

Cita bibliográfica: Otero Martín, M. & Barcia Sardiñas, S. (2018). Manifestaciones de la sequía 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>

Manifestaciones de la sequía meteorológica en la provincia de Villa Clara (Cuba) en el período 2000-2017

Manifestations of the meteorological drought in Villa Clara province (Cuba) in the period 2000-2017

Meylin Otero Martín¹
Sinai Barcia Sardiñas²

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la sequía meteorológica en Villa Clara, Cuba, en el período 2000-2017. Asimismo, se analizó el estado de la sequía meteorológica por períodos estacionales, seco (noviembre-abril) y lluvioso (mayo-octubre). Se caracterizó además la evolución del proceso de sequía 2014-2017 y por último se analizó la tendencia de la precipitación 1950-2017 y los procesos sinópticos asociados a las mismas. Para ello se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Test de Man-Kendall a las series mensuales y estacionales de precipitación. Como principales resultados se concluyó que en la provincia se han presentado 11 períodos estacionales con sequía, 4 correspondientes al período lluvioso y 7 al poco lluvioso. Además, el período estacional lluvioso más seco en la provincia se registró en mayo-octubre de 2004, mientras que el período estacional poco lluvioso más seco fue entre noviembre de 2004 y abril de 2005. La tendencia de la precipitación muestra que las mayores disminuciones se concentran en el bimestre mayo-junio, el más lluvioso del año, asociado al aumento de la influencia de las altas presiones.

Palabras clave: sequía meteorológica; índice de precipitación estandarizada; tendencia; Villa Clara; Cuba.

Abstract

The meteorological drought is an extreme phenomenon that is part of the natural climate variability. In this century, studies have shown that the drought processes in our country have become more frequent, intense and extensive, both temporally and spatially and their impact on populations and economies is important. The general objective of this paper is to evaluate the state of the meteorological drought in Villa Clara in the period 2000-2017. The state of the meteorological drought was also evaluated according to seasonal periods, dry (November-April) and rainy (May-October). The evolution of the current drought process 2014-2017 was characterized as well. Lastly, the precipitation trend between 1950 and 2017 and the synoptic processes associated with them were analyzed. To this end, the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Man-Kendall Test were used for the monthly and seasonal precipitation series. The main results obtained showed that in the province there were 11 seasonal periods with drought, 4 in the rainy period and 7 in the drier season. Additionally, the driest rainy season in the province was recorded in May-October of 2004, while the driest dry season was between November of 2004 and April of 2005. The rainfall trend shows that the greatest decreases are concentrated in the bimester May-June; the rainiest season of the year is associated with the increase in the influence of high pressure.

Keywords: meteorological drought; standardized precipitation index; trend; Villa Clara; Cuba.

1 Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Instituto de Meteorología, Cuba. meylinotero@gmail.com

2 Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Instituto de Meteorología, Cuba. sinai@cfg.insmet.cu

Este fenómeno extremo, si bien constituye una afectación climática que la sociedad ha enfrentado históricamente, ha visto acrecentada su influencia en los últimos decenios. Esto ha dado lugar a que se le considere como uno de los fenómenos naturales causante de los mayores desastres en el mundo.

Relacionado con los términos utilizados el texto de la Convención de Lucha contra la Desertificación, elaborado por Naciones Unidas y ratificado en 1996, en su Parte I referida a la introducción expresa: “por “sequía” se entiende el fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras”. (DPCSD/CCD/ 95/2, Artículo 1)

Wilhite y Glantz (1985), tratando de armonizar todo el amplio espectro de enfoques, establecen cuatro tipos principales de sequías: meteorológica, agrícola, hidrológica y social o económica.

Cabe destacar, que los resultados del presente trabajo se refieren al análisis de la sequía meteorológica en el territorio de la provincia de Villa Clara (Cuba).

Se entiende por sequía meteorológica cuando la precipitación es muy inferior a lo esperado en una amplia zona y para un largo período (Wilhite y Glantz, 1985). Según el Vocabulario Meteorológico Internacional (OMM) la sequía, en su acepción más común, se define como: “Un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un grave desequilibrio hidrológico” (1992, p. 98).

En los últimos años se ha demostrado que el déficit de agua provocado por la sequía es cada vez más recurrente y persistente, y afecta severamente a las regiones en las que esta se presenta. Las consecuencias económicas, sociales y ecológicas son más graves en la medida en que se está menos preparado para afrontarlas. Por ello, la mejor estrategia es la prevención, que disminuye la vulnerabilidad (Velasco, Ochoa, y Gutiérrez, 2005).

En Cuba, según Centella, *et al.* (2006), los eventos moderados y severos de sequía se duplicaron en el período normal 1961-1990 respecto al período anterior 1931-1960. En la década de los años 90 las afectaciones ocurridas en los veranos de 1993, 1994, 1998 y 2000 fueron muy notables, siendo el suceso de 1998 uno de los más intensos para el período abril-mayo-junio registrado en las estadísticas del Centro del Clima (INSMET) disponibles desde el año 1941. Basta señalar que el evento de sequía de corto período ocurrido de abril a julio de 1998 se manifestó sensiblemente en todo el país y en algunos municipios de la región oriental (frecuentemente afectados por sequía). Su nocivo impacto alcanzó la categoría de desastre, generando innumerables daños y molestias en la población local, que implicaron incluso, emigraciones temporales.

En el período 2003-2005 se presentó otro evento de sequía en el país, el cual fue catalogado como el más intenso desde que se tienen registros. En el año 2004, el acumulado de lluvia 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; destacándose además Ciego de Ávila y Santiago de Cuba (segundos peores casos), Matanzas (cuarto peor caso), Cienfuegos y Guantánamo (séptimos peores casos) y Ciudad de La Habana (octavo peor caso). Al comparar el comportamiento por regiones de las lluvias anuales desde el año 1901, puede verse que el año 2004 fue el peor entre los 104 casos contemplados para el Oriente y Centro del país, mientras en Occidente ocupa el puesto 14 (Centella *et al.*, 2006).

Los daños que ocasionó esta sequía fueron cuantiosos para el país. Nótese que en 2005 el desembolso producido por los daños ocasionados por la sequía, sólo a los agricultores cubiertos por el ramo de seguros de bienes agropecuarios, resultó unas diez veces mayor al valor medio de los desembolsos del período 1991-1997 (Solano, Vázquez, Centella y Lapinel, 2006).

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. En ocasiones incluso, las fuertes tensiones ejercidas sobre la vegetación y el clima en general, se agravan mucho más cuando la sequía es interrumpida por episodios de lluvias torrenciales. Estas últimas son causantes de intensos procesos erosivos en los suelos, que ante un proceso de sequía presentan una pobre cubierta vegetativa y un alto drenaje superficial.

En Cuba son varios los trabajos acerca de esta temática. Lapinel, Rivero y Cutié (1993) y Lapinel, Varela y Cutié (1998) conformaron la primera versión del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía

(SNVS) del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), principalmente sobre la base del uso de los deciles, técnica utilizada por otros servicios meteorológicos como el australiano. En el presente siglo se destacan los estudios de Centella, Llanes, Paz, López y Limia (2001); Centella *et al.*, (2006); Solano *et al.*, (2006) y Cutié *et al.*, (2013). No obstante, el más actual pertenece a Cutié *et al.*, (2013). En este trabajo se realiza un análisis a nivel de país y provincias del comportamiento de la sequía meteorológica en el período 1961-2010 a partir del empleo de Índice de Precipitación Estandarizada o SPI (por sus siglas en inglés) y se demuestra que en los últimos años el país ha sido afectado por procesos de sequía meteorológica de significación (2003-2005, 2009-2010).

Los estudios sobre el comportamiento de las precipitaciones en la provincia de Villa Clara datan desde la década del 80 del siglo XX. Son varios los trabajos realizados sobre este tema, pero solamente relacionados con la caracterización de la distribución espacial y temporal de la lluvia, así como con el análisis de los eventos de grandes precipitaciones. Los mismos se han realizado principalmente en el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara (CMP.VC) y forman parte de proyectos de investigación. Tal es el caso de Martín *et al.*, (2004) que determina el comportamiento espacial de las precipitaciones en la provincia, obtiene una serie de mapas digitales y la caracterización de las lluvias. Moya, Álvarez, Purón y Ruiz (2005) obtienen un análisis de los principales procesos que dan lugar a precipitaciones en el período poco lluvioso del año. Asimismo, Pedraza *et al.*, (2010) obtiene una modelación estadística de las lluvias y un sistema de ecuaciones automatizado para su pronóstico.

Del caso de la sequía, aunque menos estudiado desde el punto de vista local, se conoce el estudio de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo (PVR) integrado por sequía meteorológica, agrícola e hidrológica realizado en el año 2014 por el Grupo Provincial de Riesgos de Villa Clara [GPR.VC] en 2014. Del mismo, resulta interesante la captación de vulnerabilidades como proceso indispensable para disminuir el riesgo de desastre. Además, se ha implementado desde el 2009 el SNVS con el uso de los deciles primero y luego del SPI para caracterizar la sequía desde el punto de vista operativo como parte de la vigilancia del clima.

El presente estudio se justifica teniendo en cuenta el impacto que han tenido en el territorio de Villa Clara los últimos eventos de sequía meteorológica. La novedad fundamental del mismo radica en la realización del análisis de la sequía meteorológica a nivel territorial, fortaleciendo el conocimiento sobre el tema y favoreciendo así el desarrollo local de la provincia, para la toma de decisiones respecto a este fenómeno extremo. Es por ello que el principal objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento de la sequía meteorológica en la provincia Villa Clara en el período 2000-2017. Además como objetivos específicos se plantean analizar el comportamiento de las precipitaciones para la norma 1971-2000 y la evolución del proceso de sequía 2014-2017.

Los parámetros con que se caracteriza la sequía son: severidad, magnitud, duración y extensión geográfica. Se han generado muchos índices para describir la sequía, sin embargo, la mayoría de ellos no siempre son adecuados y funcionales para todo tiempo y lugar, lo que refleja la complejidad y desconocimiento del fenómeno. En este trabajo, se ha utilizado como indicador para el análisis de la sequía meteorológica el SPI, teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas en la última conferencia Internacional sobre Sistemas de Alerta Temprana e Índices de Sequía, desarrollada en Nebraska, Estados Unidos, en diciembre de 2009 y publicadas por la OMM.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron las salidas del SNVS del Instituto de Meteorología de Cuba (Lapinel *et al.*, 1998).

2. Metodología

En el ámbito científico se han desarrollado diferentes índices para la cuantificación de la sequía. Dos de los más comúnmente usados son el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (ISSP) y el SPI, los cuales permiten monitorear constantemente las condiciones de sequía y proporcionar información actualizada sobre regiones afectadas. El ISSP fue desarrollado para medir la intensidad, duración y extensión espacial de la sequía. Los valores de este índice se derivan de las medidas de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo local, conjuntamente con valores anteriores de estas medidas. Por su parte, el SPI fue diseñado para mejorar la detección del comienzo de la sequía y para la monitorización de la misma. El SPI es una medición de la sequía más simple que el índice descrito anteriormente, ya que es un índice de probabilidad que considera sólo la precipitación.

También existen otros índices, como el Porcentaje de Precipitación Normal (PPN), que se refiere a la relación que existe entre la precipitación acumulada en un período de tiempo determinado y la precipitación media anual para una región, y se expresa de manera porcentual. El método de los deciles, también es muy utilizado en el ámbito internacional. El mismo fue desarrollado por Gibbs y Maher (1967) y se basa en el análisis estadístico de las series de los acumulados de lluvias mediante la distribución de percentiles para evitar alguna de las debilidades del índice PPN.

El Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) es similar al SPI. Es un índice mensual de sequía pluviométrica que se basa en el cálculo de las anomalías pluviométricas mensuales acumuladas (Blanquero, Carrizosa, Pita, Camarillo y Álvarez-Francoso, 2012). En el trabajo citado anteriormente se realiza un modelo para su predicción climática en 243 observatorios de Andalucía a partir del empleo de este índice. El Índice USBR de la Sequía (RDI) es un indicador desarrollado por el Buró de Reclamación de los Estados Unidos (USBR) para definir la intensidad y duración de las sequías, así como para predecir su comienzo y su final. Este último indicador se calcula en el ámbito de una cuenca fluvial a partir de las precipitaciones, la masa de nieve, el caudal de los ríos y el agua almacenada en los embalses.

El SPI es un indicador basado en la probabilidad de lluvias en cualquier período de tiempo. Fue desarrollado por McKee, Doesken and Kleist (1993) para cuantificar el déficit de precipitaciones durante múltiples escalas temporales. Estas escalas temporales reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos.

Las condiciones de humedad del suelo responden a las anomalías pluviométricas en un intervalo de tiempo relativamente corto, mientras que el agua subterránea, el caudal de los cursos superficiales y el agua embalsada reflejan tales anomalías a largo plazo, razón por la cual, originalmente, el SPI se calculaba para períodos de tiempo de 3, 6, 12, 24 y 48 meses.

El uso de este índice para estudiar y caracterizar la sequía meteorológica ha tomado auge en el presente siglo y son cuantiosos los trabajos que lo aplican. Marcos (2001) analiza este índice para cuantificar la sequía y muestra cómo este puede ser empleado o no en dependencia de la región geográfica. En la península Ibérica se realizó una regionalización de la sequía a partir del modelo digital del terreno (Poquet, Belda y García-Haro, 2008). En el área de Centroamérica y el Caribe se conocen los trabajos realizados por Calvo-Solano, Quesada-Hernández, Hidalgo y Gotlieb (2018) en el Corredor Seco Centroamericano —que comprende los países de Guatemala, El Salvador, Honduras y Guatemala—. En otro estudio, en este caso realizado en Honduras, se indentifica este país como el de mayor vulnerabilidad ante la sequía en la región (Bouroncle, *et al.*, 2015). Interesante resulta también el análisis de Paredes, Millano y Guevara (2008), que analizan espacialmente el fenómeno de la sequía a través del SPI en los llanos de la región de Venezuela. En esta misma región Olivares *et al.*, (2016) analizó este comportamiento más actualizado. Abdulkadir (2017) estudió la prevención de la sequía a partir del SPI en la Isla de Somalia y Fattahi, Habibi y Kouhi (2015) analizaron el comportamiento del fenómeno en el oeste de Irán a partir del ISSP y el SPI.

Técnicamente, 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 a 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.

La Escala del SPI varía de -2 hasta 2. Normalmente se utilizan los tonos verdes para señalar los excesos de lluvia —que son los valores positivos—, los tonos de amarillo para indicar los déficits en las precipitaciones —que son los valores negativos—, y el color blanco, que manifiesta los valores normales (Tabla 1).

La caracterización del comportamiento histórico de las precipitaciones en la provincia en el período 1971-2000 se realizó a partir de los datos procesados para la elaboración de la monografía de Cutié, *et al.*, 2013.

Para realizar la caracterización temporal y espacial del SPI se utilizaron como información de base los datos de 69 estaciones pluviométricas, pertenecientes a la red básica del Instituto de Recursos Hidráulicos.

licos en la provincia. El período de estudio analizado se enmarca entre los años 2000-2017 (Figura 2). Asimismo, para el procesamiento operativo de los datos se utilizaron las salidas del SNVS, que dividen la provincia en una rejilla de 4x4 km complementando un total de 521 puntos (Figura 3).

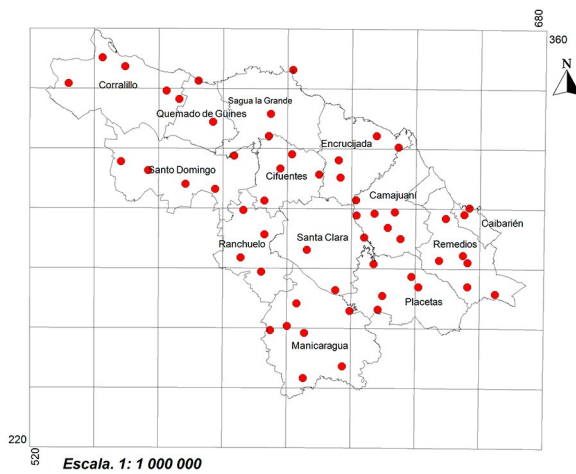
Tabla 1. Escala utilizada para el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Escala SPI	Categoría
≥ 2	Extrema
$\geq 1.5 < 2$	Severa
$\geq 1 < 1.5$	Moderada
$\geq 0.5 < 1$	Débil
$> -0.5 < 0.5$	Normal
$\leq -0.5 > -1$	Débil
$\leq -1 > -1.5$	Moderada
$\leq -1.5 > -2$	Severa
< -2	Extrema

Elaboración propia

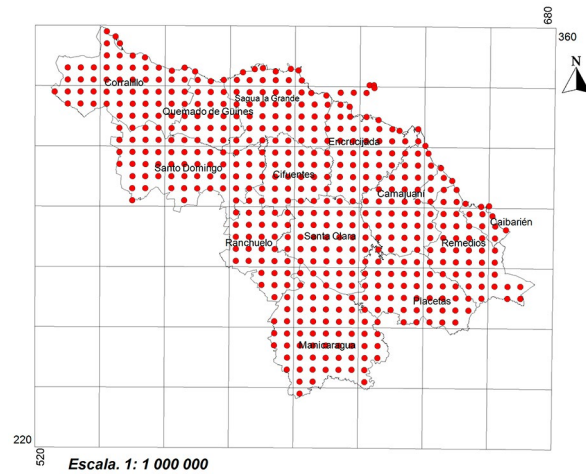
Para la confección de los mapas se utilizó el software libre Quantum GIS 1.8.0, a partir del método de interpolación denominado “inverso de la distancia al cuadrado” (IDW).

Figura 2. Ubicación de los pluviómetros utilizados en el estudio



Elaboración propia

Figura 3. Rejilla de puntos utilizados en el estudio



Elaboración propia

Se utilizó para el análisis de la tendencia el Test de Man-Kendall a las series mensuales y estacionales de precipitación en la provincia Villa Clara en el período 1950-2016.

3. Resultados

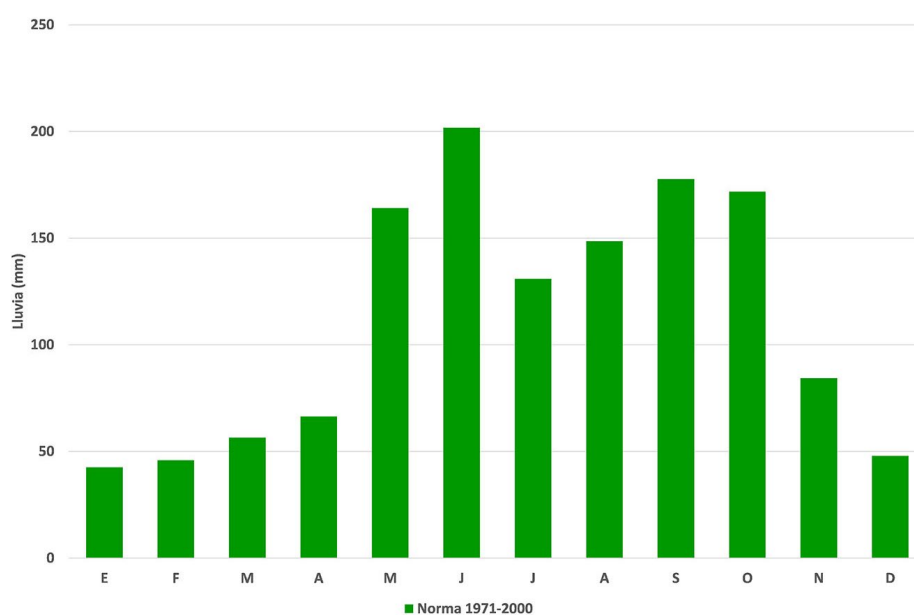
3.1. Comportamiento general de las lluvias en Villa Clara, Cuba

En el archipiélago cubano las precipitaciones se deben a diferentes procesos a escala sinóptica que varían en dependencia de la época del año, manifestándose dos estaciones bien marcadas: período lluvioso (mayo-octubre) y período poco lluvioso o período seco (noviembre-abril). Asimismo, el relieve interviene de forma significativa en la distribución irregular de las mismas, aumentado a medida que se aleja de las costas, y siendo más abundantes hacia las montañas, en las laderas de barlovento.

En la provincia de Villa Clara objeto de estudio, los acumulados medios de las lluvias alcanzan los 1.339 mm. Los acumulados mensuales reflejan una marcada estacionalidad, distinguiéndose un período lluvioso de mayo-octubre con el 74% del total anual y un período poco lluvioso de noviembre-abril con el 26% restante. En la Figura 3 se muestra cómo a partir del mes de mayo el aumento de las lluvias es notable con una ligera disminución en los meses julio y agosto, a partir del cual acontece un incremento en las lluvias que vuelve a reducirse a comienzos de noviembre.

Los meses más secos son enero y febrero, mientras que los más lluviosos son junio y septiembre. El acumulado mensual máximo se produjo en junio de 1969 con 476,6 mm y el mensual mínimo en diciembre del mismo año con solamente 0,2 mm, (Figura 4).

Figura 4. Distribución mensual de las lluvias en la provincia de Villa Clara. Norma 1971-2000



Elaboración propia

Tabla 2. Acumulado promedio (X), desviación Standard (Ds) y Coeficiente de Variación (CV) de la precipitación mensual en la provincia Villa Clara. Norma 1971-2000

Meses	X (mm)	Ds (mm)	CV (%)	MIN (mm)	MAX (mm)
E	42,6	30,3	71,13	7,6	166
F	45,9	36,6	79,74	7,9	185,1
M	56,5	46,5	82,30	11,6	228,7
A	66,4	43	64,76	4,1	149,2
M	164,1	71,6	43,63	44,1	343,8
J	201,8	78,7	39,00	108	422,9
J	130,9	40,8	31,17	57,1	229,4
A	148,6	43,7	29,41	77,4	265
S	177,7	41,5	23,35	94,9	286,1
O	171,8	87,1	50,70	83	399
N	84,4	48,5	57,46	20,6	194,9
D	47,9	48,4	101,04	5,6	263,4

Elaboración propia

La desviación standard muestra sus mayores valores en octubre y junio (Tabla 2), mientras que el menor valor tiene lugar en enero. La mayor variabilidad ocurre en los meses del período poco lluvioso, con un máximo en el mes de diciembre. La menor variabilidad se registra en el período seco, con un mínimo en los meses de mayo y octubre.

La distribución espacial de los acumulados de la lluvia anual en Villa Clara (Figura 5) durante los años comprendidos entre 1971 y 2010 muestra tres regiones bien definidas. Una primera hacia el noroeste de la provincia, correspondiente a la llanura norte de Las Villas, con acumulados por debajo de 1.250 mm. Otra segunda, que ocupa la mayor parte del territorio con valores anuales entre 1.250 mm y 1.500 mm, donde una serie de alturas de hasta aproximadamente 400 m influyen en estos acumulados. Resaltan en esta zona dos núcleos con precipitaciones entre 1.500-1.750 mm hacia el oeste del municipio de Ranchuelo y hacia el este de Remedios, correspondiente esta última a una serie de alturas residuales entre ellas la Sierra de Bamburanao (347m).

En el macizo de Guamuhaya, la tercera región definida, las precipitaciones superan los 1.800 mm. A esta zona le corresponde la mayor elevación de la región con 923 m sobre el nivel medio del mar, en la loma de Pico Tuerto.

Figura 5. Distribución espacial de la precipitación anual en la provincia Villa Clara. Normal 1971-2000

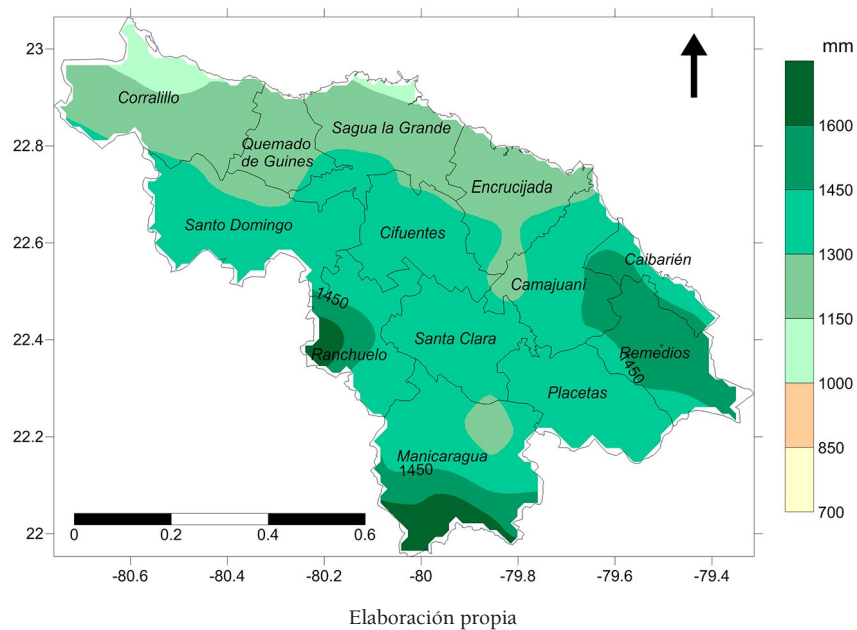
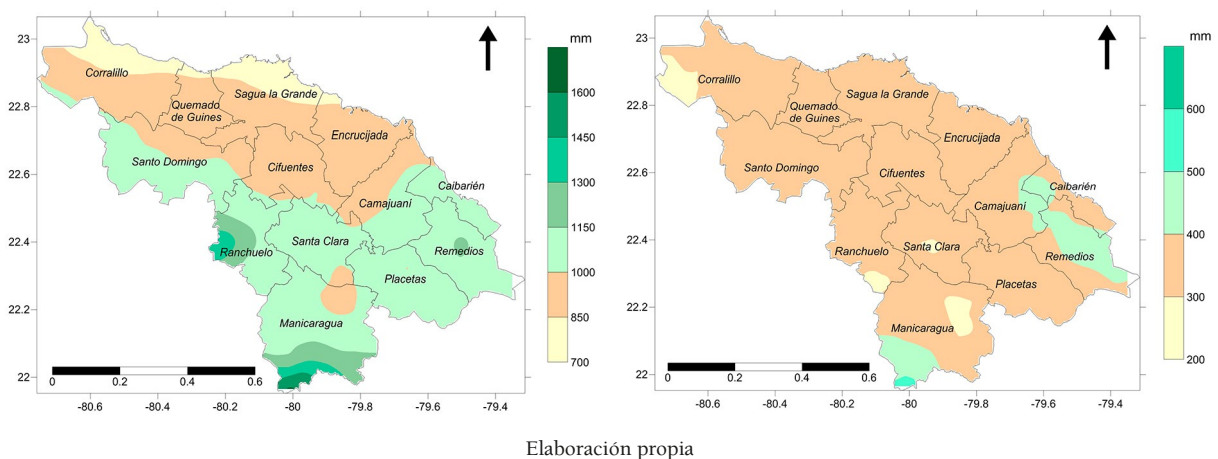


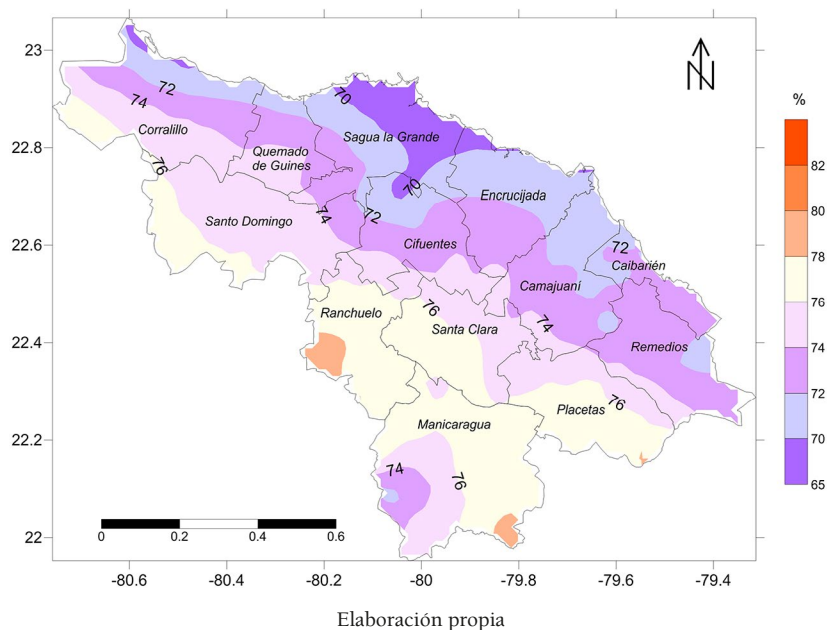
Figura 6. Distribución espacial de la precipitación en el período lluvioso (izquierda, i) y poco seco (derecha, d) en la provincia Villa Clara. Normal 1971-2000



Al analizar las lluvias por períodos estacionales se observa que para el período lluvioso (Figura 6 i) se pueden definir las mismas regiones que en el mapa anual, solo que con menores acumulados. La distribución de la lluvia en el período poco lluvioso (Figura 6 d) muestra un comportamiento más homogéneo, con valores entre 300-400 mm y ligeramente superiores hacia el sector sur montañoso.

Como ya se ha indicado anteriormente, durante los meses de mayo a octubre cae aproximadamente el 74% de las lluvias anuales, aunque la distribución espacial de esta proporción tiene sus diferencias, como muestra la Figura 7. Resulta interesante el aumento de la proporción desde de la zona costera hacia el interior del territorio (Figura 7). Esto, según Moya *et al.*, (2005), se encuentra asociado con los procesos sinópticos del período seco, como son los brisotes sucios y frentes fríos que afectan a la provincia en ese período y producen lluvias en esta zona del territorio.

Figura 7. Proporción relativa de las precipitaciones que ocurren en el período lluvioso con respecto al total anual. Provincia Villa Clara. Norma 1971-2000



El máximo de dicha proporción, cercano al 80%, se encuentra en las inmediaciones de Ranchovelo, ocupando parte de la llanura oeste de la provincia y una pequeña porción sureste de la zona montañoso. El mínimo, cercano al 65%, se encuentra en el municipio Sagua la Grande y parte en la región montañoso por debajo del 76% (Figura 7). Esto se corresponde a que "...en la zona montañoso se mantiene durante el año una mayor uniformidad en el régimen de humedecimiento dado fundamentalmente a que la interacción del relieve con los procesos frontales invernales activa la ocurrencia de precipitaciones en el período poco lluvioso" (Lecha, Paz y Lapinel, 1994, p.111).

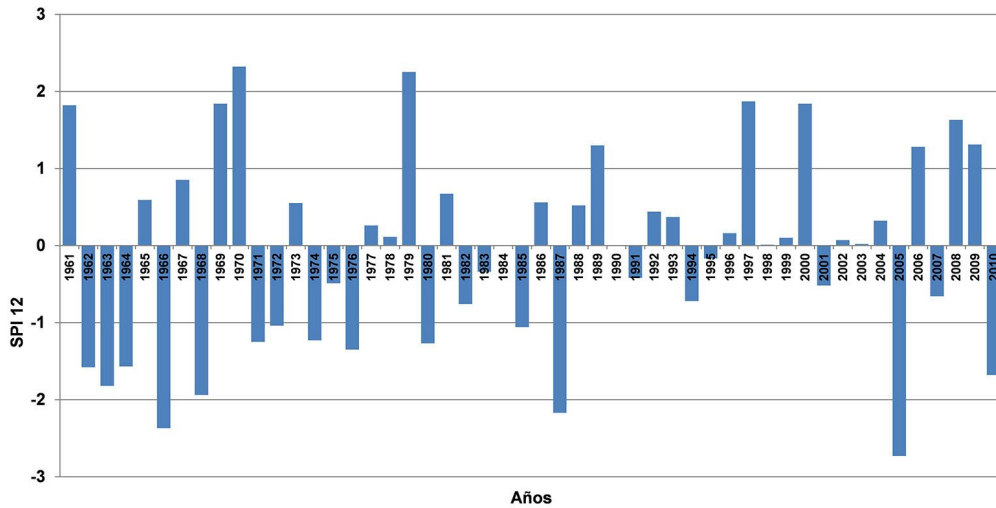
3.2. Análisis temporal de las lluvias en la provincia Villa Clara expresadas según el SPI

El comportamiento de las lluvias expresadas según el SPI 12 en el período 2000-2017 (Figura 8) muestra un predominio de años naturales con valores considerados en la norma y solo dos años, 2000 y 2008, con excesos significativos ($SPI_{12} > 1,5$). Por el contrario el 2005, 2009 y 2016 presentaron déficits significativos ($SPI_{12} < -1,5$). Dentro de estos últimos el año 2005 resultó el de mayor déficit en toda la serie. La sequía meteorológica que afectó durante varios meses al país (de mayo de 2003 hasta mayo de 2005), considerada como la más intensa desde que se tienen registros, provocó también déficits notables de precipitación en la provincia (Barcia, 2005) teniendo su período más crítico desde noviembre de 2004 hasta abril de 2005 (Figura 10) como se verá más adelante.

Al analizar el período estacional poco lluvioso (Figura 9 i) se muestra que existe un predominio de años con valores del SPI 6 inferiores a -1. Estos valores negativos han sido más frecuentes a partir del año 2005 y representan un 40 % de la serie analizada. Entre estos encontramos los períodos: 2004-2005, 2005-2006, 2008-2009, 2010-2011, 2012-2013, 2014-2015 y 2016-2017. Cabe destacar que la mitad de

los años considerados presentan déficits de lluvias clasificados como ligeros ($SPI_6 < -0,5$). El período poco lluvioso 2004-2005 fue el más significativo con un valor de SPI_6 de $-3,03$.

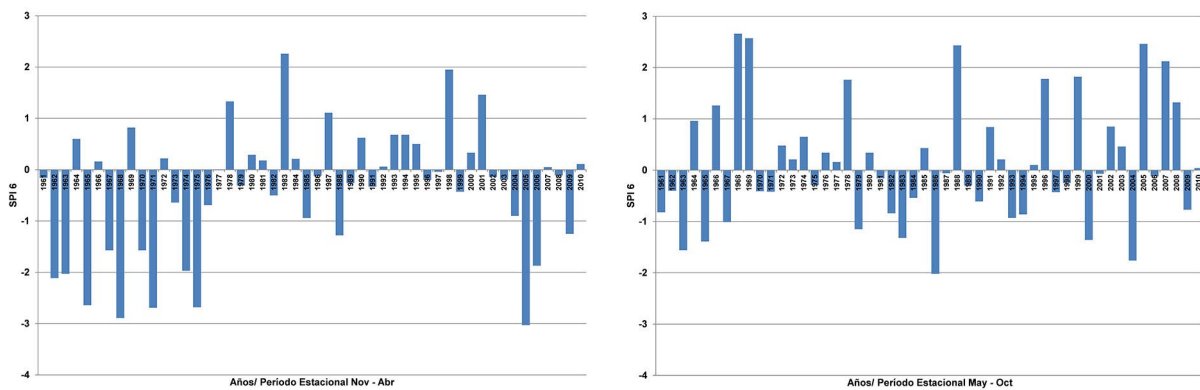
Figura 8. Representación gráfica de las series temporales del SPI_{12} en años naturales. Provincia Villa Clara, Período 2000-2017



Elaboración propia

El comportamiento del SPI_6 en el período lluvioso del año muestra una mayor variabilidad y que los mayores déficits se concentran hacia la primera mitad del período analizado (Figura 9 d). En este caso, los años con SPI más bajos fueron el 2000, 2004, 2009 y 2016 con valores inferiores a $-0,5$, siendo el 2004 el más significativo con $-1,76$.

Figura 9. Representación gráfica de las series temporales del SPI_6 en los períodos estacionales poco lluvioso (izquierda, i) y lluvioso (derecha, d). Provincia Villa Clara, período 2000-2017



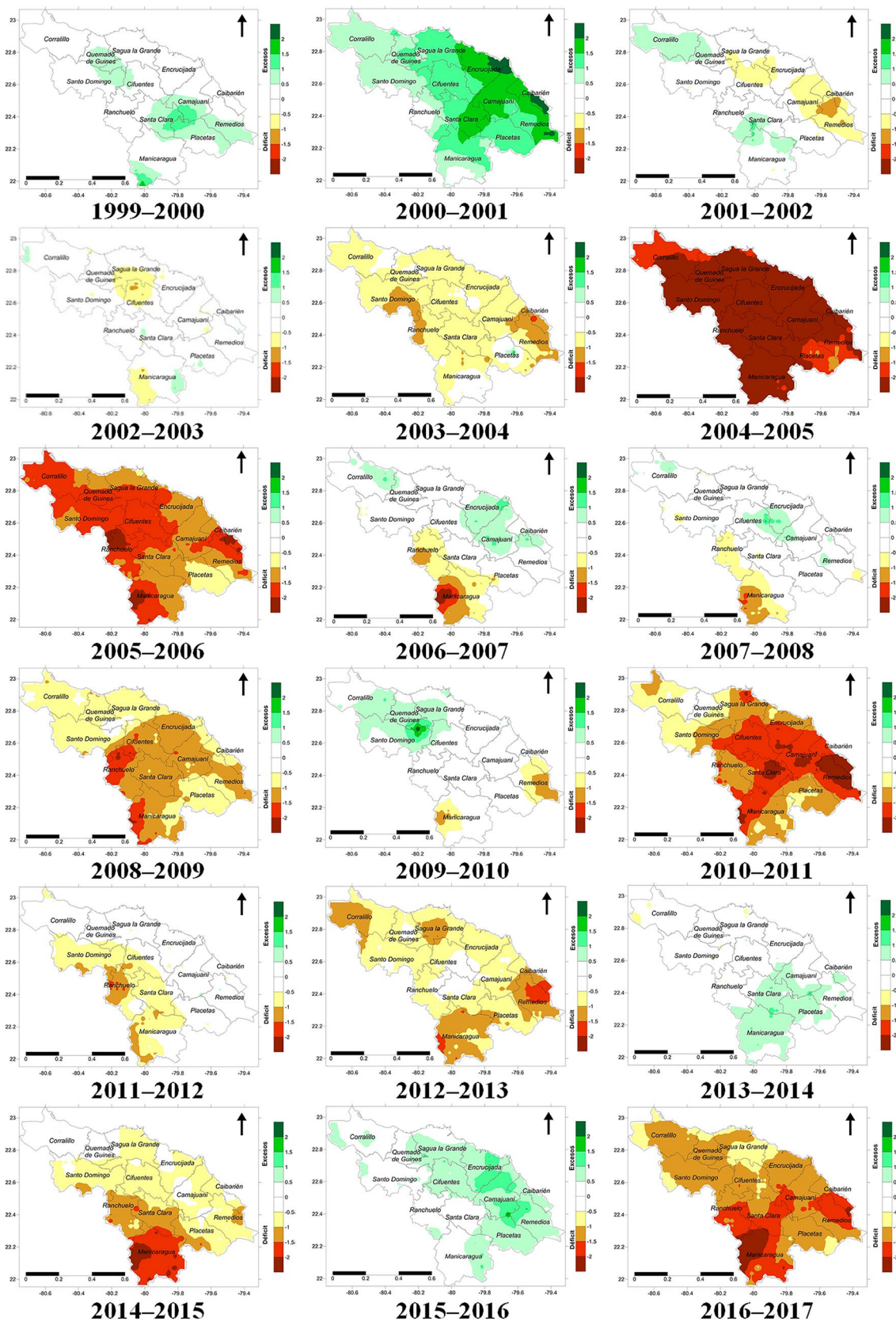
Elaboración propia

3.2.1. Análisis espacial de las lluvias en la provincia Villa Clara expresadas según el SPI en el período 2000-2017

3.2.1.1. Período poco lluvioso

La Figura 10 muestra la distribución espacial del SPI_6 en los períodos estacionales poco lluviosos en la provincia Villa Clara en el período 2000-2017. La inspección general de dicha figura distingue que en la mitad de los años analizados se presentaron en la provincia déficits de lluvias generalizados tal y como se había analizado en el apartado anterior (Figura 9 i). Los años con valores del SPI_6 más significativos se corresponden con los procesos de sequía meteorológica de mayor impacto en la provincia como son: 2004-2005, 2005-2006, 2016-2017 y 2008-2009.

Figura 10. Distribución del SPI 6 en el semestre noviembre-abril. Serie 2000-2017. Villa Clara, Cuba



Elaboración propia

El período poco lluvioso 2004-2005 culminó con el 100% del territorio provincial afectado por sequía meteorológica. En este caso el 81,6 % del área total presentó déficits clasificados en extremo por debajo de la norma y un 15,9 % estuvo en el rango de déficit severo. Este período estacional poco lluvioso se clasifica como el más seco de la historia en la provincia.

En el período estacional poco lluvioso que le continuó (noviembre 2005-abril 2006) la situación fue similar aunque menos significativa. Una vez más, prácticamente toda la provincia (99,7 %) se vio afectada por la sequía meteorológica, aunque en esta ocasión los déficits severos y extremos solo llegaron a cubrir el 52,7 %, mientras que los moderados y débiles representaban un 47,0 %. Las áreas más afectadas se concentraron hacia la mitad occidental de la provincia y en los límites de los municipios de Caibarién y Remedios (Figura 10).

El comportamiento espacial de las lluvias al cierre del período noviembre 2008-abril 2009 mostró un déficit relevante en un 93,8% de la provincia, desglosado en severos y extremos 9,7%, moderados 36,5% y débiles 47,6%.

El último período poco lluvioso de la serie estudiada (noviembre 2016-abril 2017) también presentó una sequía meteorológica que afectó a toda la provincia. En este caso los mayores déficits de lluvias (extremos y severos) representaron el 40 % del territorio y se concentraron hacia los municipios de Santa Clara, Ranchuelo y Manicaragua al sur de la provincia y hacia el extremo nororiental, cubriendo gran parte de los municipios de Caibarién y Remedios. En la mitad norte y extremo noroccidental de la provincia la escasez de lluvias fue menos significativa predominando los déficits débiles y moderados.

3.2.1.2. Período lluvioso

La distribución espacial de las lluvias, expresadas a través del SPI 6 en Villa Clara, en los períodos lluviosos (mayo-octubre) del presente siglo, muestran que los años con déficits significativos por orden de áreas afectadas son: 2004, 2000, 2016 y 2009 (Figura 11). Dichos períodos se corresponden con los procesos de sequía meteorológica de mayor significación que han afectado al país en el presente siglo, como lo fueron 2003-2005, 2009-2010 y 2014-2017, con excepción del 2000, donde los datos históricos de los meses mayo y junio estuvieron muy por debajo de lo histórico en todas las estaciones del CMPVC.

El período lluvioso mayo-octubre 2004 culminó con importantes déficits en los acumulados de las lluvias en más de un 96% de la provincia. De ellos, el 3,2% perteneció a las categorías de severos y extremos afectando fundamentalmente a áreas del este-sureste del territorio. Los municipios con mayores afectaciones fueron Placetas y Remedios, seguidos de Manicaragua, Santa Clara y Caibarién. El 40,7% del territorio presentó valores del SPI catalogados como moderados y el 22,3% como débiles, abarcando el resto de los municipios. Este fue el período lluvioso de mayor afectación de la serie estudiada.

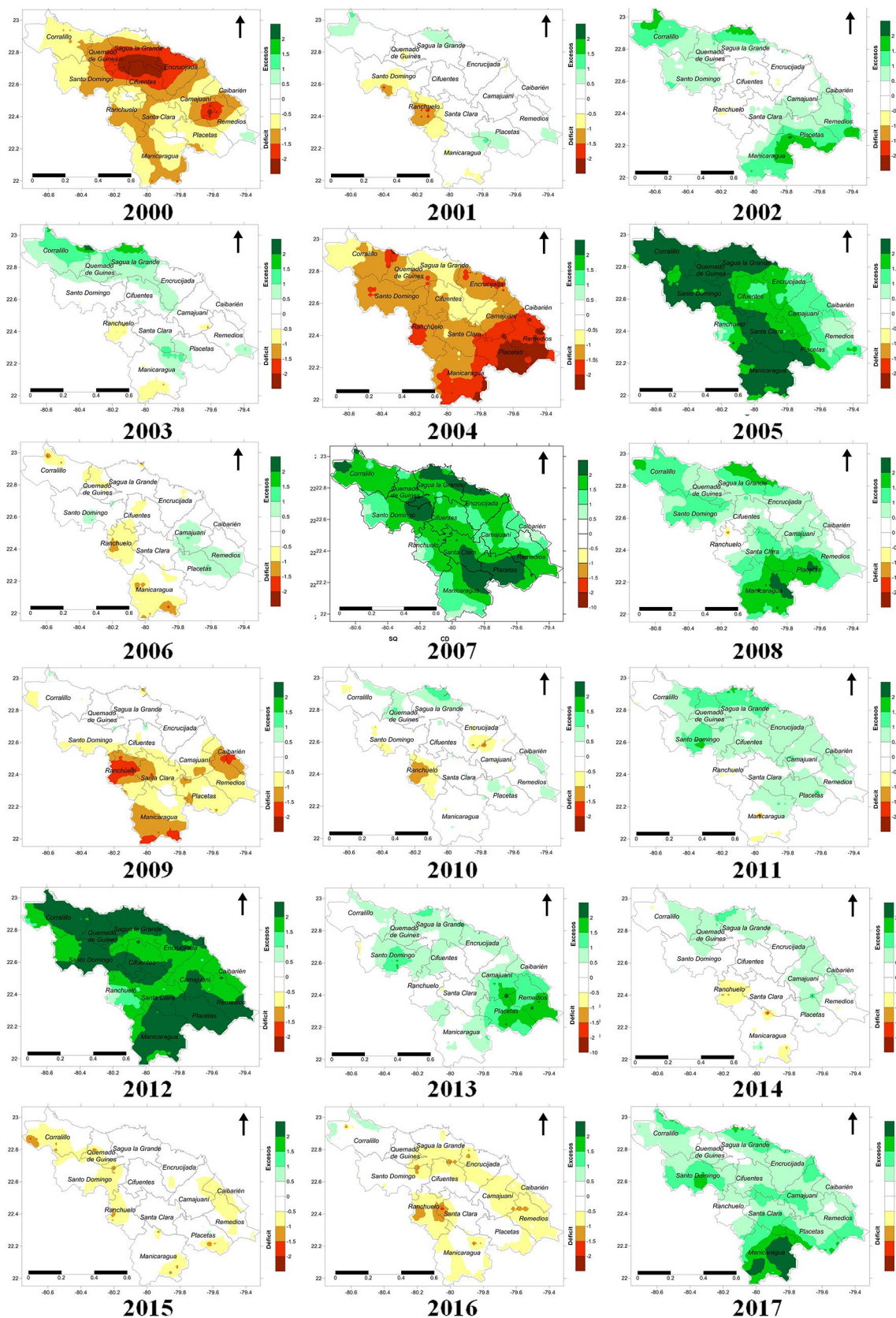
La evaluación del comportamiento de las totales lluvias, expresados mediante el SPI 6 al cierre del período correspondiente a mayo-octubre del 2000, evidenció el 85,2% de la provincia con afectaciones. En este caso el 18,5% fue catalogado de severo a extremo, localizándose al centro norte de la provincia y abarcando áreas de los municipios de Quemado de Güines, Sagua la Grande, Cifuentes y Encrucijada.

En 2009 la mitad de la provincia presentó sequía meteorológica. Como se puede ver en la Figura 10 los déficits estuvieron concentrados hacia la mitad sur del territorio, con los valores más extremos hacia los municipios de Ranchuelo, Manicaragua y Caibarién. Este comportamiento estuvo influenciado por las escasas lluvias registradas en el bimestre mayo-junio, como se analiza en los Boletines de la Vigilancia del Clima (BVC) de esos meses. En el BVC de mayo 2009 se describe la disminución consecuente de las lluvias fundamentalmente del SPI 3, mientras que en el mes siguiente dicha reducción fue mayor (BVC, junio 2009).

Al valorar el comportamiento de las lluvias al finalizar el semestre mayo-octubre de 2016, aproximadamente el 60 % del área total presentó déficits en los acumulados de lluvia, que en su mayor parte fueron clasificados de débiles. Las áreas con menores valores del SPI 6 se concentraron hacia los municipios de Santa Clara y Ranchuelo.

Del análisis se evidencia que la mayor parte de los períodos estacionales lluviosos del actual siglo XX en la provincia Villa Clara fueron ligeramente favorecidos por las lluvias y se mantuvieron en la norma o ligeramente por encima de la misma (Figura 11).

Figura 11. Distribución del SPI 6 en el semestre mayo-junio. Serie 2000-2017. Villa Clara, Cuba



Elaboración propia

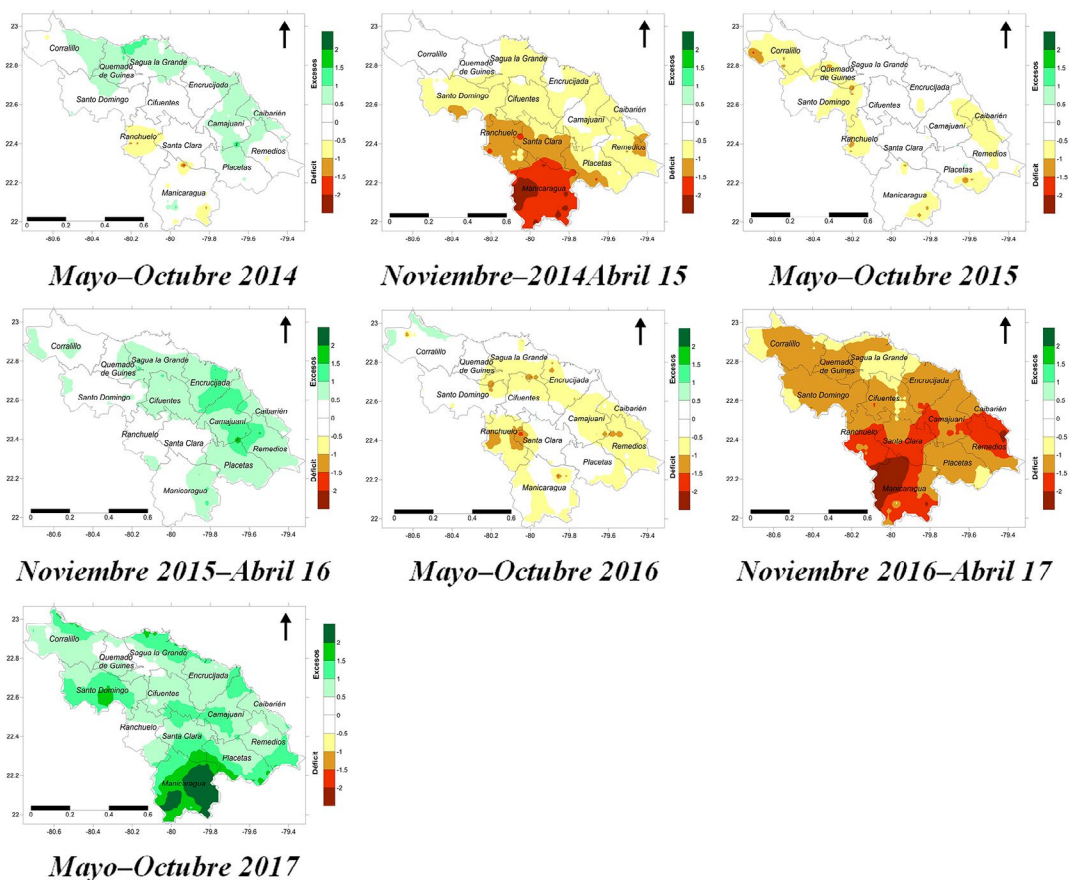
Se observa además, que los años con excesos significativos de lluvia representaron solo el 27% de los 18 años analizados y estuvieron asociados a la afectación de ciclones tropicales al país (Machado, 2010):

- a) **Año 2001 (noviembre): Huracán MICHELLE:** Provocó vientos muy fuertes y lluvias intensas a su paso. Se considera su afectación a la provincia Villa Clara como un huracán categoría 2 en la escala Saffir-Simpson.
- b) **Año 2005 (julio): Huracán DENNIS:** Produjo vientos fuertes y lluvias muy intensas principalmente hacia la zona montañosa de la provincia.
- c) **Año 2008 (agosto): Depresión Tropical Fay:** No produjo vientos significativos en el territorio, pero dio lugar a lluvias intensas con totales que sobrepasaron los 200 mm en localidades del extremo nordeste de la provincia, en especial el municipio de Placetas, y otros superiores a 100 mm en zonas del sur sobre el municipio de Manicaragua.
- d) **Año 2008 (septiembre): Tormenta Tropical Ike:** Las fuertes precipitaciones que lo acompañaban tuvieron su mayor manifestación hacia la región montañosa de la provincia.
- e) **Año 2012 (octubre): Huracán Sandy:** A pesar de no tener una afectación directa en la provincia de Villa Clara —porque su centro no pasó cerca de la misma—, las bandas de alimentación de este organismo tropical produjeron lluvias intensas, que fueron más significativas hacia el sur de la provincia.
- f) **Año 2017 (septiembre): Huracán Irma:** Provocó intensas lluvias en la provincia con acumulados significativos en 24 horas durante los días 8, 9 y 10 de septiembre.

3.3. Caracterización del evento de sequía meteorológica 2014-2017 en la provincia Villa Clara

El extenso evento de sequía iniciado en mayo de 2014 se prolongó durante 7 periodos estacionales (42 meses) imponiendo condiciones de pérdida por déficit de precipitaciones en la provincia. La Figura 12 muestra la distribución de las lluvias en la provincia expresadas a través del SPI en periodos de 6 meses (SPI 6) representando el comportamiento de las precipitaciones en los periodos estacionales poco lluvioso y lluvioso.

Figura 12. Distribución del SPI 6. Período 2014-2017. Villa Clara, Cuba



Elaboración propia

A partir del mes de junio de 2014 se comenzó a observar en la provincia un aumento de los déficits de lluvia, de hecho, dos de los meses del período estacional lluvioso de este año (junio y julio) presentaron afectaciones en un 44% y 30% respectivamente del territorio provincial.

Al valorar el comportamiento de las lluvias al finalizar el semestre mayo-octubre 2014, un 28,9% del área total presentó déficits en los acumulados. De ellos un 76,2% fueron catalogados de débiles, un 18,5% de moderados y un 5,3% de severos —estas últimas lluvias se concentraron en los municipios de Corralillo y Ranchuelo—.

Le continúa un semestre (noviembre 2014-abril 2015) muy desfavorable, con el 79,5% del área con déficits en los acumulados. La región centro y sur del territorio fue la que soportó mayor problemática, siendo los municipios de Ranchuelo, Santa Clara y Manicaragua los más afectados.

El período lluvioso que le sucedió (2015) se caracterizó por presentar déficits notables en los meses de mayo a julio, lo que provocó que al finalizar el mismo toda la provincia estuviera afectada por la sequía meteorológica.

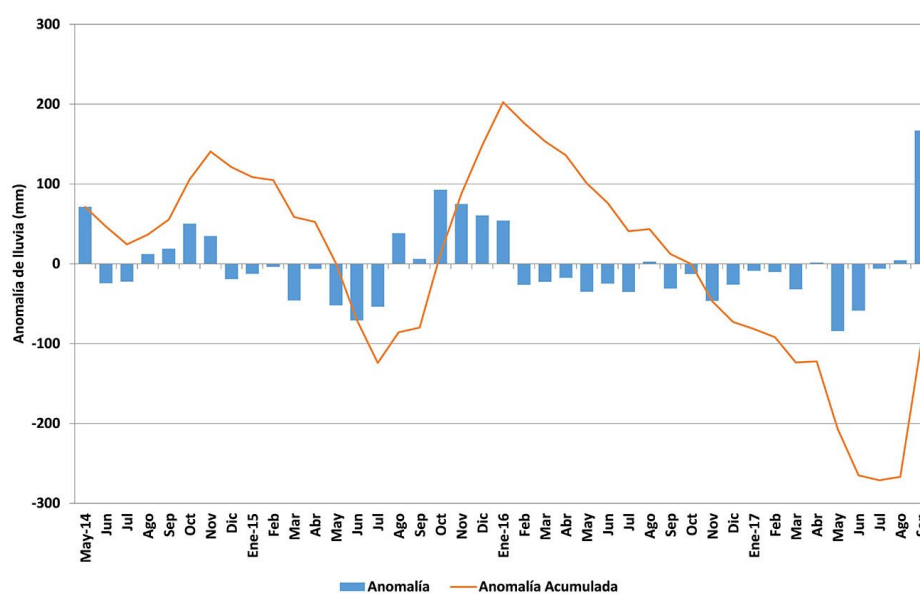
El semestre siguiente (noviembre 2015-abril 2016) mostró acumulados que superaron los valores normales. Esta situación se debió a las lluvias ocurridas en el trimestre noviembre 2015-enero 2016, influenciadas por el evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) fuerte, que estuvo presente la mayor parte del año 2015 y principios del 2016. Esta situación logró revertir parcialmente la situación que presentaba la provincia pero a partir de febrero de 2016 esta situación cambió drásticamente y las lluvias comenzaron a disminuir nuevamente presentando déficits notables en trimestre febrero-abril del 2016.

Las condiciones de sequía meteorológica continuaron intensificándose durante el año 2016, fundamentalmente en la región central del país. En Villa Clara el análisis del SPI 6 en el semestre mayo-octubre 2016 mostró déficit en más del 50 % del área total. Así, un 40,3% fue catalogado de débil, un 8,8% de moderado y un 1,5% de severo y extremo. Los municipios de Santa Clara y Ranchuelo fueron nuevamente los más afectados.

Durante los últimos meses del año 2016 y primeros del 2017 el déficit hídrico en el territorio continuó acrecentándose y la distribución espacial de las lluvias expresadas a través del SPI mostraba un 40 % de la provincia con valores severos y extremos concentrados hacia la mitad sur fundamentalmente.

Esta desfavorable situación se mantuvo en los meses de mayo, junio, julio y agosto de 2017. Al cierre de este último mes se observaba en la provincia un déficit acumulado de más de 250 mm como se observa en la Figura 13. Esta situación cambió drásticamente debido a la influencia de las lluvias intensas ocasionadas tras del paso del Huracán Irma por la provincia, en el mes de septiembre de 2017.

Figura 13. Anomalías reales (barras) y acumuladas (líneas) de precipitación desde mayo del 2014 hasta septiembre del 2017. Provincia Villa Clara, Cuba

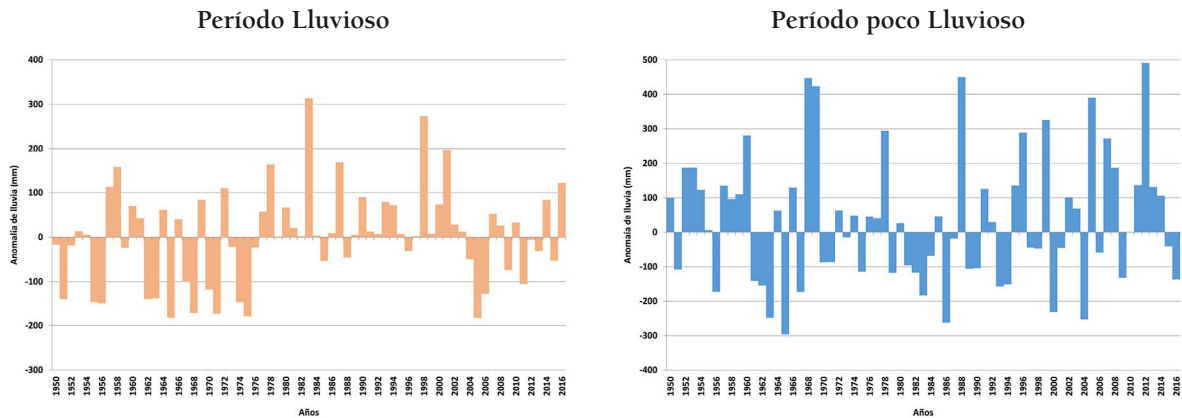


Elaboración propia

3.4. Tendencia de la precipitación por períodos en la provincia de Villa Clara durante el período 1950-2016

El análisis por períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso, (Figura 14 i y Figura 14 d, respectivamente) muestra que en la provincia no existen tendencias significativas en cuanto al comportamiento de las lluvias. No obstante, sí se puede ver que dentro del período lluvioso del año el valor del estadígrafo es negativo en el trimestre mayo-junio-julio. En el caso del período poco lluvioso la tendencia es al aumento en noviembre-diciembre, con significación estadística (*) (Tabla 3).

Figura 14. Comportamiento de la precipitación por períodos estaciones lluvioso (izquierda, i) y poco lluvioso (derecha, d). Período 1950-2016



Elaboración propia

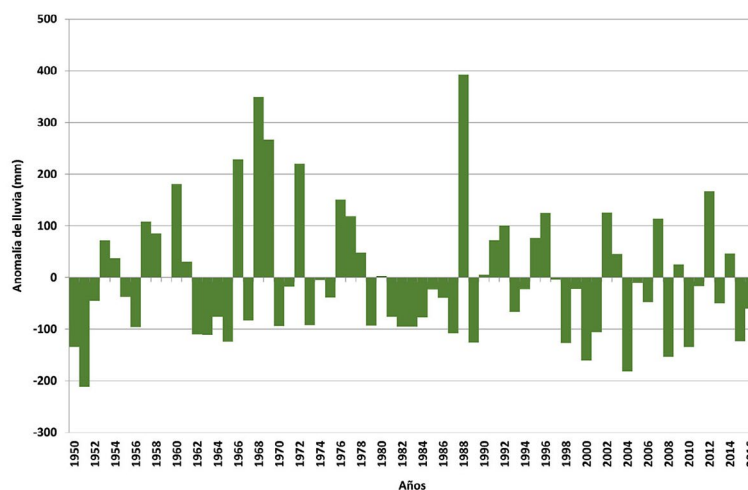
Tabla 3. Test de Man-Kendall a las series mensuales y estacionales de precipitación en la provincia Villa Clara. Período 1950-2016

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PS	PLL
Lluvia	0,71	-0,5	0,63	0,50	-0,25	-0,65	-0,16	0,82	1,29	-0,56	1,80*	1,84*	1,22	0,22

Elaboración propia

Las mayores disminuciones se concentran en el bimestre mayo-junio, el más lluvioso del año. Este ha sido un comportamiento recurrente en los últimos años y uno de los elementos que más ha influido en los eventos de sequía meteorológica más recientes (Figura 15).

Figura 15. Anomalías de precipitaciones en el Bimestre Mayo-Junio en la Provincia Villa Clara. Período 1950-2016



Elaboración propia

4. Discusión de resultados

El uso del SPI aplicado a la serie de precipitaciones en Villa Clara ha permitido visualizar el comportamiento de esta variable en el presente siglo, permitiendo reconocer singularidades de interés, como la presencia en la provincia de los principales eventos de sequía meteorológica que han afectado al país desde el año 2000.

El análisis del comportamiento del periodo seco y lluvioso muestra resultados similares a los obtenidos en los estudios de PVR por sequía integrada. En primer lugar, se manifiesta que unos de los municipios más afectados por los eventos acontecidos es Santa Clara, capital provincial de Villa Clara y con el mayor núcleo poblacional. A su vez, los PVR plantean que "La población es la variable más importante en la vulnerabilidad social y condiciona el posicionamiento del municipio Santa Clara como el más vulnerable ante prolongada sequía por sus 237.646 habitantes, inciden también los estimados 178.500 habitantes que dependen de autoconsumo local del propio municipio". (GPR.VC, 2014)

El municipio Ranchuelo también se encuentra entre los de más alta vulnerabilidad social, caracterizado por solo un 10% de su población servida de forma regular con agua potable, lo que equivale a 5.629 personas (GPR.VC, 2014).

Los estudios de PVR destacan los municipios de Manicaragua y Camajuaní como los de mayor vulnerabilidad en el territorio. Todos los municipios mencionados se destacan como los de mayor problemática según el análisis de las lluvias expresadas por el SPI 6.

El extenso evento de sequía iniciado en mayo de 2014 y prolongado durante 7 periodos estacionales —42 meses—, presentó como período más crítico el semestre noviembre 2016-abril 2017, que coincidió con los mayores déficits registrados en la región central de Cuba. Este período estacional estuvo caracterizado en el país por severos déficits de lluvias que cubrieron casi el 70 % del mismo, siendo las regiones occidental y central las más afectadas (BVC, 2017).

Por su parte, el período estacional lluvioso más crítico para el país fue el del 2015, caracterizado por presentar déficits notables en los meses de mayo a julio, lo que provocó que al finalizar el mismo la mitad del territorio nacional estuviera afectado por la sequía meteorológica, siendo la región occidental y central las más afectadas (BVC, 2015). En la provincia Villa Clara, el trimestre mayo-julio igualmente fue el más deficitario (Figura 13). No obstante, en el segundo trimestre del período las precipitaciones fueron más favorables, logrando compensar el déficit reportado. Además, al observar la distribución espacial del SPI, se manifiestan valores normales y solo muy pequeñas zonas de los municipios Ranchuelo y Santo Domingo presentaron déficits clasificados como ligeros.

Este intenso y extenso evento de sequía meteorológica fue monitoreado por el SNVS, con expresión en Villa Clara y todas las provincias del país, hecho que permitió alertar a las autoridades para que se pudieran tomar las medidas oportunas para tratar de disminuir sus impactos.

No obstante, actividades fundamentales como el riego en la agricultura —del Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) y del Ministerio de la azúcar (AZCUBA)—, la generación hidroeléctrica en la presa Hanabanilla y el abastecimiento de agua potable a los asentamientos fueron severamente impactados. Los déficits en las disponibilidades de agua embalsada fueron de 37,6 hm³ en 2016 y 128,7 hm³ en 2017 para un total de 166,3 hm³, lo que representó el 6,4 % y 35,2 % del plan respectivamente, con pérdidas financieras para la EAH-VC del orden de los 1.001.500.000 de pesos (EAH-VC, 2017).

Las presas Hanabanilla y Minerva son las principales distribuidoras de agua a la ciudad de Santa Clara. Las mismas, llegaron a sus niveles mínimos en agosto de 2017, manifestándose al 22% y al 28% de su capacidad respectivamente (EAH-VC, 2017). La agricultura fue el sector más afectado, fundamentalmente los cultivos de arroz, caña de azúcar y cultivos varios con 97.671,69 hectáreas (ha), 29.560 ha y 5.195,2 ha afectadas respectivamente (EAH-VC, 2017).

La población resultó igualmente perjudicada debido a la disminución del nivel de entrega. El periodo de mayor afectación fue precisamente mayo, junio, julio y agosto de 2017, donde el 20% de la población del municipio cabecera, Santa Clara (47.529 habitantes), recibió agua cada diez días por todo ese periodo. Mientras que la población dispersa (aquella que no recibe agua mediante acueducto), que antes se abastecía cada cinco días, la recibió cada diez (EAH-VC, 2017).

A pesar de ello, las medidas adoptadas impidieron afectaciones de mayor envergadura a la economía (Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara [EAH-VC], 2017). Las principales medidas

adoptadas en la provincia estuvieron orientadas al uso racional del agua en las actividades económicas del territorio así como en las principales formas de abasto a la población. En el sector agrícola se disminuyeron las demandas de agua para el cultivo del arroz y se controló la explotación directa de agua de los ríos en los regadíos. Se realizaron trabajos de mantenimiento para la eliminación de salideros en las conductoras y redes de distribución en beneficio de un óptimo aprovechamiento del agua. Se optimizó el suministro de agua a los barrios con predominio de edificios multifamiliares donde el llenado de los tanques se realiza hasta el derramamiento debido a la carencia de flotantes. En los asentamientos rurales se realizó el mantenimiento a las bombas de agua manuales, molinos de viento y otros sistemas para el uso colectivo en las comunidades y además se aumentaron la cantidad de pozos de agua para el uso familiar.

Según el análisis realizado por la OMM (2016), esta sequía meteorológica también afectó a partes del Caribe, América Central y el noroeste de América del Sur en 2015 y principios de 2016. Numerosas islas del Caribe experimentaron su año más seco jamás registrado en 2015. En el caso de Puerto Rico, durante el 2015 y primeros meses del 2016, más de la mitad de la isla estuvo afectada por sequía meteorológica (División Monitoreo del Plan de Agua [DRNA], 2016).

En la provincia Villa Clara se verificó la tendencia a la disminución de las lluvias en el bimestre mayo-junio como una de las características más recurrentes de los eventos de sequía meteorológica más recientes en el país, situación que también se ha observado en otras zonas del territorio (Barcia, 2005; Barcia *et al.*, 2011). *Las principales causas de dicha situación están relacionadas con que a partir de finales de la década de los años 70 del siglo XX los patrones de la circulación atmosférica más frecuentes sobre Cuba en el bimestre mayo-junio tuvieron una tendencia marcada a la estabilidad. Esto se aprecia por el aumento de la influencia de las altas presiones, caracterizado por la estructuración de una celda anticiclónica o de una potente dorsal en los niveles medios de la atmósfera. Esto a su vez se ha reflejado en una disminución de las precipitaciones en la provincia asociada a los procesos sinópticos más frecuentes de este período como son las vaguadas extendidas y las hondonadas superficiales* (Barcia, 2005; Durán, 2017).

Se puede esperar que las regiones de América Latina y el Caribe han sufrido los embates de la sequía en sus territorios, siendo vulnerables a sus consecuencias principalmente las relacionadas con el abastecimiento a la población y la seguridad alimentaria.

Las predicciones climáticas para los próximos años establecen incertidumbre en cuanto al comportamiento del régimen de lluvias. No obstante, los modelos indican que para las regiones del Caribe las sequías serán más recurrentes. De hecho, en Honduras se realizó un análisis de los impactos del cambio climático en la región y éste prevé una reducción de las lluvias entre un 3 % y 10 % para el 2020 y su influencia en la reducción de alimentos (Bouroncle, *et al.*, 2015). *Esta problemática llevará a fortalecer los Sistemas de Alerta en caso de situaciones de riesgo de desastres por sequía. En este sentido, se han realizado trabajos en el área: en Cuba los estudios de PVR — mencionados anteriormente— (GPR.VC, 2014). En México, Ortega-Gaucin y Velasco (2013) analizaron el impacto de la sequía en el país desde el punto de vista económico-social, mientras que Ortiz y Ortega (2015) estudiaron el riesgo por sequía meteorológica y su impacto agro-socio-económico en Michoacán (México), a partir de una metodología que vincula la vulnerabilidad de un territorio con las predicciones climáticas. Asimismo, en el Corredor Seco Centroamericano se demuestra como las vulnerabilidades ante la sequía de un espacio geográfico influyen directamente en la población, afectando grandes porcentos de tierra y disminuyendo así la producción de alimentos* (Calvo-Solano *et al.*, 2018).

5. Conclusiones

La sequía comparte con el cambio climático la distinción de ser un fenómeno de aparición lenta, por lo que se debe lograr que las personas reconozcan los cambios que se producen lentamente o de manera gradual durante un largo período de tiempo para lograr tener una mayor percepción del riesgo. Este trabajo analiza los eventos más sobresalientes de sequía meteorológica a escala local en los últimos años, con el fin de orientar a directivos, gestores, administradores del agua, regantes y usuarios urbanos del agua.

El empleo del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) permite caracterizar los principales procesos de sequía meteorológica que han afectado a la provincia de Villa Clara en el período 2000-2017 en diferentes escalas temporales. Según el comportamiento de las precipitaciones, expresadas por el SPI 6, en la provincia se han presentado 11 períodos estacionales con sequía, 4 correspondientes al período lluvioso y 7 al poco lluvioso. El período estacional lluvioso más seco en la provincia se registró en ma-

yo-octubre de 2004 con un déficit de -1,76, mientras que el período estacional poco lluvioso más seco fue entre noviembre de 2004 y abril de 2005 con -3,03.

El evento de sequía 2014-2017 presentó 7 períodos estacionales afectados, siendo el más extenso de la serie y el segundo de mayor déficit en los acumulados. Los principales efectos de este evento extremo en la provincia Villa Clara se vieron evidenciados en el sector agrícola y en el abastecimiento de agua a la población. Estos resultados coinciden con el estudio de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo ante sequía meteorológica, agrícola e hidrológica realizado en la provincia por GPR.VC (2014) que muestra estos sectores como los más vulnerables en el territorio.

El análisis de la tendencia de la precipitación muestra que las mayores disminuciones se concentran en el bimestre mayo-junio, el más lluvioso del año. Este ha sido un comportamiento recurrente en los últimos años y uno de los elementos que más ha influido en los eventos de sequía meteorológica más recientes en el país (Lapinel *et al.*, 2003). A escala local, resultados similares se han obtenido en otras provincias del centro del país como Cienfuegos (Barcia *et al.*, 2011).

Los resultados de esta investigación contribuyen a agilizar el proceso de toma de decisiones ante futuros eventos de sequía a nivel local, a partir del conocimiento aportado de su recurrencia y su comportamiento temporal y espacial en la provincia. Se puede, además, generalizar a otras localidades y darle un enfoque de vulnerabilidad ante situaciones de desastres.

Referencias

- Abdulkadir, G. (2017). Assessment of Drought Recurrence in Somaliland: Causes, Impacts and Mitigations. *Journal Climatology Weather. Forecasting*, 5(204), 2. <https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000204>
- Barcia, S. (2005). *Tendencia de los patrones de circulación y su influencia en las precipitaciones en Cienfuegos en el bimestre mayo-junio* (Tesis de Máster). Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Barcia, S., Orbe, G., López, R., Regueira, V., Millán, J., Ceballo, R., y Angulo, R. (2011). Variabilidad y tendencias del clima en la provincia Cienfuegos. Informe Final de Proyecto. Cienfuegos, Cuba.
- Blanquero, R., Carrizosa, E., Pita, M.F., Camarillo, J.M. y Álvarez-Francoso, J.I. (2012). Modelo estadístico para la predicción del Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) en Andalucía. En C. Rodríguez Puebla, A. Ceballos Barbancho, N. González Reviriego, E. Morán Tejeda, A. Hernández Encinas (eds.). *Cambio climático. Extremos e impactos. VIII Congreso Asociación Española de Climatología (Madrid)*, 261-270. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8279>
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2009). *Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET)*, 21(5).
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2009). *Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET)*, 21(6).
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2017). *Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET)*, 29(4).
- Boletín de la Vigilancia del Clima (BVC) (2015). *Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET)*, 27(10).
- Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., Fung, E., Martínez-Rodríguez M.R.,... y Donatti C.I. (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>
- Calvo-Solano, O.D., Quesada-Hernández, L., Hidalgo, H. y Gotlieb, Y. (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>
- Cárdenas, O. y Roque A.R. (2008). El conocimiento de la sequía fortalece las estrategias cubanas. *Mapping: Map and Sig consulting*, (130), 26-30.
- Centella, A., Llanes, J., Paz, L., López, C. & Limia, M. (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., Lapinel, B., Solano, O., Vázquez, R., Fonseca, C., Cutié, V. y Duarte, L. (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).

- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África (1995). *GE.95-03531– 5.000 DPCSD/CCD/95/2*. Switzerland.
- Cutié, V., Lapinel B., González, N., Perdigón, J., Fonseca, C., González, I. y Góngora, Y. (2013). *La Sequía en Cuba, un texto de referencia*. La Habana: Sello editorial ama.
- División Monitoreo del Plan de Agua (DRNA). (2016). *Informe sobre la sequía 2014-16 en Puerto Rico*. División Monitoreo del Plan de Aguas, San Juan, Puerto Rico.
- Durán, I. (2017). Circulación atmosférica y días con lluvia durante eventos significativos de sequía en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(3), 349-362.
- Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara (EAH-VC) (2017). *Informe Técnico del proceso de sequía 2014-2017 en Villa Clara* (Inédito).
- Fattahi, E., Habibi, M. & Kouhi, M. (2015). Climate Change Impact on Drought Intensity and Duration in West of Iran. *J. Earth Sci. Clim. Change.*, 6(319). <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000319>
- Grupo Provincial de Riesgos Villa Clara (GPR.VC) (2014). *Informe Provincial de Estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo ante sequía* (Inédito).
- Gibbs, W.J. (1987). A Drought Watch System. WMO/TD–No.193 WCP–134. *World Meteorological Organization*, 23.
- Gibbs, W.J. and Maher, J.V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, (Commonwealth of Australia, Melbourne), 48. Melbourne: Bureau of Meteorology.
- Lapinel, P., Rivero, B. y Cutié, V. (1993). *La Sequía en Cuba y sus causas. Análisis del período 1931-1990*. Informe de resultado (Inédito). La Habana: INSMET.
- Lapinel, B., Varela, N. y Cutié, V. (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, B., Pérez, R., Aroche, R., Cutié, V., Pérez, D., Báez, A., ... y Hechavarria, E. (2003). La sequía de corto período durante los meses de abril, mayo y junio de 1998 en Cuba. *Revista Brasileira de Meteorología*, 18(2), 131-138.
- Lecha, L.B., Paz, R. y Lapinel, B. (1994). *El Clima de Cuba*. La Habana: Editorial Academia.
- Lloyd-Hughes, B. and Saunders M.A. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, 22, 1571-1592. <https://doi.org/10.1002/joc.846>
- Machado, A. (2010). Los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2008. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(3B), 1-10. <http://www.redalyc.org/pdf/636/63613140069.pdf>
- Marcos, O. (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones geográficas*, 26, 59-80. <https://doi.org/10.14198/INGEO2001.26.06>
- Martín, E., Domínguez, I., Hernández, W., Osés, R., Saura, G., Pedraza, A. y López, R. (2004). *Estudio mapeado sobre un Sistema de Información Geográfico del Comportamiento Histórico de las Precipitaciones en la Provincia de Villa Clara* (Inédito). Proyecto Territorial. Villa Clara: Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. 8th Conference on Applied Climatology (pp. 179-184). Anaheim, CA.
- Moya, A., Álvarez, C., Purón, M. y Ruiz, C. (2005). Caracterización y pronóstico de los procesos que dan lugar a las precipitaciones en Villa Clara durante el período poco lluvioso. *Revista Cubana de Meteorología*, 12(2) 51-63. Recuperado de <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/download/295/355>
- Olivares, B., Cortez, A., Lobo, D., Parra, R.M., Rey, J. y Rodríguez, M.F (2016). Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado. *Rev Acta Nova.*, 7(3), 266-283.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1992). Vocabulario Meteorológico Internacional. OMM, No.168. Recuperado de <https://smn.cna.gob.mx/es/smn/glosario>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2016). *Estado del Clima Mundial 2011-2015*. OMM–Nº 1179.

- Ortega-Gaucin, D. y Velasco, I. (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. *Revista Aqua-Lac.*, 5(2), 78-90.
- Otero, M. (2012). *Susceptibilidad ambiental ante inundaciones por intensas lluvias para la gestión del riesgo de desastre en Villa Clara* (Tesis de maestría inédita). Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.
- Ortiz, C.F y Ortega, A.M. (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.
- Paredes, F, Millano, J.L. y Guevara, E. (2008). Análisis espacial de las sequías meteorológicas en la región de Los Llanos de Venezuela durante el periodo 1961-1996. *Revista de Climatología*, 8, 15-27.
- Pedraza, F, Osés, R., Saura, G., Domínguez, I., Castro, Socarrás, J.... y Gómez, R. (2010). *Impacto de las precipitaciones en la cuenca Sagua la Grande* (Proyecto de Investigación). Villa Clara: Catálogo del Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara.
- Poquet, D., Belda, FJ. y García-Haro FJ. (2008). *Regionalización de la sequía en la Península Ibérica desde 1950 hasta 2007 a partir del SPI y una modelización digital terreno*. Recuperado de https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/5301/1/1D_Poquet.pdf
- Solano, O., Vazquez, R., Centella, A. y Lapinel, B. (2006). Una aproximación al conocimiento de la sequía en Cuba y sus efectos en la producción agropecuaria. *Revista Zonas Aridas*, 11(1), 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.
- 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)
- Velasco, I., Ochoa, I. y Gutiérrez, C. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y Sociedad*, 17(34), 35-71. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252005000300002&script=sci_arttext
- Wilhite, D.A. y Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10(3), 111-120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>