



Cartógrafo.CL/03-2022



(*) Ingeniero
Hidrógrafo Geodesta
Especialista en
Meteorología

Cuba



Caracterización del evento de sequía meteorológica

durante el período 2014-2017
en la provincia Ciego de Ávila (Cuba)

Alexey Valero Jorge (*)

RESUMEN

El principal objetivo de este estudio es caracterizar el comportamiento del evento de sequía meteorológica en la provincia Ciego de Ávila, incluyendo los Cayos Coco y Guillermo, en el período 2014-2017. Se analizó el comportamiento de este evento de sequía meteorológica por períodos estacionales, lluvioso (mayo-octubre) y poco lluvioso (noviembre-abril). Para ello se utilizó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) y las Anomalías de la Precipitación (AP). Como principal resultado de los obtenidos en este estudio se concluyó que, durante este período 2014-2017, los semestres de mayor afectación fueron de noviembre 2014 a abril 2015, de mayo a octubre de 2016, y de noviembre 2016 a abril 2017. Este último fue el de mayor intensidad y extensión en el territorio de los siete que presentaron déficits en las precipitaciones. Los resultados obtenidos en esta investigación permiten y contribuyen a acelerar el proceso de toma de decisiones ante futuros eventos de sequía a escala local.



alexailyn3101@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La sequía es uno de los fenómenos naturales que tiene una influencia extrema en el clima (Mishra & Singh, 2010; 2011). Esta ejerce una influencia significativa en la sostenibilidad de los recursos hídricos, así como en la producción agrícola y el medio ambiente (Dai, 2011; Samarah, 2005). La sequía se caracteriza por la frecuencia, el umbral de intensidad y la duración. También se estudia desde tres puntos en función de aspectos influyentes como la precipitación, la evaporación, la humedad del suelo, la vegetación y el caudal de los arroyos (Ionita *et al.*, 2016; Eswar *et al.*, 2018). Wilhite & Glantz (1985), entre un amplio espectro de enfoques, implantan cuatro tipos principales de sequías: meteorológica, agrícola, hidrológica y social o económica. Los cuatro tipos de sequías antes mencionadas se distinguen por distintas características de formación. Aquellos factores que afectan cada una de ellas están correlacionada. La sequía meteorológica es de entre todas ellas la más importante, por cuanto todos los tipos de sequías se derivan de esta, en particular, de la escasez de precipitaciones (Kerang, 1993).

El estudio en cuestión analiza directamente la sequía meteorológica en la provincia Ciego de Ávila (incluyendo sus cayos al norte). Según Wilhite & Glantz (1985), se entiende por sequía meteorológica cuando la precipitación aparece muy por debajo de lo esperado en una amplia zona y para un largo período. En diferentes estudios se ha demostrado que el déficit de agua provocado por la sequía es cada vez más recurrente y constante, y a su vez afecta de manera severa a las regiones en las que esta se manifiesta. A medida en que se está menos preparado para afrontarlas, las consecuencias económicas, sociales y ecológicas son más graves. La mejor estrategia para disminuir la vulnerabilidad es la prevención (Velasco & Collado, 1998).

La región de América Latina, en los últimos años, ha registrado cambios constantes en los patrones climáticos, reduciéndose o concentrándose los días y volúmenes de lluvias, lo que conlleva a recurrentes períodos de sequía y a efectos devastadores en la seguridad alimentaria y nutricional; así como en el acceso al agua de las poblaciones más vulnerables que viven en zonas muy expuestas (ECHO, 2014). Se conocen los trabajos en Centroamérica y el Caribe realizados por Calvo-Solano *et al.* (2018) en el Corredor Seco Centroamericano (abarcá El Salvador, Honduras y Guatemala). En otros estudios, Honduras se identifica ante la sequía en la región como el de mayor vulnerabilidad (Bouroncle *et al.*, 2015). Hay que destacar también a Paredes *et al.* (2008), quienes analizan espacialmente el fenómeno de la sequía a través del SPI en los Llanos de la región de Venezuela. En Cuba, según Centella *et al.* (2006) y Otero & Barcia (2018), eventos moderados y severos de sequía se duplicaron durante el período normal 1961-1990, en relación con el anterior período 1931-1960. Durante la década de los años 1990, las afectaciones sucedidas en los veranos de 1993, 1994, 1998 y 2000 fueron muy considerables, especialmente, el suceso de 1998 que fue uno de los más intensos para el período abril-mayo-junio, reconocido por el Centro del Clima del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), en sus estadísticas, disponibles desde 1941. El evento de sequía de corto período transcurrido desde abril hasta julio de 1998 se mostró de una forma muy sensible en todo el país y en algunos municipios de la región oriental del país (usualmente afectados por sequía). El perjudicial impacto de este evento alcanzó la categoría de desastre, provocando incontables daños y molestias en la población. Entre los años 2003-2005, se mostró otro evento de

sequía en Cuba, el cual, según se tienen registros, fue clasificado como el más intenso. En el año 2004, el acumulado de lluvia durante los doce meses (enero-diciembre), respecto a iguales períodos de tiempo en los últimos 74 años, mostró que fue el peor caso desde 1931 en seis provincias del país: Villa Clara, Sancti Spíritus, Camagüey, Las Tunas, Holguín y Granma; mientras que la provincia Ciego de Ávila fue uno de los segundos peores casos (Centella *et al.* 2006).

Los daños ocasionados por esta sequía fueron considerables para el país, el gasto producido por estos en 2005 (solo a los agricultores cubiertos por el ramo de seguros de bienes agropecuarios) fueron diez veces mayor a la media de los gastos del período 1991-1997 (Solano *et al.*, 2006). En Cuba se presta cuidadosa atención a los repetidos y desfavorables eventos de sequía que combinados con altas tasas de evaporación causan el agotamiento de los suelos y la disminución de las reservas de agua subterráneas, las que son de vital importancia en especial para la provincia Ciego de Ávila. La primera versión del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía (SNVS) del INSMET fue conformada por Lapinel *et al.* (1993) y Lapinel *et al.* (1998), basada en el uso de los deciles, método que es utilizado desde la década de 1960 a la actualidad por el Servicio Meteorológico Australiano. En la actualidad, se destacan los estudios de Centella *et al.* (2001); Centella *et al.* (2006); Solano *et al.* (2006) y Cutié *et al.* (2013); sin embargo, dos de los más actuales pertenecen a Otero y Barcia (2018) y Barcia *et al.* (2019).

Otero y Barcia (2018) realizan un análisis a escala provincial del comportamiento de la sequía meteorológica en el período 2000-2017, empleando el Índice Estandarizado de Precipitación, SPI, y Barcia *et al.* (2019) enfocan su estudio a la caracterización e impacto de la sequía meteorológica ocurrida entre el 2014 y el 2017 en la provincia de Cienfuegos, al igual que el anterior estudio se empleó el SPI.

La novedad principal del estudio radica en la realización del análisis de la sequía meteorológica en la provincia Ciego de Ávila, fortaleciendo el conocimiento del tema y favoreciendo así el perfeccionamiento de la provincia, para tomar decisiones respecto a este fenómeno extremo. Por lo antes mencionado, el objetivo principal del estudio es caracterizar el comportamiento de la sequía meteorológica en la provincia Ciego de Ávila durante el período 2014-2017.

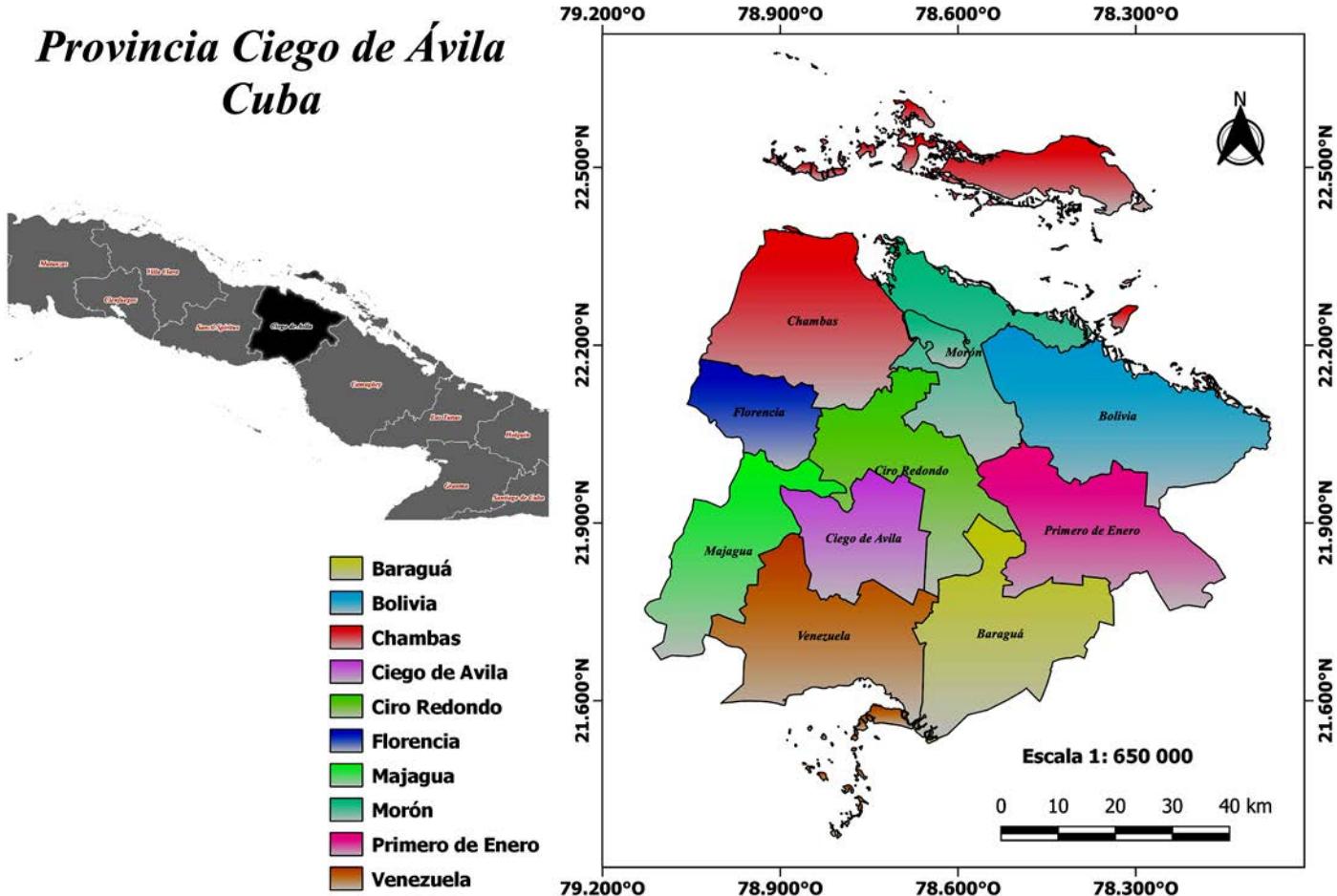
Severidad, magnitud y extensión geográfica son los parámetros utilizados para caracterizar la sequía, e innumerables han sido los índices creados para su descripción, aunque la mayoría no siempre son adecuados y funcionales para todo tiempo y lugar, lo que muestra la complejidad y desconocimiento del fenómeno.

En diciembre de 2009, en el marco de la última Conferencia Internacional sobre Sistemas de Alerta Temprana e Índices de Sequía, desarrollada en Nebraska, Estados Unidos, y publicada por la OMM (Organización Meteorológica Mundial de las Naciones Unidas), se definió el SPI como indicador para la vigilancia de sequías meteorológicas. Además de otros indicadores como la distribución espacial de las precipitaciones y las anomalías de la precipitación.

MATERIALES, DATOS Y MÉTODOS

Zona de estudio

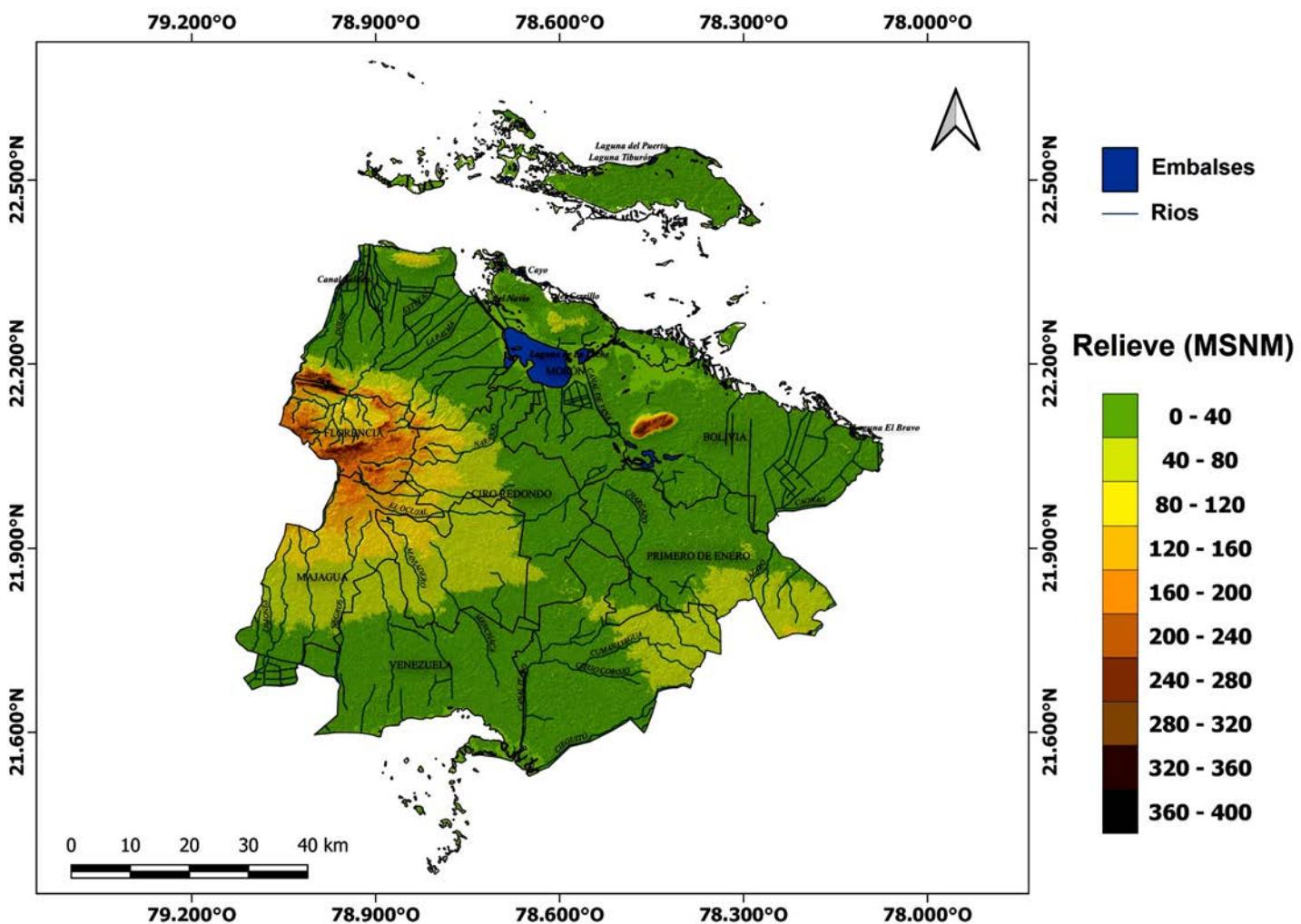
La provincia Ciego de Ávila está ubicada en la parte central de la isla de Cuba, limitando al oeste con la provincia de Sancti Spíritus, al norte con el Canal Viejo de las Bahamas, al este con la provincia Camagüey y al sur con el Golfo de Ana María. Esta ocupa el séptimo lugar en extensión territorial entre las provincias del país con 6.946,9 km², representando el 6,3 % de la superficie del país (Figura 1).



La provincia posee un relieve predominantemente llano (Figura 2), ocupando la mayor parte de su superficie la Llanura de Júcaro-Morón, la cual es interrumpida por pequeñas elevaciones aisladas como la Loma de Cunagua (332 m), Loma La Carolina (84 m) y Loma de Turiguanó (105 m). Al oeste de la provincia se encuentran los extremos orientales de las llanuras de Sancti Spíritus, hacia el centro-oeste de la provincia a la Sierra de Jatibonico, la cual posee las alturas culminantes del territorio con 442 m. Las costas de la provincia en su totalidad están formadas por llanuras planas y está presente una plataforma insular ancha bordeada en el extremo exterior por cayos, al norte el archipiélago de Sabana-Camagüey y al suroeste el archipiélago Jardines de la Reina.

Su sistema hidrográfico está constituido por 12 cuencas hidrográficas, tres de las cuales son de gran interés provincial. El Itabo con 522 km² es la mayor, se destaca además la cuenca Chambas con 376 km².

Figura 1: Ubicación geográfica de la provincia Ciego de Ávila, Cuba.



Sus principales lagunas son la de La Leche (67 km^2), que es la mayor del país y La Redonda (5 km^2). El mayor embalse es el Hidroconjunto Liberación de Florencia. Los principales ríos de la región son el de Majagua con 72 km y el de Chambas con 68 km de longitud.

Resulta evidente la pobreza en cuanto a las aguas superficiales, por lo que se hace necesario el uso como fuente de abasto de las aguas subterráneas. La cuenca norte posee una capacidad de 148,8 millones de $\text{m}^3/\text{año}$, en el caso de la cuenca sur su capacidad es de 90 millones de $\text{m}^3/\text{año}$; esta agua se encuentra a una profundidad de 3 a 5 m en la parte norte y a más de 12 m en la parte sur.

Metodología

Gran variedad de índices se ha desarrollado para la cuantificación de la sequía. El PDSI, Índice de Severidad de Palmer (Palmer, 1965; Alley, 1984) y el SPI (McKee *et al.*, 1993; Guttman, 1999) son dos de los índices más utilizados, y que permiten monitorear las condiciones de sequía y proporcionar información actualizada sobre regiones afectadas. Existen otros índices que se han desarrollado en pos de cuantificar la sequía e identificar la severidad de la misma; ejemplos de esto son: Rainfall Anomaly Index (RAI) (Van Rooy, 1965); Bhalme and Mooly Drought Index (BMDI) (Bhalme & Mooley, 1980); Resiliency-Reliability-Vulnerability (RRV), que fue introducido por primera vez por Loucks (1997), referenciado luego por Panaou (2018); Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) (Vicente-Serrano *et al.*, 2010); Effective Drought Index (EDI) (Byun & Wilhite, 1999); y Drought Frequency Index

Figura 2: Relieve e hidrografía de la provincia Ciego de Ávila, Cuba.

(DFI) (González y Valdés, 2006). La caracterización de la sequía en una zona determinada es muy útil, tanto para definir sistemas de alerta temprana (Kogan, 2000), como para la planificación y gestión de los recursos hídricos (Zargar *et al.*, 2011).

McKee *et al.* (1993) desarrollaron el SPI para cuantificar el déficit de precipitaciones durante múltiples escalas temporales. El impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos es mostrado por estas escalas de tiempo. El SPI es calculado ajustando la distribución de frecuencia de la precipitación de un lugar dado, en la escala de tiempo de interés, con una función teórica de densidad de probabilidad. De acuerdo con varios autores (Thorn, 1966; Young, 1992; Lloyd-Hughes & Saunders, 2002) la función más apropiada para este ajuste es la Gamma, aunque ésta ofrece algunas dificultades en las zonas de muy poca precipitación debido a que no se encuentra definida para valores de la variable iguales a 0. La función de densidad es luego transformada a una distribución normal estandarizada (con media igual a 0 y varianza igual a 1), siendo el SPI el valor resultante de esta transformación. Este índice representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico (el cual queda representado por 0). Los valores negativos del SPI representan déficit de precipitación y, contrariamente, los valores positivos indican que la precipitación ocurrida ha sido superior al promedio histórico (Otero y Barcia, 2018).

Se utilizan los tonos de color verde para identificar los excesos de lluvia (valores positivos de las precipitaciones), los cuales varían desde 0,5 hasta valores mayores o iguales a 2. Los tonos de color amarillo hasta el rojizo para indicar los déficits en las precipitaciones, es decir, los valores negativos que varían desde -0,5 hasta -2 o valores inferiores a este. Finalmente, para los valores cercanos a lo normal se utiliza el color blanco (**Tabla 1**). Es conveniente señalar que estas categorías son ajustadas según objetivos específicos.

| Descripción | SPI |
|------------------|---------------|
| Humedad Extrema | $\geq 2,0$ |
| Humedad Severa | 1,50 a 1,99 |
| Humedad Moderada | 1,0 a 1,49 |
| Humedad Débil | 0,50 a 0,99 |
| Normal | -0,49 a 0,49 |
| Sequía Débil | -0,99 a -0,50 |
| Sequía Moderada | -1,49 a -1,0 |
| Sequía Severa | -1,99 a -1,50 |
| Sequía Extrema | $\leq -2,0$ |

Tabla 1. Escala utilizada para el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).

Uno de los principales indicadores del comportamiento de la precipitación en un período y lugar determinado es la anomalía de la precipitación, parámetro que mide la desviación en porcentaje de la precipitación de un período determinado respecto al valor medio histórico del período de referencia (se considera la Norma 1971-2000 del INSMET). Las Anomalías de la Precipitación (AP) muestran que tan lejos está la precipitación registrada, tanto por debajo o por encima del valor medio o normal considerado; la variabilidad climática y los posibles cambios climáticos son evaluados por este indicador, las mismas pueden ser tomadas como indicador de sequías meteorológicas; lugares que pudieron sufrir sequías capaces de impactar las activi-

dades socioeconómicas pueden ser determinadas por este indicador (AP por debajo del 90%). Las AP relacionan de forma porcentual el valor de la precipitación total anual contra la precipitación promedio multianual. Cuando los valores del índice se alejan del 100% se puede decir que existe AP; aquellos valores que se encuentran por debajo del 60% (González & Casallas, 2014), se clasifican como deficiencia.

Las AP se clasifican en siete rangos de valores distribuidos desde muy por encima de lo normal hasta muy por debajo de lo normal ([Tabla 2](#)).

| AP en % | Descripción |
|---------|---------------------------------------|
| 0-29 | Muy por debajo de lo normal |
| 30-59 | Moderadamente por debajo de lo normal |
| 60-89 | Ligeramente por debajo de lo normal |
| 90-109 | Normal |
| 110-139 | Ligeramente por encima de lo normal |
| 140-169 | Moderadamente por encima de lo normal |
| >170 | Muy por encima de lo normal |

Tabla 2. Escala utilizada para clasificar las Anomalías de Precipitación (AP).

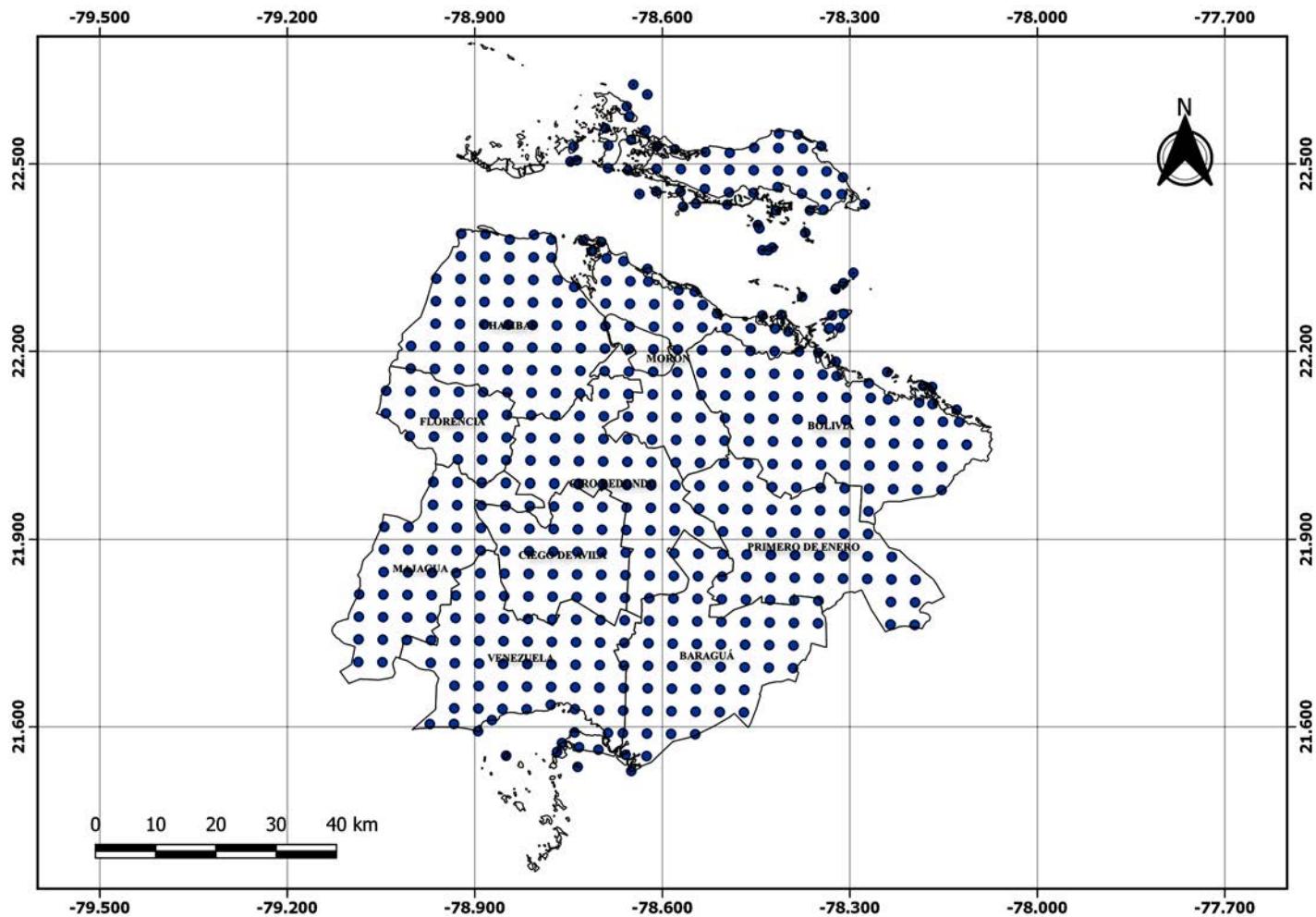
Este indicador solo es utilizado para establecer sequías meteorológicas como es en el caso de estudio.

Las anomalías que se catalogan como «ligeramente por debajo de lo normal», en lugares con altos niveles de vulnerabilidad pueden ocasionar algunos impactos negativos; son ejemplo de ello, áreas deforestadas con suelos superficiales o zonas muy pobres, donde no se pueden adoptar medidas para mitigar los efectos de la deficiencia en precipitación. Las AP que presentan características de «moderadamente por debajo de lo normal» pueden implicar, para el normal progreso de los cultivos en áreas no vulnerables, el uso de riego además del ahorro del agua para evitar graves impactos en la población. Las catalogadas de «muy por debajo de lo normal» impactan fuertemente todas las actividades socioeconómicas.

Similar al resto de indicadores desarrollados para monitorear la sequía, estos presentan debilidades durante los meses del período poco lluvioso, donde las precipitaciones medias son muy bajas o nulas, por lo cual, cantidades pequeñas de estas, pueden dar lugar a valores altos de la anomalía de precipitación, sin que ello signifique cambios significativos en la precipitación.

Fuentes

Se utilizaron como datos para el análisis las salidas del SNVS (Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía), los cuales dividen la provincia en una rejilla de 4x4 km, complementando un total de 492 puntos ([Figura 3](#)). Esta rejilla fue construida con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), interpolando valores de precipitación provenientes de estaciones pluviométricas, las cuales fueron certificadas por el Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INRH) en el 2005. Estos datos representan la información de 60 años de la variable precipitación, distribuidos entre 1961 y el 2020 (Valero *et al.*, 2021).



Los mapas que se presentan se confeccionaron utilizando el software QGIS, en su versión 3.16.1, Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android; todos estos a partir del método de Interpolación de Distancia Inversa Ponderada o IDW (por sus siglas en inglés).

RESULTADOS

Características de la sequía meteorológica ocurrida durante el período 2014-2017 en la provincia Ciego de Ávila

Este extenso evento de sequía se prolongó durante 42 meses (un total de 7 períodos estacionales) e impuso pérdidas por déficit de precipitaciones en la provincia de forma muy marcada. La distribución de las precipitaciones en Ciego de Ávila expresadas mediante el SPI ([Figura 4](#)) en períodos de 6 meses (SPI-6), muestran el comportamiento de las precipitaciones en los períodos estacionales lluviosos y poco lluviosos.

Desde junio de 2014, la provincia experimentó un aumento de los déficits de lluvia, principalmente en su zona noroeste. Un 9,3 % del territorio mostró déficits de las precipitaciones, de este porcentaje, un 7,5 % se clasificó como de sequía débil, un 1,6 % como sequía moderada y un 0,2 % como severa. Específicamente, fueron

Figura 3. Red de puntos utilizados en el estudio.

los municipios de Chambas y Florencia los que presentaron condiciones desfavorables, y al igual que estos, los cayos al norte de la provincia presentaron déficits de precipitaciones ([Apéndice 1](#)). El período poco lluvioso que le sucedió (noviembre 2014 a abril 2015) mostró a la provincia con afectaciones por sequía meteorológica de hasta un 74,5 % ([Figura 5](#)) del área total, siendo esta la segunda de mayor extensión territorial; un 58,5 % se caracterizó como sequía débil, un 13,2 % como sequía moderada, un 2,6 % de sequía severa y un 0,2 % como extrema. Los cayos al norte de la provincia (Cayo Coco y Guillermo) fueron los de mayor afectación con el 100 % del área bajo condiciones de sequía meteorológica; los tres municipios con mayor área de afectación durante este período poco lluvioso fueron Chambas, Bolivia y Morón.

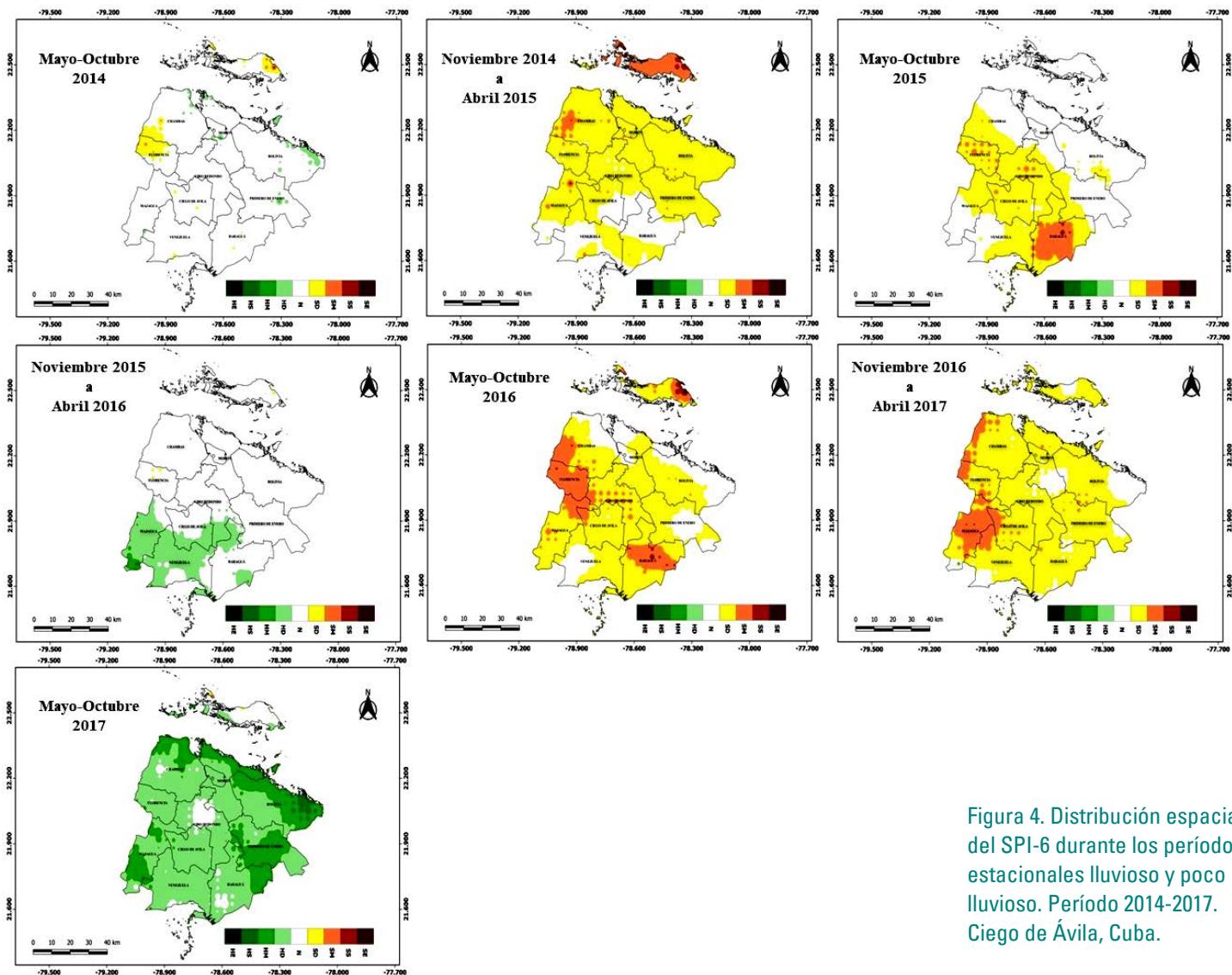


Figura 4. Distribución espacial del SPI-6 durante los períodos estacionales lluvioso y poco lluvioso. Período 2014-2017. Ciego de Ávila, Cuba.

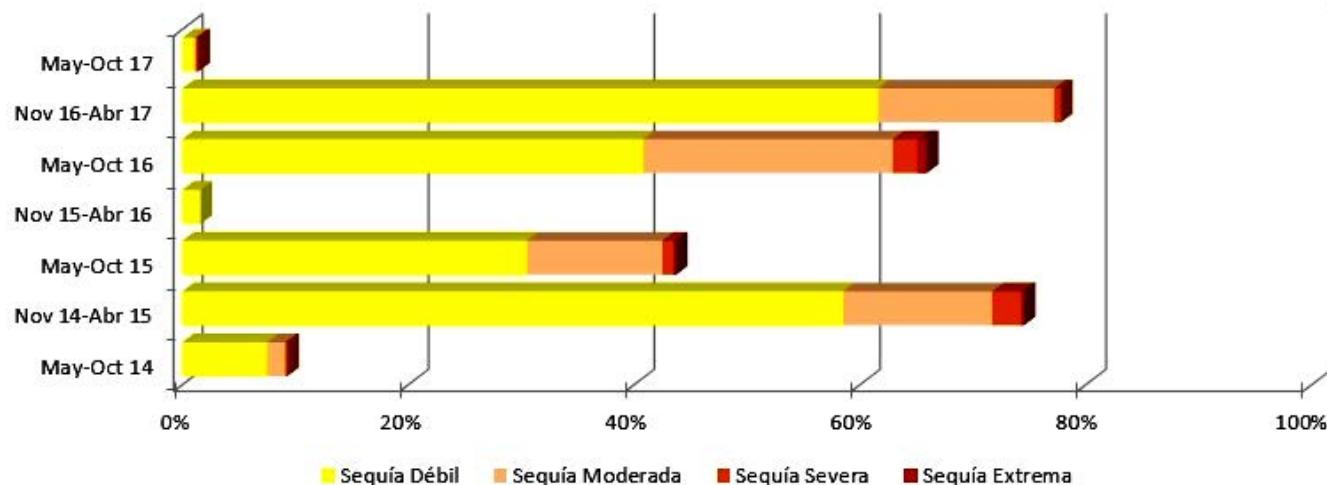
En el período mayo a octubre 2015 fue afectado un 43,7 % del territorio, los municipios más afectados durante todo este semestre fueron Florencia, con el 100 % de su territorio bajo condiciones de sequía meteorológica, Baraguá fue el segundo con mayor área afectada con un 91,6 % y Ciro Redondo con el 90,6 %.

El semestre siguiente, noviembre 2015 a abril 2016, mostró valores acumulados por encima de lo normal. El fuerte evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS),

que se presentó en la mayor parte del año 2015 y principios del 2016, influenció de manera positiva a las lluvias ocurridas en el trimestre noviembre 2015 a enero 2016. Esto logró revertir la situación que presentaba la provincia de forma parcial. A partir de febrero del 2016 las lluvias comenzaron a disminuir drásticamente presentando déficits muy grandes durante el trimestre febrero a abril de 2016.

Las condiciones de sequía volvieron a intensificarse para el período mayo a octubre de 2016, siendo este el tercero de mayor extensión territorial (65,9 %); al finalizar este semestre, la provincia mostró un 40,8 % de su territorio bajo condiciones de sequía débil, un 22,1 % como sequía moderada, un 2,2 % como severa y un 0,8 % como extrema. Los municipios con mayor área afectada por la sequía meteorológica fueron Florencia y Ciro Redondo.

Figura 5. Porcentaje de área afectada en la provincia Ciego de Ávila según el SPI-6, durante el período (2014-2017).



Para el período poco lluvioso de noviembre 2016 a abril 2017, las condiciones se intensificaron aún más en la provincia, llegando a ser este el de mayor extensión bajo condiciones de sequía meteorológica, con un 77,8 % del territorio afectado. Los municipios Ciego de Ávila y Majagua durante este período presentaron 100 % de su territorio con déficits de precipitaciones como expresa el SPI-6, y el municipio de Florencia con un 95,0 %, siendo este el tercero más afectado ([Apéndice 2](#)).

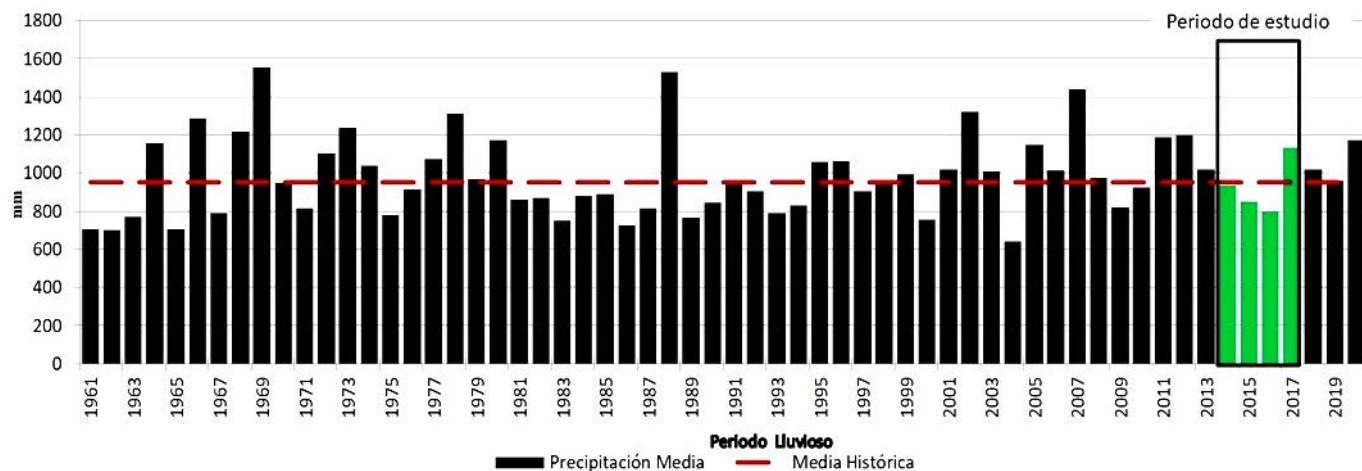
Durante los meses de mayo, junio, julio y agosto de 2017, esta desfavorable situación se mantuvo en la provincia; hasta que cambió drásticamente debido a la influencia de las lluvias intensas oca-sio-nadas tras el paso del Huracán Irma por el territorio avileño en septiembre de 2017.

Análisis espacial de las lluvias en la provincia Ciego de Ávila expresadas por las Anomalías de la Precipitación durante el evento de sequía meteorológica 2014 -2017

- Período lluvioso

En el archipiélago cubano, las precipitaciones ocurren debido a procesos diferentes a escala sinóptica, las cuales varían en dependencia de la época del año, mostrándose dos estaciones bien contrastadas: período lluvioso (mayo a octubre) y período poco lluvioso (noviembre a abril).

En la provincia de Ciego de Ávila, la cual es objeto de estudio, los acumulados medios de las precipitaciones logran alcanzar los 951,2 mm durante el período estacional lluvioso (Figura 6).



Durante el período lluvioso de mayo a octubre 2014, un 16,0 % del territorio presentó AP por debajo de la media histórica ([Tabla 3](#)). La región con mayor área por debajo de lo normal fueron los Cayos Coco y Guillermo; y el municipio con mayor porción del territorio por debajo de la media fue Chambas ([Apéndice 3](#)).

El período estacional de mayo a octubre de 2015 ([Figura 7](#)) mostró a la provincia Ciego de Ávila con más del 50 % de su territorio con sus AP por debajo de la media (58,3 %). Los municipios de la provincia con mayor afectación fueron Bolivia, con un 100 % del territorio clasificado como ligeramente por debajo de lo normal, Baraguá con un 81,3 % y Morón con un 81,2 %, ambos clasificados como ligeramente por debajo de lo normal. Durante el período lluvioso (mayo a octubre 2016) un 72,9 % del territorio manifestó las AP por debajo de lo normal, siendo este el período lluvioso con mayor extensión territorial clasificado por debajo de la media histórica durante la serie 2014-2017; de este, un 70,9 % se caracterizó como ligeramente por debajo de lo normal y un 2,0 % como moderadamente por debajo de lo normal. Los cayos al norte de la provincia presentaron un 81,5 % de su territorio clasificado como ligeramente por debajo de lo normal y un 18,5 % como moderadamente por debajo de lo normal para un 100 % del territorio con AP por debajo de la media histórica; con un 100 % de su territorio igualmente clasificado por debajo de la media. No obstante, con menor intensidad estuvieron los municipios de Chambas y Bolivia, y con un 95,8 % el municipio de Morón.

El período estacional de mayo a octubre 2017, solo presentó a la provincia Ciego de Ávila con un 4,5 % de su territorio con precipitaciones por debajo de la media histórica, y de este, los únicos territorios que presentaron AP por debajo de la media fueron los Cayos Coco y Guillermo, con un 42,6 % de su territorio, de este porcentaje un 38,9 % clasificado como ligeramente por debajo de lo normal y un 3,7 % clasificado como moderadamente por debajo de lo normal y el municipio Chambas con un 1,9 % de su territorio con condiciones por debajo de lo normal.

Figura 6. Comportamiento de las precipitaciones (mm) del período estacional lluvioso (1961-2020).

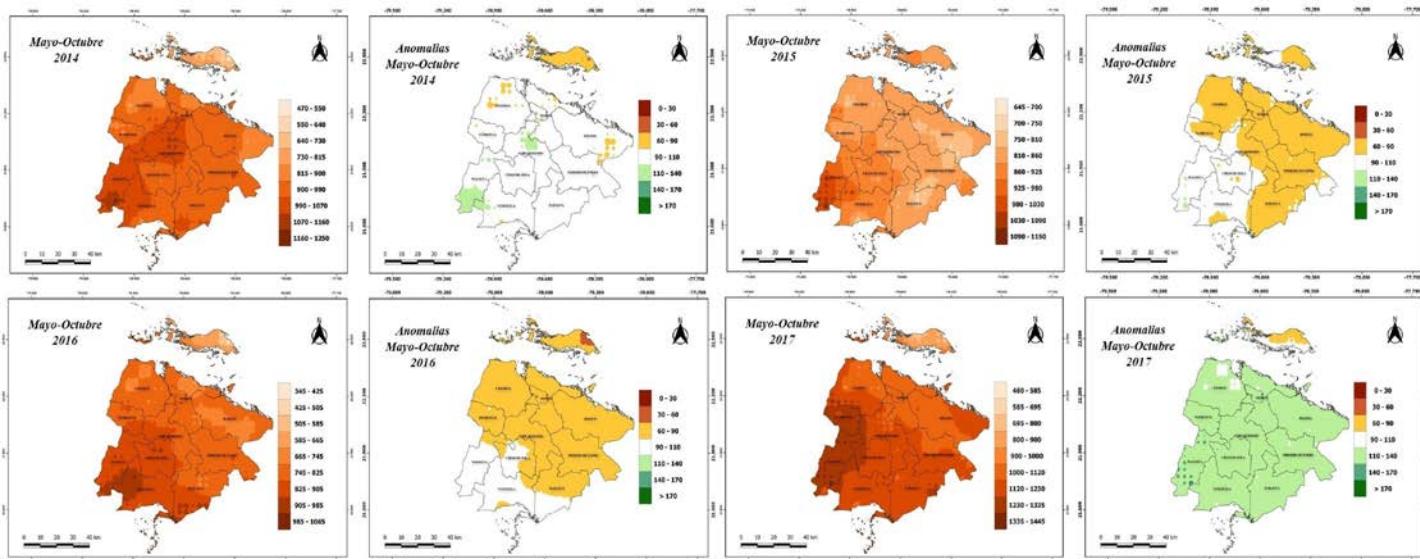


Figura 7. Distribución espacial de las precipitaciones (mm) y las AP (%) durante los períodos lluviosos en Ciego de Ávila, Cuba (2014-2017).

| Provincia | Período | Lig. DN | Mod. DN | MDN | Total |
|----------------|--------------|---------|---------|-----|-------|
| Ciego de Ávila | May-Oct 2014 | 15,2 | 0,8 | – | 16,0 |
| | May-Oct 2015 | 58,3 | – | – | 58,3 |
| | May-Oct 2016 | 70,9 | 2,0 | – | 72,9 |
| | May-Oct 2017 | 4,5 | – | – | 4,5 |

Tabla 3. Porcentaje de área afectada en la provincia Ciego de Ávila según las AP, durante el período 2014-2017.

• Período poco lluvioso

Durante el período estacional poco lluvioso, de noviembre a abril, en la provincia de Ciego de Ávila, los acumulados medios de las lluvias alcanzan los 281,8 mm (**Figura 8**), al analizarlos durante el evento de sequía meteorológica de 2014-2017 se observa lo siguiente:

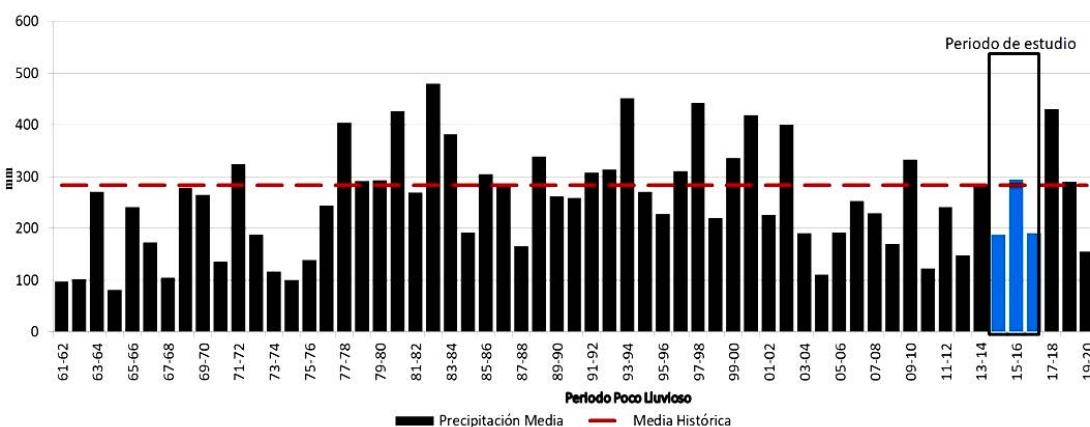


Figura 8. Comportamiento de las precipitaciones (mm) del período estacional poco lluvioso (1961-2020).

El período estacional poco lluvioso de noviembre 2014 a abril 2015, se comportó en casi la totalidad del territorio por debajo de la media histórica (98,8 %) (Tabla 4), de los diez municipios que conforman a la provincia, cinco de estos manifestaron el 100 % de su territorio con anomalías por debajo de la media, Morón, Baraguá, Majagua, Venezuela y Primero de Enero, además de la región de los Cayos Coco y Guillermo (Apéndice 4).

Durante el período noviembre 2015 a abril 2016, solo un 7,9 % del territorio se caracterizó por estar bajo la media histórica (Figura 9), las lluvias ocurridas en el trimestre noviembre 2015 a enero 2016 lograron revertir las condiciones en las que se encontraba la provincia, estuvieron influenciadas por el evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS) fuerte, que estuvo presente la mayor parte del año 2015 y principios del 2016 como se explicó anteriormente.

El período estacional poco lluvioso de noviembre 2016 a abril 2017 fue el segundo durante el evento de sequía meteorológica de 2014-2017, con mayor afectación al territorio por su extensión (solo superado por el período poco lluvioso de noviembre 2014 a abril 2015), pero el más intenso según lo expresado por las AP. Un 97,5 % del área total del territorio avileño presentó condiciones por debajo de lo normal. Cinco de los diez municipios de la provincia se clasificaron por debajo de la media histórica: Chambas, Baraguá, Ciego de Ávila, Venezuela y Ciro Redondo.

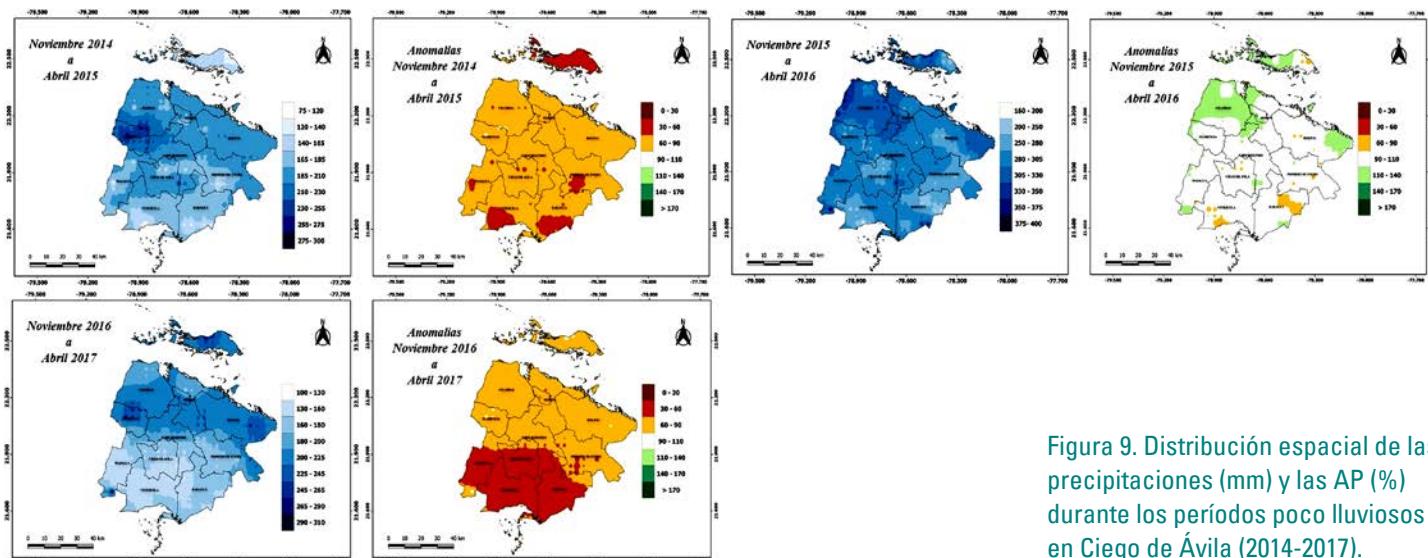


Figura 9. Distribución espacial de las precipitaciones (mm) y las AP (%) durante los períodos poco lluviosos en Ciego de Ávila (2014-2017).

| Provincia | Período | Lig. DN | Mod. DN | MDN | Total |
|----------------|---------------|---------|---------|-----|-------|
| Ciego de Ávila | Nov 14-Abr 15 | 80,3 | 18,5 | — | 98,8 |
| | Nov 15-Abr 16 | 7,7 | 0,2 | — | 7,9 |
| | Nov 16-Abr 17 | 65,4 | 32,1 | — | 97,5 |

Tabla 4. Porcentaje de áreas por debajo de lo normal en la provincia Ciego de Ávila, durante los períodos poco lluviosos (2014-2017).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el extenso evento de sequía iniciado en mayo de 2014 y prolongado durante 42 meses (un total de 7 períodos estacionales), los tres períodos estacionales de mayor extensión territorial y de mayor intensidad expresados por el SPI-6 fueron noviembre 2014 a abril 2015, mayo a octubre 2016, y noviembre 2016 a abril 2017, coincidiendo con los mayores déficits registrados en la región central del país, el más crítico fue el semestre noviembre 2016 a abril 2017. Este período estacional estuvo caracterizado en Cuba por severos déficits de precipitaciones que revistieron casi el 70 % del mismo, siendo las regiones occidental y central las más afectadas (BVC, 2017). Los territorios más afectados por la sequía (expresados por el SPI-6) dentro de la provincia fueron los municipios de Ciego de Ávila y Majagua (BVC-CAV, 2017), aunque cinco de los municipios de la provincia se clasificaron por debajo de la media histórica en su totalidad según las AP, coincidiendo con el SPI-6, en que los más afectados fueron los municipios antes mencionados.

No obstante, para Cuba el período estacional lluvioso más crítico fue el del 2015, se caracterizó por mostrar déficits importantes en los meses de mayo a julio, provocando que al finalizar el mismo la mitad del país estuviese afectado por la sequía meteorológica, siendo la región occidental y central las más afectadas (BVC, 2015).

Gracias al monitoreo constante por parte del SNVS de este intenso y extenso evento de sequía meteorológica, permitió alertar a las autoridades para que se pudieran tomar las medidas oportunas para tratar de disminuir sus impactos.

La provincia puso en práctica un plan de 60 medidas, entre las que estuvieron la construcción de conductoras, la sectorización del agua en comunidades y poblados donde la distribución del recurso es permanente, y la ejecución de 14 nudos y 24 registros pitométricos con el fin de operar con mayor eficiencia y mejorar las presiones de agua en el acueducto de la ciudad cabecera.

Otra iniciativa fue la perforación y puesta en funcionamiento de más de 2.000 pozos para el suministro de agua a los rebaños, tanques en los ríos y arroyos que hasta ese momento disponían del preciado líquido, además del empleo de unos 600 molinos de viento y centenares de electrobombas.

El 90 % del agua consumida por la población, la industria y la agricultura en la provincia se extrae de los 15 sectores hidrológicos existentes en el subsuelo, como indica el Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INRH), los cuales estaban en un estado muy deprimido ya que el manto freático, uno de los de mayor volumen del país, con 808 millones de metros cúbicos, mostraban, a finales de julio del 2017, un 40% de llenado.

Esta sequía meteorológica también afectó a partes del Caribe, América Central y el noroeste de América del Sur en 2015 y principios de 2016, según el análisis realizado por la OMM (2016). No solo en nuestra área se mostró evidencia de este evento de sequía, países como España enfrentaron y catalogaron a esta como una de las más graves de la historia (RNG, 2017).

Para los próximos años se establecen grandes incertidumbres en las predicciones climáticas en cuanto al comportamiento del régimen de precipitaciones. Pese a ello, los modelos señalan que para las regiones del Caribe, las sequías serán más repetidas (Otero y Barcia, 2018). Ortega-Gaucin & Velasco (2013) analizaron el impacto de la sequía en México desde la perspectiva socioeconómica; a su vez Ortiz &

Ortega (2015) profundizaron los estudios del riesgo por sequía meteorológica en Michoacán (Méjico) y su impacto agro-socioeconómico, partiendo desde una metodología que vincula la vulnerabilidad de un territorio con las predicciones climáticas. Se demuestra en el Corredor Seco Centroamericano como las vulnerabilidades ante la sequía de un espacio geográfico influyen directamente en la población, afectando grandes extensiones de terreno y disminuyendo así la producción de alimentos (Calvo-Solano *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

Es de gran interés que en Cuba se preste cuidadosa atención a los repetidos y perjudiciales eventos de sequía que al combinarse con altos valores de evaporación originan el agotamiento de los suelos y la reducción de las reservas de agua subterráneas, que son de vital importancia en especial para la provincia Ciego de Ávila.

Este trabajo analiza el evento de sequía meteorológica ocurrido en el período 2014-2017 a escala local en la provincia Ciego de Ávila (incluyendo sus Cayos Coco y Guillermo), con el fin de orientar a todos aquellos usuarios del agua (directivos, administradores del agua, gestores y regantes).

El uso del Índice Estandarizado de Precipitaciones (SPI) y el análisis de las Anomalías de la Precipitación (AP), permitió caracterizar el evento de sequía ocurrido en el período 2014-2017 que afectó a la provincia Ciego de Ávila, el cual presentó 7 períodos estacionales con déficit, de estos se identificaron los tres de mayor intensidad y extensión que azotaron a la provincia Ciego de Ávila: noviembre 2014 a abril 2015, mayo a octubre 2016 y noviembre 2016 a abril 2017, siendo este último el más crítico de los antes mencionados.

Todos aquellos resultados obtenidos durante el estudio permiten y contribuyen a acelerar el proceso de toma de decisiones ante futuros eventos de sequía a escala local, partiendo del conocimiento aportado y de su comportamiento espacial en la provincia durante este período. Este tipo de trabajo se puede generalizar a otras escalas locales como municipios y regiones de interés económico y social, y darle un enfoque en el estudio de las vulnerabilidades frente a situaciones de desastres.

APÉNDICE 1

Porcentaje de área afectada por la sequía meteorológica durante los períodos estacionales lluviosos 2014-2017 expresada por el SPI en los municipios de la provincia Ciego de Ávila, Cuba.

| Municipio | Periodo | SD | SM | SS | SE | Total |
|------------------------------|--------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Chambas | May-Oct 2014 | 16,7 % | 1,8 % | - | - | 18,5 % |
| | May-Oct 2015 | 33,3 % | 5,5 % | - | - | 38,8 % |
| | May-Oct 2016 | 31,5 % | 31,5 % | 1,8 % | - | 64,8 % |
| | May-Oct 2017 | 1,8 % | - | - | - | 1,8 % |
| Baraguá | May-Oct 2014 | 10,4 % | - | - | - | 10,4 % |
| | May-Oct 2015 | 37,5 % | 43,7 % | 8,3 % | 2,1 % | 91,6 % |
| | May-Oct 2016 | 54,2 % | 25,0 % | 10,4 % | 2,1 % | 91,7 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0,0 % |
| Florencia | May-Oct 2014 | 50,0 % | 15,0 % | - | - | 65,0 % |
| | May-Oct 2015 | 25,0 % | 75,0 % | - | - | 100 % |
| | May-Oct 2016 | 5,0 % | 85,0 % | 10,0 % | - | 100 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Ciego de Ávila | May-Oct 2014 | 7,1 % | - | - | - | 7,1 % |
| | May-Oct 2015 | 71,4 % | 14,3 % | - | - | 85,7 % |
| | May-Oct 2016 | 71,4 % | 21,4 % | - | - | 92,8 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Majagua | May-Oct 2014 | - | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 50,0 % | 3,3 % | - | - | 53,3 % |
| | May-Oct 2016 | 43,3 % | 53,3 % | - | - | 96,6 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Morón | May-Oct 2014 | - | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 8,3 % | - | - | - | 8,3 % |
| | May-Oct 2016 | 37,5 % | 2,1 % | - | - | 39,6 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Venezuela | May-Oct 2014 | 3,6 % | - | - | - | 3,6 % |
| | May-Oct 2015 | 44,6 % | 7,1 % | - | - | 51,7 % |
| | May-Oct 2016 | 55,3 % | 1,8 % | - | - | 57,1 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Bolivia | May-Oct 2014 | 1,5 % | - | - | - | 1,5 % |
| | May-Oct 2015 | 18,2 % | 1,5 % | - | - | 19,7 % |
| | May-Oct 2016 | 39,4 % | 7,6 % | - | - | 47,0 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Primero de Enero | May-Oct 2014 | - | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 31,8 % | - | - | - | 31,8 % |
| | May-Oct 2016 | 54,5 % | - | - | - | 54,5 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Ciro Redondo | May-Oct 2014 | - | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 59,4 % | 28,1 % | 3,1 % | - | 90,6 % |
| | May-Oct 2016 | 37,5 % | 62,5 % | - | - | 100 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | - | 0 % |
| Cayo Cocos Cayo Guillermo | May-Oct 2014 | 14,8 % | 7,4 % | - | - | 22,2 % |
| | May-Oct 2015 | - | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2016 | 25,9 % | 22,2 % | 5,5 % | 5,5 % | 59,1 % |
| | May-Oct 2017 | 7,4 % | - | 1,8 % | - | 9,2 % |

APÉNDICE 2

Porcentaje de área afectada por la sequía meteorológica durante los períodos estacionales poco lluviosos 2014-2017 expresada por el SPI en los municipios de la provincia Ciego de Ávila, Cuba

| Municipio | Período | SD | SM | SS | SE | Total |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Chambas | Nov 14-Abr 15 | 64,8 % | 29,6 % | 1,8% | - | 96,2 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 1,8 % | - | - | - | 1,8 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 59,2 % | 29,6 % | - | - | 88,8 % |
| Baraguá | Nov 14-Abr 15 | 29,2 % | 2,1 % | - | - | 31,3 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 64,6 % | 4,2 % | - | - | 68,8 % |
| Florencia | Nov 14-Abr 15 | 60,0 % | 10,0 % | - | - | 70,0 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 20,0 % | - | - | - | 20,0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 45,0 % | 50,0 % | - | - | 95,0 % |
| Ciego de Ávila | Nov 14-Abr 15 | 50,0 % | 7,1 % | - | - | 57,1 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 50,0 % | 50,0 % | - | - | 100 % |
| Majagua | Nov 14-Abr 15 | 56,7 % | 10,0 % | 3,3 % | - | 69,7 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 30,0 % | 60,0 % | 6,7 % | - | 96,7 % |
| Morón | Nov 14-Abr 15 | 91,7 % | 2,1 % | - | - | 93,8 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 66,7 % | 4,2 % | - | - | 70,9 % |
| Venezuela | Nov 14-Abr 15 | 35,7 % | 3,6 % | - | - | 39,3 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 53,6 % | 12,5 % | 1,8 % | - | 67,9 % |
| Bolivia | Nov 14-Abr 15 | 87,9 % | 7,6 % | - | - | 95,5 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 53,0 % | 6,1 % | - | - | 59,1 % |
| Primero de Enero | Nov 14-Abr 15 | 79,5 % | 4,5 % | - | - | 84,0 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 65,9 % | 11,4 % | - | - | 77,3 % |
| Ciro Redondo | Nov 14-Abr 15 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 75,0 % | - | - | - | 75,0 % |
| Cayo Coco Cayo Guillermo | Nov 14-Abr 15 | 24,1 % | 53,7 % | 20,4 % | 1,8 % | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 5,5 % | - | - | - | 5,5 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 88,9 % | - | - | - | 88,9 % |

APÉNDICE 3

Porcentaje de áreas por debajo de la norma en los municipios de la provincia Ciego de Ávila, Cuba, durante los períodos lluviosos 2014-2017

| Municipio | Período | Lig.DN | Mod.DN | MDN | Total |
|-----------------------------|--------------|--------|--------|-----|--------|
| Chambas | May-Oct 2014 | 22,2 % | - | - | 22,2 % |
| | May-Oct 2015 | 74,1 % | - | - | 74,1 % |
| | May-Oct 2016 | 100 % | - | - | 100 % |
| | May-Oct 2017 | 1,9 % | - | - | 1,9 % |
| Baraguá | May-Oct 2014 | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 81,3 % | - | - | 81,3 % |
| | May-Oct 2016 | 60 % | - | - | 60,0% |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Florencia | May-Oct 2014 | 10,0 % | - | - | 10,0% |
| | May-Oct 2015 | 55,0 % | - | - | 55,0 % |
| | May-Oct 2016 | 75,0 % | - | - | 75,0 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Ciego de Ávila | May-Oct 2014 | - | - | - | 0,0 % |
| | May-Oct 2015 | 10,7 % | - | - | 10,7 % |
| | May-Oct 2016 | 25,0 % | - | - | 25,0 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Majagua | May-Oct 2014 | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2016 | 3,8 % | - | - | 3,8 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Morón | May-Oct 2014 | 14,6 % | - | - | 14,6 % |
| | May-Oct 2015 | 81,2 % | - | - | 81,2 % |
| | May-Oct 2016 | 95,8 % | - | - | 95,8 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Venezuela | May-Oct 2014 | 3,6 % | - | - | 3,6 % |
| | May-Oct 2015 | 16,1 % | - | - | 16,1 % |
| | May-Oct 2016 | 12,5 % | - | - | 12,5 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Bolivia | May-Oct 2014 | 13,6 % | - | - | 13,6 % |
| | May-Oct 2015 | 100 % | - | - | 100 % |
| | May-Oct 2016 | 100 % | - | - | 100 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Primero de Enero | May-Oct 2014 | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 72,7 % | - | - | 72,7 % |
| | May-Oct 2016 | 97,7 % | - | - | 97,7 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Ciro Redondo | May-Oct 2014 | - | - | - | 0 % |
| | May-Oct 2015 | 59,4 % | - | - | 59,4 % |
| | May-Oct 2016 | 90,6 % | - | - | 90,6 % |
| | May-Oct 2017 | - | - | - | 0 % |
| Cayo Coco Cayo Guillermo | May-Oct 2014 | 77,8 % | 7,4 % | - | 85,2 % |
| | May-Oct 2015 | 48,1 % | - | - | 48,1 % |
| | May-Oct 2016 | 81,5 % | 18,5 % | - | 100 % |
| | May-Oct 2017 | 38,9 % | 3,7 % | - | 42,6 % |

APÉNDICE 4

Porcentaje de áreas por debajo de la norma en los municipios de la provincia Ciego de Ávila, Cuba, durante los períodos poco lluviosos 2014-2017

| Municipio | Período | Lig.DN | Mod.DN | MDN | Total |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|------|--------|
| Chambas | Nov 14-Abr 15 | 92,6 % | 5,6 % | - | 98,2 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 98,1 % | 1,9 % | - | 100 % |
| Baraguá | Nov 14-Abr 15 | 66,7 % | 33,3 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 18,8 % | - | - | 18,8% |
| | Nov 16-Abr 17 | 18,7 % | 81,3 % | - | 100 % |
| Florencia | Nov 14-Abr 15 | 85,0 % | - | - | 85 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 20,0 % | - | - | 20 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 80,0 % | - | - | 80,0 % |
| Ciego de Ávila | Nov 14-Abr 15 | 92,8 % | 3,6 % | - | 96,4 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 14,3 % | - | - | 14,3 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 10,7 % | 89,3 % | - | 100 % |
| Majagua | Nov 14-Abr 15 | 88,5 % | 11,5 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 11,5 % | 84,6 % | - | 96,1 % |
| Morón | Nov 14-Abr 15 | 95,8 % | 4,2 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 95,8 % | 2,1 % | - | 97,9 % |
| Venezuela | Nov 14-Abr 15 | 73,2 % | 25,0 % | 1,8% | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 16,1 % | 1,8 % | - | 17,9 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 14,3 % | 85,7 % | - | 100 % |
| Bolivia | Nov 14-Abr 15 | 98,5 % | 1,5 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 6,1 % | - | - | 6,1 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 97,0 % | - | - | 97,0 % |
| Primero de Enero | Nov 14-Abr 15 | 79,6 % | 20,4 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 6,8 % | - | - | 6,8 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 75,0 % | 25,0 % | - | 100 % |
| Ciro Redondo | Nov 14-Abr 15 | 90,6 % | 9,4 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | - | - | - | 0 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 75,0 % | 25,0 % | - | 100 % |
| Cayo Coco Cayo Guillermo | Nov 14-Abr 15 | 33,3 % | 66,7 % | - | 100 % |
| | Nov 15-Abr 16 | 9,3 % | - | - | 9,3 % |
| | Nov 16-Abr 17 | 92,6 % | - | - | 92,6 % |

BIBLIOGRAFÍA

- Alley, W.M. (1984). The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *Journal of Applied Meteorology*, 23:1100–1109.
- Barcia, S., M. Fontes, M. Ramírez, & E. Y. Viera (2019). La sequía meteorológica 2014-2017, características e impactos en la provincia Cienfuegos. *Revista Cubana de Meteorología*. Vol.25, 319-333.
- Bhalme H.N., & D.A. Mooley (1980). Large-Scale droughts/floods and monsoon circulation. *Mon. Weather Rev.*, 1197-1211.
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2015). Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), Vol.27, N° 10.
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2017). Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), Vol.29, N° 4.
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2017). Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Vol. 14, N° 4.
- Bouroncle, C., P. Imbach, P. Läderach, B. Rodríguez, C. Medellín, E. Fung, M. R. Martínez-Rodríguez... & C. I. Donatti (2015). La agricultura de Honduras y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10568/45943>
- Byun, H.R., & D.A. Wilhite (1999). Objective Quantification of Drought Severity and Duration. *Journal of Climatology*, 12/p. 2747-2756, <https://doi.org/10.1175/15200442>
- Calvo-Solano, O.D., L. Quesada-Hernández, H. Hidalgo, & Y. Gotlieb (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. *Agron. Mesoam.*, 29 (3), 695-709. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>
- Centella, A., J. Llanes, L. Paz, C. López, & M. Limia (2001). Primera Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Grupo Nacional de Cambio Climático. Instituto de Meteorología. La Habana.
- Centella, A., B. Lapinel, O. Solano, R. Vázquez, C. Fonseca, V. Cutié, & L. Duarte (2006). La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana. Cuba: Ed. Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD).
- Cutié, V., B. Lapinel, N. González, J. Perdigón, C. Fonseca, I. González, & Y. Góngora (2013). La Sequía en Cuba, un texto de referencia. La Habana: Sello editorial ama.
- Dai, A. (2011). Drought under global warming: a review. *WIREs Climate Change*, Volume 2, Issue 1 /p. 45-65, <https://doi.org/10.1002/wcc.81>
- ECHO, 2014. Lecciones aprendidas y buenas prácticas para la reducción de riesgos frente a la sequía en América Central y del Sur. Programa de resiliencia frente la sequía en comunidades de América Central y del Sur. Dirección de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea, 20 p.
- Eswar, R., N.N. Das, C. Poulsen, A. Behrangi, J. Swigart, M. Svoboda, D. Entekhabi, S. Yueh, B. Doorn, & J. Entin (2018). SMAP Soil Moisture Change as an Indicator of Drought Conditions. *Remote Sensing*. 10 (5):788. <https://doi.org/10.3390/rs10050788>.
- González, J., & J. Valdés (2006). New Drought Frequency Index, Definitions Evaporative Performance Analysis. *Water Resources Research*, 42 /pp. 333-349, <https://doi.org/10.1029/2005WR004308>

González, O. C., & I.M. Casallas (2014). Hoja metodológica del indicador Anomalía de precipitación (Versión 1,10). Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Servicio de Información Ambiental. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 9 p.

Guttman, N. B. (1999). Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35:311–322, <https://doi:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x>.

Ionita, M., P. Scholz, & S. Chelcea (2016). Assessment of droughts in Romania using the Standardized precipitation index. *Nat Hazards* 81/pp. 1483–1498.

Kerang, L. (1993). Drought desertification and their mitigation technology in the world. Report of the CCL Repporteur on Drought and Desertification to the Eleventh session of the Commision of Climatology, 30 pp.

Kogan F.N. (2000). Contribution of remote sensing to drought early warning. In early warnings sytems for drought preparedness and drought management, ed. D.A.

Lapinel, B., N. Varela, & V. Cutié (1998). Sequía, aridez y desertificación. Términos de referencia. Nueva versión del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía. Informe Científico Técnico Oficina Territorial de Camagüey.

Lapinel, P., B. Rivero, & V. Cutié (1993). La Sequía en Cuba y sus causas. Análisis del período 1931-1990. Informe de resultado (Inédito). La Habana: INSMET.

Loucks, D.P. (1997). Quantifying trends in system sustainability. *Hydrol. Sci. J.* 42 (4):513 – 530.

Lloyd-Hughes, B., & M.A. Saunders (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, 22, 1571-1592. <https://doi.org/10.1002/joc.846>

McKee, T.B., N.J. Doesken, & J. Kliest (1993). The relationship of drought frequency and duration time scales. In: Proceedings of the 8th international conference on applied climatology. Boston, MA, /p. 179-184.

Mishra, A.K., & V.P. Singh (2010). Una revisión de conceptos de sequía. *Revista de hidrología*. Vol 391, 1 y 2, pp. 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>

Mishra, A.K., & V.P. Singh (2011). Modelo de sequía: una revisión. *Revista de hidrología*. Vol 403, 1 y 2, pp. 157-175. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2016). Estado del Clima Mundial 2011-2015. OMM - N° 1179.

Ortega-Gaucin, D., & I. Velasco (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. *Revista Aqua-Lac.*, 5(2), 78-90.

Ortiz, C.F., & A.M. Ortega (2015). Riesgo meteorológico de sequía y su impacto agro-socio-económico de la Región Tierra Caliente, Michoacán, México. International Conference on Regional. XLI Reunión de estudios regionales.

Otero, M., S. Barcia (2018). Manifestaciones de la sequia meteorológica en la provincia de Villa Clara (Cuba) en el período 2000-2017. *Investigaciones Geográficas*, (70), 197-217. <https://doi.org/10.14198/INGEO2018.70.10>

Palmer, W.C. (1965). Meteorological drought. Weather Bureau Research Paper No. 45, US 538 Department of Commerce, Washington, DC./p.58-539.

Panaou, T. (2018). Assessing the Impacts of Climate Change on Streamflow and Reservoir Operation in Central Florida.Graduate Theses and Dissertations. <https://scholarcommons.usf.edu/etd/7211>.

Paredes, F., J.L. Millano, & E. Guevara (2008). Análisis espacial de las sequías meteorológicas, región de Los Llanos, Venezuela durante el período 1961-1996. Revista de Climatología, 8, 15-27.

Redacción National Geographic (2017). España se enfrenta a una de las sequías más destructivas de la historia. National Geographic. www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/11.

Samarah, N.H. (2005). Effects of droughts stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag (Germany), 25 (1)/p.145-149.

Solano, O., R. Vazquez, A. Centella, & B. Lapinel (2006). Una aproximación al conocimiento de la sequía en Cuba y sus efectos en la producción agropecuaria. Revista Zonas Aridas, 11(1), pp. 85-100. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/za11/pdfs/ZA11%2000%20art06.pdf>

Thorn, H.C.S. (1966). Some Methods of Climatological Analysis. WMO/TD-No.81, World Meteorological Organization, 53.

Valero, A., F. Matos, & S. Hernández (2021). Uso de Dashboard y SIG en servicios climáticos de Ciego de Ávila: nueva propuesta metodológica. Universidad & Ciencia, Vol. 10, No. 2, pp 196-211.

Van-Rooy, M.P.(1965). A Rainfall Anomaly Index (RAI). Independent of the Time and Space. Notes, 14 /p.43 -48.

Velasco I., & J. Collado (1998). Elementos de planeación para afrontar sequías. XV Congreso Nacional de Hidráulica, Oaxaca, México, pp. 19-24.

Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería, & J.I. López-Moreno (2010). A Multiscalar Drought Index to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate, Vol 23/p.1696-1718.<https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

Wilhite, D.A., & M.H. Glantz (1985). Comprender el fenómeno de la sequía: el papel de las definiciones. Water International 10 (3), pp. 111-120.<https://doi.org/10.1080/025080685086866328>

Young, K.C. (1992). A Three-Way Model for Interpolating for Monthly Precipitation Values. Monthly Weather Review, 120, 2561-2569. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1992\)120<2561:ATWMFI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1992)120<2561:ATWMFI>2.0.CO;2)

Zargar, A., R. Sadiq, B. Naser, & F.I. Khan (2011). A review of drought indices. Environ Rev, 19/pp.333-349.

Alexey Valero Jorge

Ingeniero Hidrógrafo Geodesa graduado en la Academia Naval Granma. Especialista en Meteorología en el Departamento de Meteorología Aplicada del Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Cuba. Desde el 2021, es miembro de la Sociedad de Meteorología de Cuba (SOMETCUBA) y de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Sus líneas de investigación se centran en la topografía, geodesia, cartografía y teledetección; la paleotempestología, predicción meteorológica; así como climatología sinóptica y de mesoescala; bioclimatología; variabilidad y cambio climático; riesgos meteorológicos y contaminación.

Se sugiere citar:

Valero, A. (2022). Caracterización del evento de sequía meteorológica durante el período 2014-2017 en la provincia Ciego de Ávila (Cuba). *Revista Cartógrafo.CL* 3(1), pp. 68 - 89.



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.