría de rachas propuesta por Yevjevich (García, 2008), la cual analiza las sequías en base a los procesos espacio temporales que consideran los déficits u superávit de la lluvia y permite determinar su magnitud y duración (Lorenzo, 2012).

La evaluación de las sequías se puede realizar a partir del análisis de numerosos índice; sin embargo, es difícil el desarrollo de un único índice numérico universal que pueda representar intensidad, severidad e impactos (Heim, 2002); no obstante, los índices deben ser simples y capaces de definir las características de las sequías (Villalobos, 2007). Los índices más utilizados son: Porcentaje de Precipitación Normal, Índice de Severidad de sequía de Palmer, Índice de Deciles e Índice de Precipitación Estandarizado (Curi, 2014). El objetivo de este trabajo es determinar la tendencia de la sequía meteorológica en el municipio Venezuela como evidencia de cambio climático.

MATERIALES y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el municipio de Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila, situado en la parte meridional de esta provincia, en los 21° 42' latitud Norte y los 78° 48' longitud Oeste. Limita al norte, con el municipio de Ciego de Ávila, al sur

con el Golfo de Ana María, al este con el municipio Baragüá y al oeste con el municipio de Majagua (Figura 1).

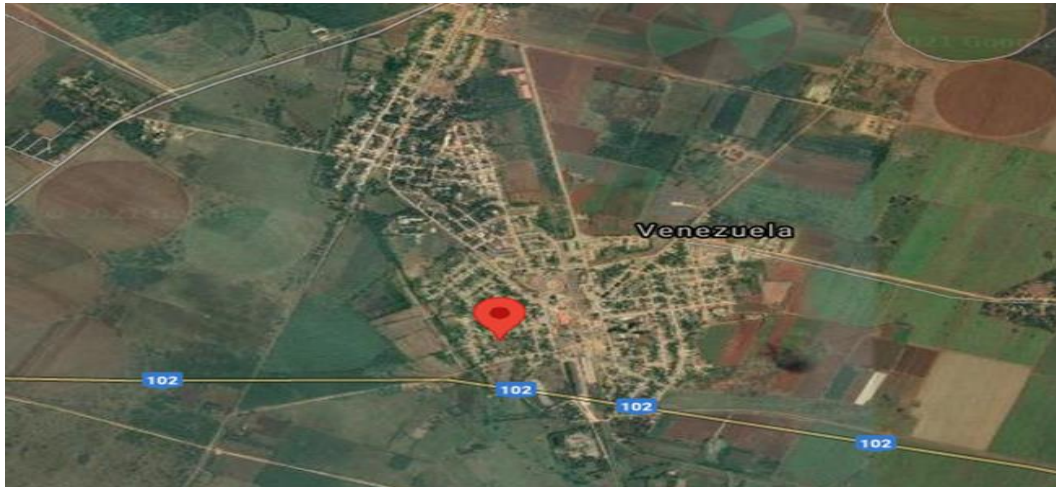


Figura.1 Localización de municipio Venezuela en Ciego de Ávila.

La investigación analizó una serie de precipitaciones diarias en el periodo comprendido de 2011 al 2020 lo que demostró que las evidencias de cambio climático se producen en esta zona fundamentalmente en los últimos diez años. La serie utilizada constó de 10 años de observaciones sistemáticas en la estación pluviométrica CA-722 situada a una altitud de 26,39 msnm.

Los datos de precipitaciones anuales fueron desestacionalizados mediante el método de promedios mensuales (Lobos y Muñoz, 2005); lo que aseguró contar con una serie histórica exenta del componente estacional y sin observaciones extrañas o discordantes. Se aplicó la técnica de estadística descriptiva para analizar los estadígrafos fundamentales de la serie.

La caracterización de los meses según los niveles de precipitación se realizó según el criterio de Elías y Castellví (1996) basado en la probabilidad de la lluvia (Tabla 1)

Tabla 1. Caracterización de los meses según la probabilidad de precipitación.

Clase	Probabilidad (%)
Muy húmedo (MH)	< 10
Húmedo (H)	10-25
Normal (N)	25-75
Seco (S)	75-90
Muy seco (MS)	> 90

La curva de probabilidad empírica se calculó mediante la ecuación de Chegadaev (Villón, 2002) y la probabilidad teórica se estimó a partir de la de los componentes de la curva binomial de distribución de Pearson tipo III (Pacheco et al., 2007) debido a la limitación de la curva empírica para la obtención de los valores más extremos de probabilidad.

La caracterización de la sequía meteorológica se realizó a través de los parámetros

magnitud, duración e intensidad. La magnitud se obtuvo de la sumatoria de los valores deficitarios de precipitaciones y la duración del conteo de los déficits consecutivos. En la determinación de la intensidad de la sequía se consideró la intensidad promedio y la intensidad máxima. La intensidad promedio se calculó como la relación de la magnitud entre la duración y la intensidad máxima como el valor mayor del déficit. Seguidamente se relacionan las ecuaciones utilizadas:

$$M = \sum(DEF) \quad (1)$$

$$DEF = \left| [P_i - P_{norma}]_{(-)} \right| \quad (2)$$

$$I_{med} = \frac{M}{D} \quad (3)$$

$$I_{max} = \max(DEF) \quad (4)$$

Donde M es la magnitud de la sequía (mm); DEF el déficit de precipitaciones; P_i el valor de la precipitación mensual o anual (mm); P_{norma} es la norma de precipitaciones de cada mes (mm); I_{med} la intensidad promedio de la sequia (mm mes^{-1} ; mm año^{-1}); D la duración temporal del evento de sequia (meses o años); I_{max} la intensidad máxima de la sequia (mm mes^{-1} ; mm año^{-1})

La evaluación de la sequía se realizó con el Índice Porcentaje de Precipitación Normal (PPN) por ser uno de los más simples y puede aplicarse en diferentes escalas de tiempo (meses y años). Este índice se calculó mediante la ecuación [11] y su clasificación se realizó mediante las categorías y colores que se muestran en la Tabla 2.

$$PPN = \frac{P_i}{P_{norma}} \cdot 100 \quad (5)$$

Tabla 2. Clasificación de la sequía meteorológica estimada con el Índice PPN

Magnitud de la sequía (%)	Clasificación	Color
< 20	Extrema	Rojo
21 - 41	Severa	Rosa
42 - 62	Moderada	Amarillo
63 - 83	Débil	Azul
83 - 100	Incipiente	Verde

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo de las lluvias en los últimos diez años

En la Tabla 3 se muestran los valores de las precipitaciones mensuales y anuales en los últimos diez años. Se observa que los valores promedios de las precipitaciones en el periodo estacional definen con claridad un periodo seco comprendido desde

noviembre hasta abril con un rango comprendido en el intervalo [17,8 – 70,5] mm, donde los meses de febrero y enero se presentan como los más secos.

En la propia tabla aparecen los valores anuales de las precipitaciones con una media de 1287,4 mm para el periodo 2011 al 2020, la cual resultó ligeramente superior a la norma (1253 mm) determinada para una serie de 30 años, desde el año 1990 al 2019.

Tabla 3. Valores de las precipitaciones mensuales y anuales en mm.

MES	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	<i>P_{mes}</i>
Ene.	7,6	8,1	15,2	18,6	26,7	99,4	15,3	56,2	17,4	5,2	27,0
Feb.	3,0	12,4	0,8	87,8	3,1	4,6	27,8	1,5	29,4	7,8	17,8
Mar.	9,0	19,4	2,1	35,7	7,1	84,6	43,1	16,6	78,5	8,7	30,5
Abr.	88,2	92,0	45,7	73,8	20,1	30,3	29,3	148,4	129,5	47,4	70,5
May.	197,2	345,3	193,3	181,1	245,2	121,9	202,1	369,2	212,2	277,2	234,5
Jun.	359,1	145,2	178,5	187,1	105,3	399,3	84,2	176,9	50,0	108,6	179,4
Jul.	154,9	159,9	185,2	117,1	108,6	101,5	92,1	101,0	181,0	143,4	134,5
Ago.	83,9	307,0	169,9	74,8	183,2	281,9	189,7	51,1	106,1	38,7	148,6
Sep.	179,3	268,4	194,2	149,6	87,5	192,5	557,0	140,1	137,6	118,1	202,4
Oct.	100,7	202,5	140,2	208,7	166,5	55,1	144,0	77,3	169,5	264,5	152,9
Nov.	38,5	0,4	54,3	45,8	93,8	6,0	49,7	0,3	23,4	259,4	57,2
Dic.	41,1	11,1	24,0	11,6	59,1	8,4	50,0	24,6	87,5	4,4	32,2
<i>P_{anual}</i>	1262,5	1571,7	1203,4	1191,7	1106,2	1385,5	1484,3	1163,2	1222,1	1283,4	1287,4

En la Tabla 4 se exponen los valores de los estadígrafos fundamentales de la precipitación promedio de los meses de la serie estudiada. Es significativo resaltar que las precipitaciones máximas fueron superiores a 185 mm en todos los meses del periodo húmedo llegando hasta 557,0 mm en el mes de septiembre; en cambio, en los meses del periodo seco las precipitaciones alcanzaron valores entre 0,3 mm y 5,2 mm con la excepción de abril que fue de 20,1 mm. La desviación estándar fue más baja en los meses secos respecto a los meses húmedos con un valor promedio de 62,6 mm y el coeficiente de variación de la serie osciló entre 32,6 % a 150,0 % con un promedio de 77,5 %. Los estadígrafos de la precipitación promedio de los años de la serie fueron los siguientes: precipitación máxima (1571,7 mm); precipitación mínima (1106,2 mm), desviación estándar (148,5 mm) y coeficiente de variación (11,8 %).

Tabla 4. Estadígrafos de la precipitación promedio de los meses de la serie en mm.

Mes	<i>P_{max}</i> (mm)	<i>P_{min}</i> (mm)	σ (mm)	<i>C_v</i> (%)
Ene.	99,4	5,2	29,3	108,7
Feb.	87,8	0,8	26,7	150,0
Mar.	84,6	2,1	29,9	98,0
Abr.	148,4	20,1	43,9	62,3
May.	369,2	121,9	76,4	32,6
Jun.	399,3	50,0	114,6	63,9
Jul.	185,2	92,1	34,7	25,8
Ago.	307,0	38,7	93,8	63,1
Sep.	557,0	87,5	134,2	66,3
Oct.	264,5	55,1	63,9	41,8
Nov.	259,4	0,3	76,7	134,2
Dic.	87,5	4,4	26,9	83,6
Promedio	237,4	39,9	62,6	77,5

Análisis de la acuosidad estacional e interanual

En la Figura 2 se presenta la curva de probabilidad empírica de las precipitaciones mensuales de la serie, la cual responde acertadamente a una función tipo exponencial con elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9508$), lo que permite estimar con determinada confiabilidad el valor de la precipitación mensual de la serie en función de su probabilidad a partir de la ecuación siguiente:

$$P_{mes} = 356,5e^{-0,03Prob} \quad (6)$$

Los valores de probabilidad permitieron determinar la acuosidad de los meses de la serie de precipitaciones (Tabla 5). Los resultados demuestran que, por este criterio, el 50% de los meses fueron normales (abril, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre), dos fueron húmedos (septiembre y junio) y dos secos (marzo y enero). Mayo resaltó como mes muy húmedo y febrero como muy seco.

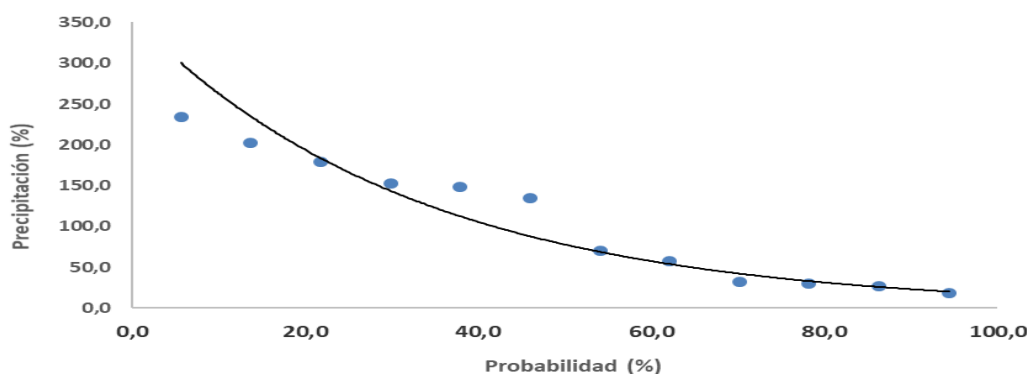


Figura 2. Probabilidad empírica de las precipitaciones mensuales de la serie.

Tabla 5. Acuosidad de los meses según la probabilidad de las precipitaciones.

Meses	Probabilidad (%)	Clasificación
May.	5,6	MH
Sep.	13,7	H
Jun.	21,8	H
Oct.	29,8	N
Ago.	37,9	N
Jul.	46,0	N
Abr.	54,0	N
Nov.	62,1	N
Dic.	70,2	N
Mar.	78,2	S
Ene.	86,3	S
Feb.	94,4	MS

En la Figura 3 se muestra la curva de probabilidad teórica de las precipitaciones anuales de la serie y a partir de sus valores el comportamiento de la acuosidad de los años estudiados (Tabla 6). Estos años se comportaron de la manera siguiente: meses normales (60 %), mes húmedo (10 %), mes muy húmedo (10 %), mes seco (10 %) y mes muy seco (10 %).

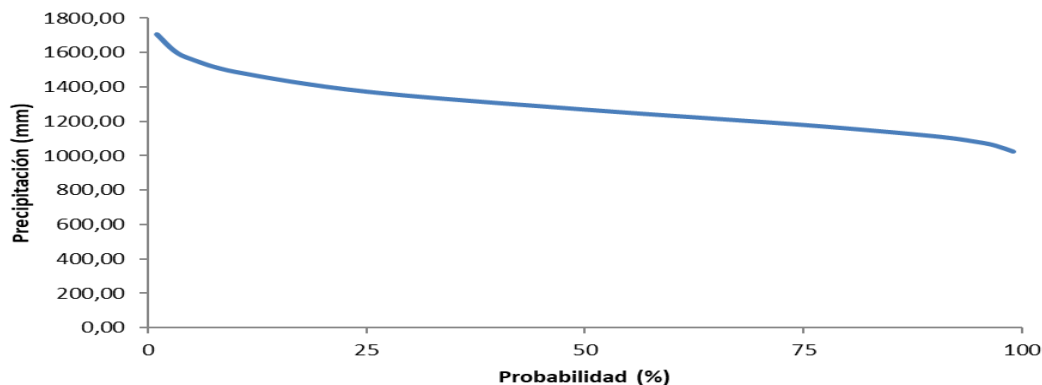


Figura 3. Probabilidad teórica de las precipitaciones anuales de la serie.

Tabla 6. Acuosidad de los años de la serie según la probabilidad de las precipitaciones.

Años	Probabilidad (%)	Clasificación
2012	6,7	MH
2017	16,3	H
2016	26,0	N
2020	35,6	N
2011	45,2	N
2019	54,8	N
2013	64,4	N
2014	74,0	N
2018	83,7	S
2015	93,3	MS

Análisis estacional e interanual de los parámetros característicos de la sequía

En la Tabla 7 se muestran los parámetros estacionales para la caracterización de la sequía meteorológica. Se observa que, en cuatro meses del periodo seco, la magnitud de la sequía fluctuó entre 37,3 mm y 60,9 mm con los valores más bajos en los meses de febrero y diciembre; en el resto de los meses los valores de magnitud estuvieron por encima de 131 mm con valores máximos de 250,1 mm y 298,0 mm en los meses de agosto y junio respectivamente. El valor promedio de las variables duración, intensidad media e intensidad máxima de la sequía fue de tres años por mes, 45 mm año⁻¹ y 67 mm año⁻¹ respectivamente.

Tabla 7. Parámetros estacionales para la caracterización de la sequía.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>M</i> (mm)	58,4	37,3	60,9	131,7	144,9	298,0	152,1	250,0	211,5	182,3	149,2	49,8
<i>D</i> (años)	4	3	3	3	2	4	5	3	3	3	4	3
<i>I_m</i> (mm año ⁻¹)	14,6	12,4	20,3	43,9	72,5	74,5	30,4	83,3	70,5	60,8	37,3	16,6
<i>I_{max}</i> (mm año ⁻¹)	21,8	17,0	28,4	50,4	112,6	129,4	42,4	109,9	114,9	97,8	56,9	27,8

En la Tabla 8 se ofrecen los parámetros interanuales para la caracterización de la sequía meteorológica. En este caso se debe resaltar que la magnitud de la sequía fue superior a 124 mm en el 70 % de los meses, la duración promedio de la sequía fue de cuatro meses en cada año y las intensidades promedio y máxima sobrepasaron el valor de 39 mm mes⁻¹ en el 60 % de los meses y 64 mm mes⁻¹ en 80% de los meses respectivamente.

Tabla 8. Parámetros interanales para la caracterización de la sequía.

Año	M (mm)	D (meses)	I_m (mm mes⁻¹)	I_{max} (mm mes⁻¹)
2011	158,7	4	39,7	64,7
2012	35,4	3	11,8	56,8
2013	124,0	6	20,7	41,2
2014	144,0	3	48,0	73,8
2015	88,7	4	22,2	114,9
2016	182,7	4	45,7	112,6
2017	211,1	4	52,8	95,2
2018	335,9	7	48,0	97,5
2019	151,7	2	75,8	129,4
2020	76,6	4	19,2	109,9

Las Figuras 4 y 5 muestran la tendencia lineal de la magnitud y duración de la sequía mensual. En el caso de la magnitud se observa un incremento con pendiente positiva de 8,2 y en la duración de la sequía prácticamente no ocurren cambios pues la pendiente prácticamente nula (0,007). Las Figuras 6 y 7 manifiestan tendencias similares con pendientes de 8,7 y 0,006 para la magnitud y duración de la sequía respectivamente.

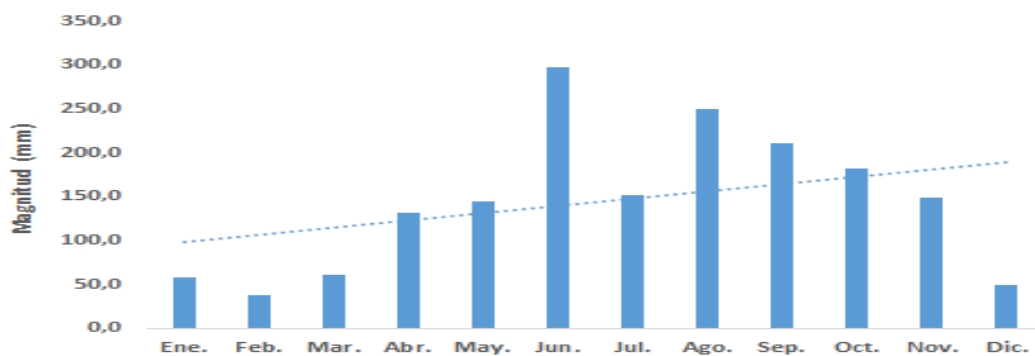


Figura 4. Tendencia lineal de la magnitud de la sequía mensual.

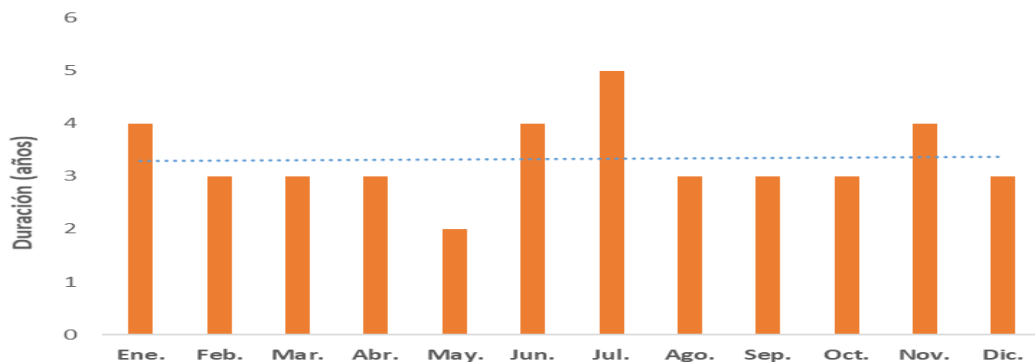


Figura 5. Tendencia lineal de la duración de la sequía mensual.

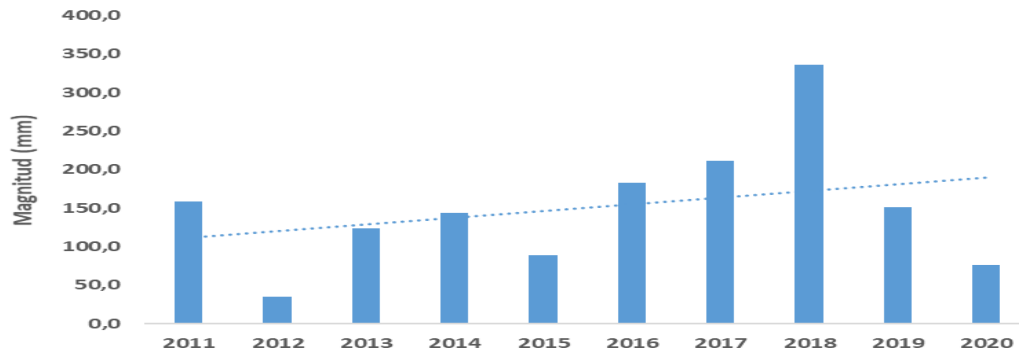


Figura 6. Tendencia lineal de la magnitud de la sequía anual.

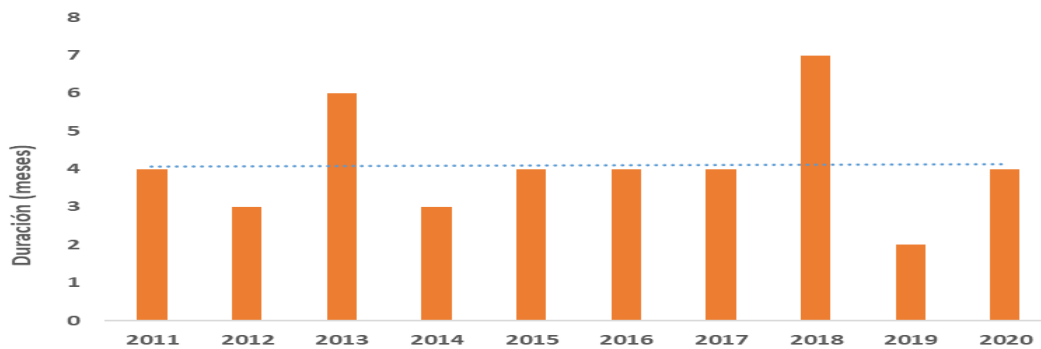


Figura 7. Tendencia lineal de la duración de la sequía mensual

Estudios realizados en Cuba y el Caribe afirman que las tendencias climáticas observadas en las últimas décadas muestran un aumento de la frecuencia y la intensidad del fenómeno sequía, por lo que una determinación rápida y acertada de su manifestación en espacio y tiempo resulta esencial para la reducción de los riesgos asociados con esta (Centella et al., 1997; Cutié, 2013; Durán, 2016).

Los resultados mostrados indican que en el municipio Venezuela la sequía tiene un comportamiento periódico con magnitudes, duraciones e intensidades variables. Este comportamiento es similar al encontrado por Bonilla (2014) en estudio realizado en Centroamérica, donde encontró que la sequía es recurrente, atípica y compleja; con impactos sobre los ecosistemas, la disponibilidad del recurso hídrico de fuentes superficiales y subterráneas, la seguridad alimentaria y nutricional y la producción agrícola.

En la Tabla 9 se expone la cantidad de sequía meteorológica identificada y su clasificación mediante el Índice Porcentaje de Precipitación Normal (PPN). Los resultados demuestran que, en los últimos 10 años, ocurrió un total de 32 eventos de sequía (27 %) lo que representa un promedio de 3,2 sequias por meses. La sequía Severa y Extrema tuvo una incidencia del 16 %; mientras que la sequias severa fue sólo el 8 % al igual que la sequía extrema. En esta Tabla los valores superiores a 100 % representan meses con superávit de precipitaciones (sin sequía). En este caso los

años 2014, 2017 y 2019 contribuyen al logro de mejores resultados desde el punto de vista hidrológico, agroproductivo y ambiental.

Tabla 9. Cantidad de sequía meteorologica y su clasificacion mediante el Índice PPN (%).

Mes/Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ene.	28	30	56	69	99	369	57	208	65	19
Feb.	11	46	3	326	11	17	103	6	109	29
Mar.	33	72	8	132	26	314	160	62	291	32
Abr.	327	341	169	274	75	112	109	550	480	176
May.	731	1280	717	671	909	452	749	1369	787	1028
Jun.	1331	538	662	694	390	1481	312	656	185	403
Jul.	574	593	687	434	403	376	341	374	671	532
Ago.	311	1138	630	277	679	1045	703	189	393	143
Sep.	665	995	720	555	324	714	2065	519	510	438
Oct.	373	751	520	774	617	204	534	287	628	981
Nov.	143	1	201	170	348	22	184	1	87	962
Dic.	152	41	89	43	219	31	185	91	324	16

Efectos de la sequía sobre la agricultura

En la Tabla 4 se demuestra que el año 2017 se comportó hidrológicamente como un año húmedo (H), a partir de la valoración de la acuosidad de los años de la serie según la probabilidad de las precipitaciones. Este comportamiento permitió que se alcanzaran rendimientos beneficiosos con valores de 7,75 t ha⁻¹ en el cultivo de maíz (Brown et al., 2019), lo cual fue demostrado en la investigación realizada en la Finca Tío Pedro del municipio de Venezuela, provincia Ciego de Ávila, Cuba (Figura 8).

La fecha de siembra del cultivo fue el 08/08/2017 y la cosecha el 23/10/2017 como maíz tierno. La precipitación total ocurrida durante el ciclo vegetativo fue de 775,7 mm de los cuales el 20 % correspondió al mes de agosto, el 71 % al mes de septiembre y el 10 % al mes de octubre (Figura 9).



Figura 8. Cosecha de los frutos en el cultivo de maíz.

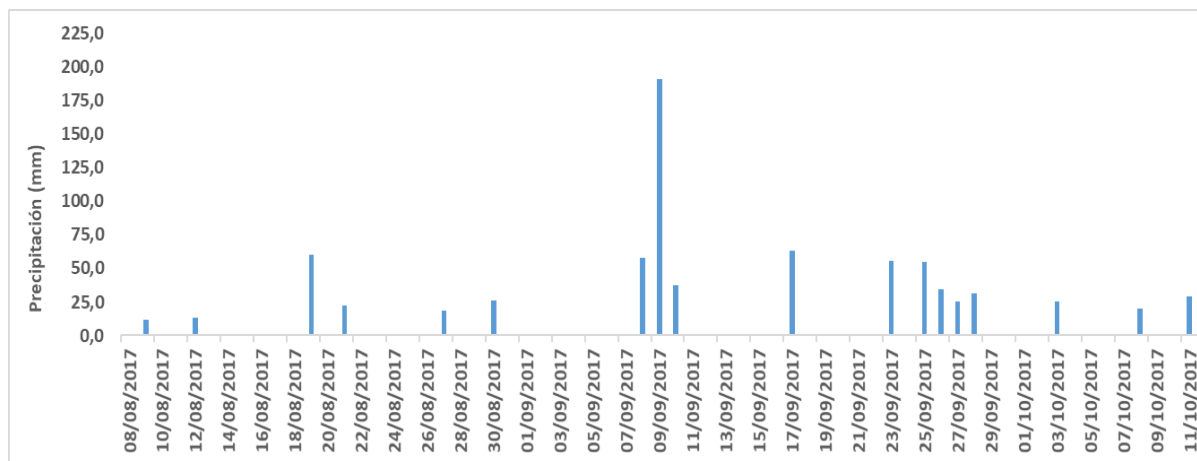


Figura 9. Fechas y magnitud de las precipitaciones que sustituyen eventos de riego.

El número de días con lluvias en cada uno de los meses fue de 6, 9 y 3 respectivamente para un total de 18 días con lluvias; por lo que el intervalo entre lluvias fue de 4, 3 y 4 días respectivamente para un valor promedio de cuatro días. Este comportamiento de la lluvia demostró que no fue necesario la aplicación de riegos para suplir las demandas hídricas en el cultivo de maíz.

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) considera que la mayor amenaza originada por la sequía es la disminución de la humedad de los suelos, lo cual tiene una elevada relación con la agricultura y específicamente con la producción de granos básicos (CEPAL, 2001). El cambio climático y la sobreexplotación de la tierra pueden agravar los efectos de la sequía sobre los cultivos de maíz y frijol (Bonilla, 2014).

La *Mesoamerican Famne Early Warning System* (MFEWS) opina que la producción de granos básicos requiere hacer coincidir las necesidades de desarrollo de los productos con las condiciones climáticas; pues tanto el déficit hídrico como el exceso pueden afectar el rendimiento del cultivo. En este caso el pronóstico de posibles irregularidades en la precipitación, permite realizar ajustes en las fechas de siembra o de cosecha, para reducir el impacto sobre la producción (MFEWS, 2008).

CONCLUSIONES

La investigación desarrollada para determinar la tendencia de la sequía meteorológica en el municipio Venezuela demostró que el 50 % de los meses tuvieron un comportamiento normal desde el punto de vista hidrológico; sin embargo, mayo fue un mes muy húmedo y febrero muy seco.

La magnitud de la sequía fue superior a 124 mm en el 70 % de los meses, la duración promedio fue de cuatro meses en cada año y las intensidades promedio y máxima

sobrepasaron el valor de 39 mm mes⁻¹ en el 60 % de los meses y 64 mm mes⁻¹ en 80 % de los meses respectivamente.

La magnitud de la sequía mostró un incremento con pendiente positiva de 8,2; mientras que la duración prácticamente no experimentó cambios pues la pendiente es prácticamente nula (0,007).

En los últimos 10 años, ocurrió un total de 32 eventos de sequía meteorológica (27 %) lo que representa un promedio de 3,2 sequías por meses. La sequía Severa y Extrema tuvieron una incidencia del 16 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONILLA, A. (2014). Patrones de sequía en Centroamérica. Su impacto en la producción de maíz y frijol y uso del Índice Normalizado de Precipitación para los Sistemas de Alerta Temprana. Tegucigalpa, Honduras: Ed. GWP Centroamérica y la Cooperación Suiza, 52 p.
- BROWN, O., GALLARDO, Y. y PEÑA, M. (2019). Impactos de la carrera ingeniería hidráulica en el contexto de la Tarea Vida en la provincia Ciego de Ávila. *Revista Universidad & ciencia*, Vol.8, No. XLI aniversario de la UNICA, pp.882-895.
- CALAHORRANO, J. ...[et al.] (2017). Análisis de tendencia en la precipitación anual (1964 – 2011) en la cuenca de Pastaza-Ecuador. *Revista Aqua-LAC*. Vol. 9, No. 2, p. 73 - 84.
- CENTELLA, A.; NARANJO, L. R., y PAZ, L. R. (1997). Variaciones y cambios del clima en Cuba. La Habana: Ed. Instituto de Meteorología, 55 p.
- CEPAL. (2001). La sequía de 2001 en Centroamérica. México: Ed. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 173 p.
- CURI, S. (2014). Caracterización de las sequías hidrológicas en las principales cuencas de la vertiente del Océano Pacífico. Tesis de pregrado. Ayacucho, Perú: Ed. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 147 p.
- CUTIÉ, V. (2013). La sequía en Cuba, un texto de referencia. Proyecto, No. 1/OP-15/GEF. La Habana: Ed. Instituto de Meteorología, 358 p.
- DURÁN, I. (2016). Cantidad de días con lluvia y su distribución por intervalos en condiciones normales y de sequía severa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, Vol. 22, No. 1, p. 49-65.
- ELÍAS, F. y CASTELLVÍ, F. (1996). Agrometeorología. Madrid, España: Ed. Mundi-Prensa, 251 p.
- GARCÍA, A. N. (2008). Metodología para la generación y evaluación de políticas de

- operación en sistemas de recursos hídricos. Aplicación a un sistema de México. España: Ed. Universidad Politécnica de Valencia, p.160.
- HEIM, R. (2002). A Review of Twentieth Century Drought Indices Used in the United States. USA: Ed. American Meteorological Society, pp. 1149-1165.
- LOBOS, G. y MUÑOZ, T. (2005). Índices de estacionalidad de los precios medios recibidos por los productores de manzanas chilenas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, Vol. 40, No. 11, pp.1051-1057.
- LORENZO, J. (2012). Las sequías hidrológicas en la Península Ibérica: Análisis y caracterización espacio temporal, influencias climáticas y el efecto de la gestión hidrológica en un contexto de cambio global. Tesis Doctoral. Zaragoza, España: Ed. Universidad de Zaragoza, p. 255.
- MAGAÑA, V. ...[et al.] (2018). El riesgo ante la sequía meteorológica en México. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*. Vol. 9, No. 1, p. 35-48.
- MFEWS. (2008). Perspectiva de Seguridad Alimentaria, julio a diciembre 2008. USAID, Mesoamerican Famne Early Warning System (MFEWS). Disponible: <https://fews.net/es/global/food-security-outlook/june-2008>. Visitado: 15 de abril de 2022.
- OLIVARES, B. O. (2016). Caracterización de la sequía meteorológica en la red de estaciones agrometeorológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Venezuela. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía, España, pp. 69.
- OMM. (2006). Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. Información meteorológica y climática para el desarrollo agrícola sostenible, No. 1006, Ginebra, Suiza. Ed. Organización Meteorológica Mundial, p. 26.
- OMM (2016). Estado del Clima Mundial 2011-2015. No. 1179. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza: Ed. Organización Meteorológica Mundial, p. 28.
- OTERO, M. y BARCIA, S. (2018). Manifestaciones de la sequía meteorológica en la provincia de Villa Clara (Cuba) en el período 2000-2017. *Revista Investigaciones Geográficas*, Vol. 70, pp.197-217.
- PACHECO, J. ...[et al.] (2007). Riego y Drenaje. 2da ed. La Habana: Ed. Félix Varela, 414 p.
- PLÚA, J. L. (2021). Curvas IDF mediante el método de Pearson para la cuenca

- hidrográfica MA-01 del Sur de Manabí, caso Sub-cuenca del río Jipijapa. Tesis de Pregrado. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador, 111 p.
- PRIYAN, K. (2015). Spatial and temporal variability of rainfall in Anand District of Gujarat State. *Aquatic procedia*, pp. 713-720. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.092>. Visitado: 7 de abril de 2022.
- SOLANO, O. ...[et al.] (2007). Una aproximación al Conocimiento de la Sequía en Cuba y sus efectos en la Producción Agropecuaria. *Revista Zonas Áridas*, Vol. 11, No. 1, pp. 85-100.
- TAXAK, A. R., MURUMKAR, A. R., y ARYA, D. S. (2014). Long term spatial and temporal rainfall trends and homogeneity abalysis in Waiganga basin, Central India. *Weather and climate extremes*, Vol. 4, p. 50-61. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2014.04.005>. Visitado: 25 de marzo de 2022.
- VELASCO, I. (2013). Agua, sequía y cambio climático. IMTA. Disponible: <https://www.imta.gob.mx/conamexphi/index.php?option>. Visitado: 12 de abril de 2022.
- VILLALOBOS, A. (2007). Análisis y seguimiento de distintos tipos de sequía en la cuenca del río Júcar. Tesis Doctoral. Valencia, España: Ed. Universidad Politécnica de Valencia, 138 p.
- VILLÓN, M. (2002). Hidrología. Serie de Ingeniería Agrícola. Cartago, Costa. Ed. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 433 p.