

Endris Yoel Viera-González¹

E-mail: endrisviera@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2801-5530>

Lennis Beatriz Fuentes-Roque¹

E-mail: lennis.0320@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4945-6589>

Dianelly Gómez-Díaz¹

E-mail: dianellygomez2310@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0779-235X>

Leonardo Mejías-Seibanes¹

E-mail: lm640724@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2319-483X>

Tania Sánchez-Santana²

E-mail: tania@ihatuey.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2634-830X>

Yhosvanni Pérez-Rodríguez³

E-mail: yprodriguez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>

¹ Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. Cuba.

² Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Cuba.

³ Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Viera-González, E. Y., Fuentes-Roque, L. B., Gómez-Díaz, D., Mejías-Seibanes, L., Sánchez-Santana, T., & Pérez-Rodríguez, Y. (2024). Caracterización climática del circuito sur de Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. *Revista UGC*, 2(3), 113-123.

RESUMEN

El conocimiento de las características climáticas a escala local es vital para el desarrollo de diversas actividades económicas y sociales, especialmente en sectores como la agricultura, que en Cuba son fundamentales para la economía debido a su dependencia de factores climáticos. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las variables meteorológicas en el circuito sur del municipio de Cumanayagua, en la provincia de Cienfuegos. Para ello, se recurrió a los resultados preliminares del Atlas Agroclimático de Cienfuegos, a la base de datos digital de todas las variables meteorológicas de 62 estaciones meteorológicas de la Red del Instituto de Meteorología, y a la rejilla 4x4 km empleada en investigaciones climáticas y agrometeorológicas anteriores, considerando el periodo climático de referencia 1991-2020. Se observó que la temperatura media anual fluctúa entre 19-20°C en las regiones montañosas y entre 25-26°C en la zona costera. Las temperaturas extremas muestran valores mínimos que variaron entre 22-23°C en la costa y pueden disminuir por debajo de 18°C en las áreas elevadas. Durante julio, las temperaturas máximas superan los 27°C en la costa y alcanzan los 21-22°C en las altitudes más altas. Los acumulados medios anuales de las precipitaciones suman un total de 1,608.1 mm. Este análisis proporcionará a los usuarios, tomadores de decisiones e inversores una mejor comprensión de las condiciones climáticas, facilitando su preparación cognitiva para el desarrollo económico en diversas áreas.

Palabras clave:

Actividades económicas, temperatura, precipitaciones, variabilidad climática.

ABSTRACT

Knowledge of climatic characteristics on a local scale is vital for the development of diverse economic and social activities, especially in sectors such as agriculture, which in Cuba are fundamental for the economy due to their dependence on climatic factors. The aim of this study was to characterize the meteorological variables in the southern circuit of the municipality of Cumanayagua, in the province of Cienfuegos. For this purpose, we used the preliminary results of the Agroclimatic Atlas of Cienfuegos, the digital database of all meteorological variables from 62 meteorological stations of the Meteorological Institute Network, and the 4x4 km grid used in previous climatic and agrometeorological research, considering the climatic reference period 1991-2020. It was observed that the mean annual temperature fluctuates between 19-20°C in the mountainous regions and between 25-26°C in the coastal zone. Temperature extremes show minimum values that varied between 22-23°C on the coast and may decrease below 18°C in the highland areas. During July, maximum temperatures exceed 27°C on the coast and reach 21-22°C at higher altitudes. Average annual cumulative rainfall totals 1,608.1 mm. This analysis will provide users, decision makers and investors with a better understanding of climatic conditions, facilitating their cognitive preparation for economic development in various areas.

Keywords:

Economic activities, temperature, precipitation, climate variability.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una de las realidades ambientales más importantes que la humanidad enfrenta en este siglo. No solo por los efectos que tiene en las diferentes esferas humanas, sino porque representa un reto para el modelo de desarrollo que la humanidad ha asumido desde la etapa de industrialización (Lemaire et al., 2019).

Las altas temperaturas, las intensas lluvias, los prolongados periodos con sequía meteorológica y los intensos huracanes entre otros fenómenos meteorológicos peligrosos son desafíos para los países subdesarrollados o en vía de desarrollo y en especial para los estados insulares. Para contrarrestar esta situación se hace necesario buscar herramientas efectivas que permitan adaptarse a la variabilidad y cambio climático en los sectores que dependen fundamentalmente del clima.

Para obtener un adecuado desarrollo agropecuario en cualquier región es preciso considerar la importancia que establecen cuatro factores, el hombre, la tierra, el agua y el clima (Valle, 2007). Justamente el término clima requiere especial atención, debido a que se entiende como el ambiente donde se manifiesta el potencial productivo en la zona; es necesario conocer con detalles el efecto del clima sobre los seres vivos, con el objetivo primordial de colocar adecuadamente a cada organismo dentro de su medio ambiente.

El conocimiento de las características del clima a escala local es un elemento sumamente importante para la inversión de proyectos de desarrollo económico, más si se trata de países como Cuba que dependen en gran medida de este factor para el desarrollo de su economía. En este contexto, adquieren gran importancia conocer el comportamiento de las diferentes variables meteorológicas en las regiones semiáridas y áridas debido a que son más susceptibles a los efectos de la variabilidad climática, sobre todo en aquellas como las actividades agropecuarias. La zona del Circuito Sur del municipio de Cumanayagua se caracteriza por presentar los mayores valores térmicos de la provincia de Cienfuegos, así como los menores acumulados de lluvias (Barcia & Castillo, 2015). Además, está entre las áreas de la provincia de mayor peligro de afectación por ciclones tropicales y sequía meteorológica (Gómez et al., 2011; Estupiñán et al., 2015). El objetivo de este trabajo fue: caracterizar las variables meteorológicas del circuito sur del municipio de Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el circuito sur de Cumanayagua se desarrollan actividades económicas relacionadas con el turismo y la

recreación, la agricultura y ganadería, la silvicultura y la pesca. La zona incluye áreas de la CPA “Mártires de Barbados”, la Empresa Pecuaria “La Sierrita”, el Centro de Desove “Yaguacán” además de varias instalaciones de alojamiento pertenecientes al Ministerio de Turismo. También se ubican varios asentamientos rurales siendo Camilo Cienfuegos y Yaguanabo los principales (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la zona “Circuito Sur del municipio de Cumanayagua”.

Para la realización de este estudio se utilizaron los resultados preliminares del Atlas Agroclimático de la Provincia Cienfuegos (CMP, 2024) el cual contiene la distribución espacial de las principales variables meteorológicas tomando como período climático norma el 1991-2020. Se contó con una base de datos digital de todas las variables meteorológicas de 62 estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red del Instituto de Meteorología (INSMET), las cuales describen el comportamiento del clima en todas las zonas físico-geográficas de la provincia Cienfuegos (Cuba. Instituto de Meteorología, 2000).

Las salidas espaciales del Atlas Climático de la provincia Cienfuegos se muestran a partir de una rejilla de 4x4 km utilizada ya en otros estudios climáticos y agrometeorológicos en el país (Figura 2). En total, para toda la zona de estudio fueron considerados un total de 39 puntos. A cada uno de estos puntos le fueron calculadas las siguientes variables meteorológicas:

- Temperatura media anual, mensual y estacional.
- Temperatura mínima media anual, mensual y estacional.
- Temperatura máxima media anual, mensual y estacional.

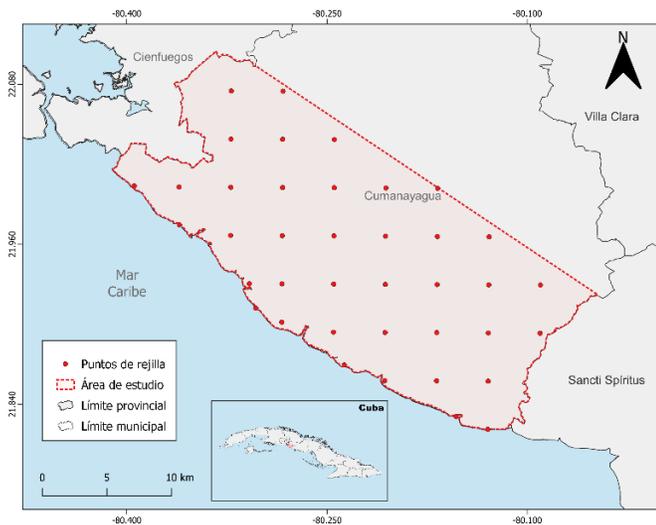


Figura 2. Puntos de rejilla de la zona “Circuito Sur del municipio de Cumanayagua”.

En el caso del análisis de las precipitaciones en el área, se utilizaron las salidas del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía Meteorológica (SNVSM) del Centro Nacional del Clima del Instituto de Meteorología utilizando también como norma climática el período 1991-2020. El SNVSM se nutre de los datos pluviométricos de la red básica perteneciente al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y exporta los datos en la misma rejilla de 4 x 4 km citada anteriormente.

Para la caracterización de la humedad relativa, la nubosidad y el viento en la zona se utilizaron para caracterizar estas variables los resultados del Atlas Climático de la provincia de Cienfuegos del 2015, además de los datos de las estaciones cercanas a la zona de estudio (Cienfuegos, Topes de Collantes y Trinidad) en el período 1991-2020.

La evaluación de la sequía meteorológica se realizó a partir del cálculo del Índice estandarizado de Precipitación (SPI por sus siglas en inglés). El SPI es un indicador basado en la probabilidad de lluvias, en cualquier período de tiempo. Fue desarrollado, en 1993, por McKee *et al.*, para cuantificar el déficit de precipitaciones durante múltiples escalas temporales (1 mes, 3, 6, 9 y hasta 24 meses). Estas escalas temporales reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos.

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 con varios autores (Thorn, 1966; Young, 1992, Lloyd-Hughes, 2002, entre otros), la función más apropiada para este ajuste es la Gamma. 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. En la Tabla 1 se muestra la clasificación del SPI.

Tabla 1. Índice de precipitación estandarizada (SPI).

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

Según la clasificación de Köppen-Geiger, una zona climática es del tipo tropical (A) o templada (C), cuando la temperatura media mensual del mes más frío es superior o inferior a 18 °C, respectivamente. Para el tipo (A), si en una región determinada durante todos los meses del año los acumulados de precipitación son superiores a 60 mm, esta se clasifica como selva tropical (Af). Si la precipitación mínima mensual es inferior a 60 mm, se trata de una estación seca para lo cual se aplican los criterios de Kottek *et al.* (2006); y Peel *et al.* (2007), siguientes:

$$rn < 100 - \frac{R}{25} \quad \text{Tipo (Aw): Sabana Tropical (F1)}$$

$$rn > 100 - \frac{R}{25} \quad \text{Tipo (Am): Monzónico (F2)}$$

Para el tipo (C), cuando la temperatura del mes más cálido es superior a 22 °C, se clasifica como templado subtropical; y si se cumplen las ecuaciones 3 y 4, significa que la precipitación mínima ocurre en invierno (w) o verano (s), respectivamente. En todos los demás casos, son del tipo (f) (Kottek *et al.*, 2006; Peel *et al.*, 2007).

$$\frac{m}{rx} > \frac{1}{3} \quad \text{Tipo (Cs) (F3)}$$

$$\frac{m}{rx} > \frac{1}{10} \quad \text{Tipo (Cw) (F4)}$$

donde:

R es la precipitación total anual, m es la precipitación mínima mensual y rx es la precipitación máxima mensual.

El índice de Lang tiene en cuenta la precipitación y la temperatura media anual como elementos climáticos fundamentales.

Se define por la formulación siguiente:

$$L = \frac{R}{Tm} \quad (F5)$$

donde:

L es el índice de Lang, R es la precipitación total anual y Tm es la temperatura media anual del aire.

Aunque originalmente el índice de Lang posee tres categorías: árido (menor que 40 mm/°C), húmedo (40 mm/°C-160 mm/°C) y super húmedo (mayor a 160 mm/°C) (Jansá, 1974). Este trabajo, con la finalidad de lograr una mejor zonificación de la zona de estudio, utilizará las divisiones propuestas por Álvarez (1992): muy seco (menor que 20 mm/°C), seco (20 mm/°C-40 mm/°C), húmedo de sabana (40 mm/°C-60 mm/°C), húmedo (60 mm/°C-100 mm/°C), muy húmedo (100 mm/°C-160 mm/°C) y super húmedo (mayor de 160 mm/°C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los factores físico-geográficos y la superficie subyacente le confieren a la zona de estudio características climáticas muy particulares que se visualizan en el régimen térmico e hídrico que la distinguen en la provincia de Cienfuegos. El primero de ellos, relacionado con las montañas de Guamuhaya, asociando la ubicación de la zona de estudio con la zonalidad altitudinal y las características climáticas de la ladera de sotavento de las mismas. El segundo, la cercanía al mar, propiciando una menor oscilación térmica e inferiores totales de precipitaciones anuales.

Temperatura del aire

La temperatura del aire alcanza su máximo estival en los meses de julio y agosto en correspondencia con la radiación solar global, mientras que el mínimo de la marcha anual ocurre en enero y diciembre. La temperatura media del aire muestra como desde junio a septiembre se superan los 25 °C como promedio. La temperatura mínima muestra valores superiores a los 20 °C desde el mes de mayo hasta octubre y las máximas por encima de 30 °C comienzan a presentarse a partir de junio y persisten hasta septiembre (Figura 3). La temperatura media anual en la zona de estudio experimenta una gran variación espacial debido a los factores climáticos explicados anteriormente. En la zona cercana a la costa predominan valores entre 26-27°C disminuyendo hacia la premontañas y montañas con valores que llegan hasta los 19-20°C en las zonas más altas del área de estudio (Figura 3).

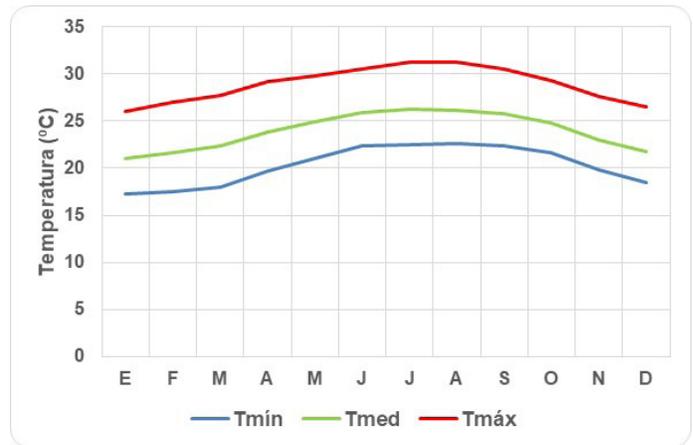


Figura 3. Marcha anual de la temperatura del aire en el "Circuito Sur del municipio Cumanayagua". Periodo 1991-2020.

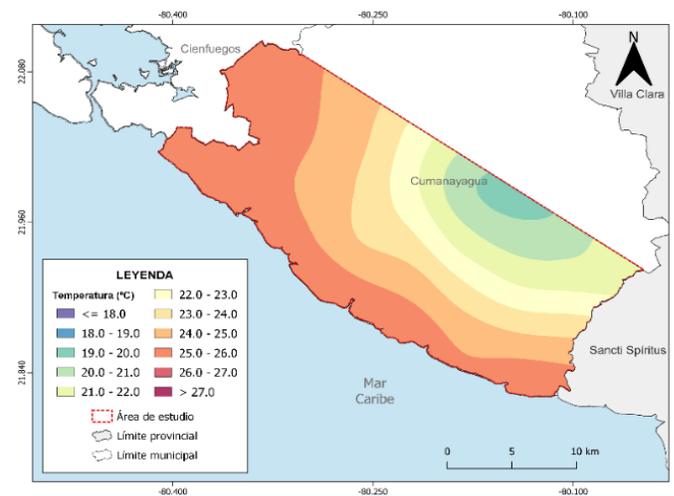


Figura 4. Temperatura media en el "Circuito Sur del municipio Cumanayagua". Periodo 1991-2020.

Esta distribución varía en función de los meses del año y se puede observar que los meses de julio y agosto son los más cálidos del año, en las zonas más cercanas a la costa la temperatura media alcanza valores mayores a los 27°C, mientras que hacia las zonas más altas oscila entre 22-23°C, Figura 5 (derecha). En cambio, en enero, el más frío del año, las zonas más altas presentan valores medios inferiores a los 18°C aumentando cuando nos acercamos a la costa, con valores que llegan hasta los 23 °C Figura 5 (izquierda).

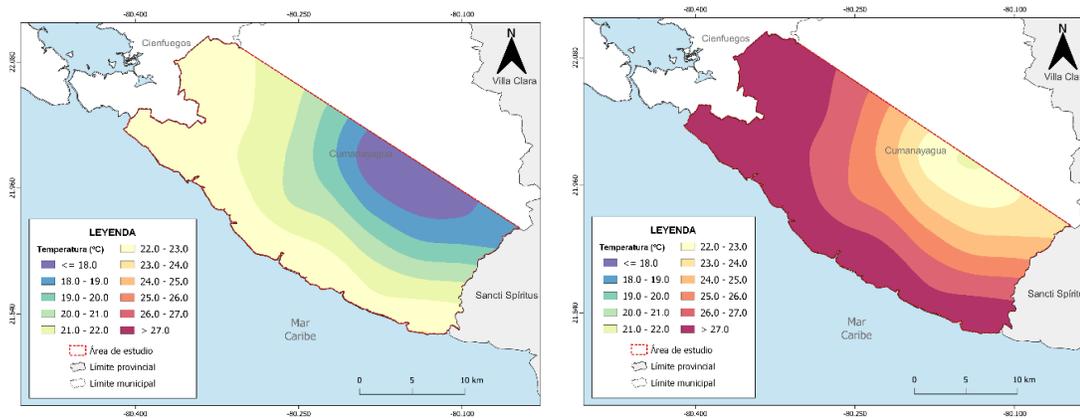


Figura 5. Temperatura media en los meses de enero (izquierda) y julio (derecha) del “Circuito Sur del municipio de Cumanayagua”. Periodo 1991-2020.

En la Figura 6, se puede observar el similar comportamiento espacial de las temperaturas extremas en la zona de estudio. Los menores valores de la temperatura mínima media ocurren hacia las zonas más altas oscilando entre 15-16°C, aumentando hacia la costa con valores entre 22-23°C, Figura 6 (izquierda). Mientras que los mayores valores de la temperatura máxima media se registran en la zona cercana a la costa con 29.5-31°C, Esto se debe al efecto termorregulador que ejerce la cercanía al mar, lo que hace que no descendan mucho las temperaturas durante la madrugada y noche.

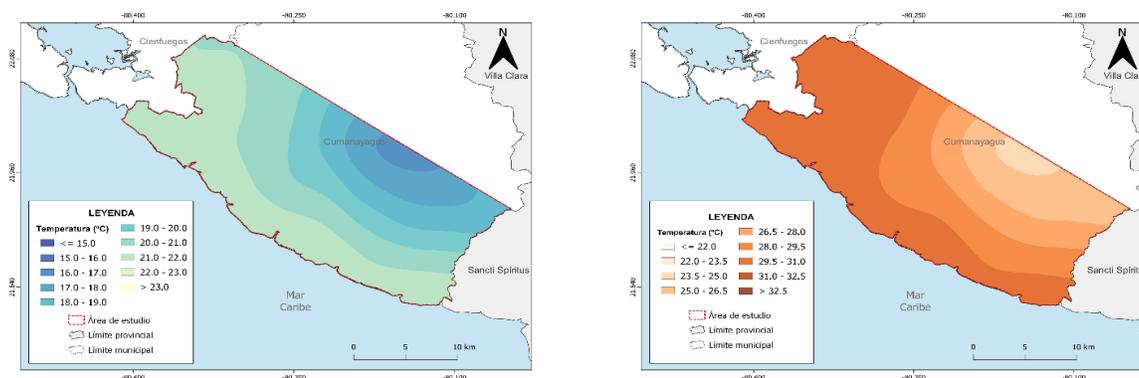


Figura 6. Temperatura mínima media anual (izquierda) y máxima media anual (derecha) del “Circuito Sur del municipio de Cumanayagua”. Periodo 1991-2020.

Precipitaciones

En la zona de estudio, los acumulados medios anuales de las lluvias alcanzan un total de 1608.1mm. En su marcha anual, se aprecia una acentuada estacionalidad destacándose un período lluvioso entre los meses de mayo a octubre donde se acumula el 81.7 % del total de lluvia anual y otro poco lluvioso de noviembre a abril con el 18.3 % restante. Los meses más secos son diciembre (40 mm), enero (41 mm), febrero (35.9 mm) y marzo (41.9 mm) los más lluviosos son junio (217.1 mm) y septiembre (264.5 mm) (Figura 7).

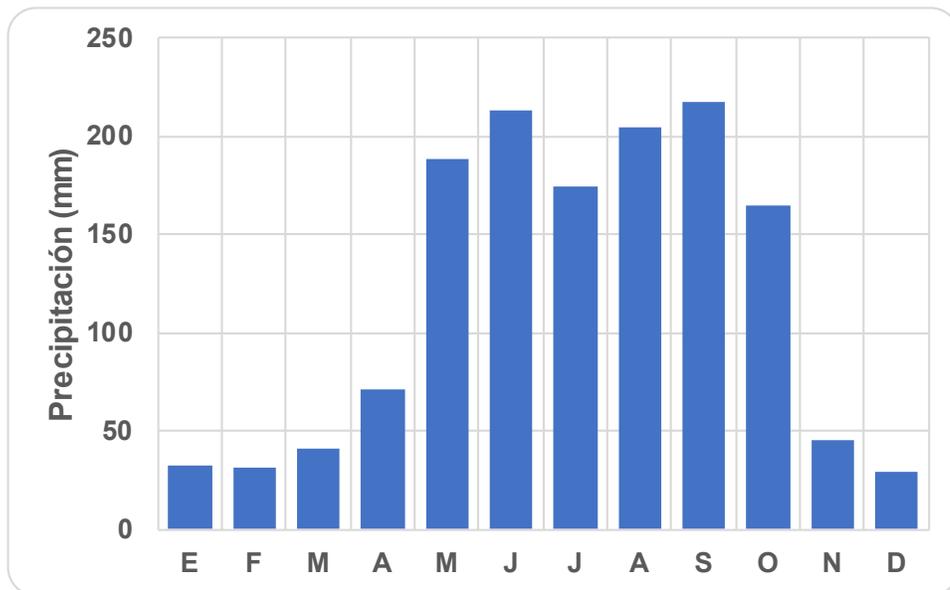


Figura 7. Marcha anual de los acumulados de las lluvias en el “Circuito Sur del municipio de Cumanayagua”. Norma 1991-2020.

Las lluvias anuales en el Circuito Sur de Cumanayagua aumentan con la altura con más de 2000 mm en la zona montañosa. Por su parte, los menores valores se visualizan en la ladera de sotavento a medida que nos acercamos a la costa llegando a estar entre 1300-1500 mm anuales (Figura 8).

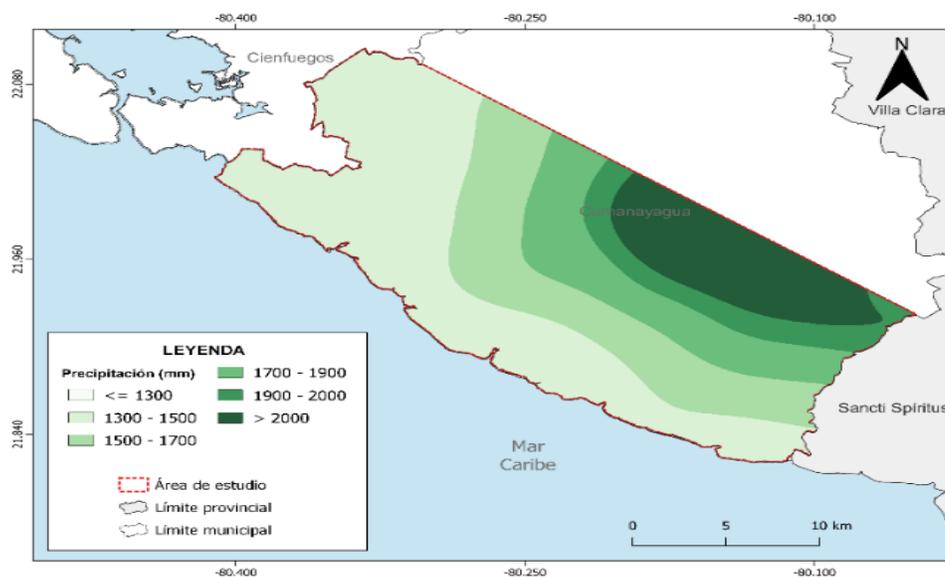


Figura 8. Lluvia anual en el “Circuito Sur del municipio de Cumanayagua”. Período 1991-2020.

La distribución espacial de las precipitaciones por periodos (lluvioso y poco lluvioso) muestra una configuración similar a la anterior. Como se puede ver en la Figura 9 (izquierda), predominan valores superiores a los 1500 mm en las zonas más altas del lomerío cumanaiguense disminuyendo gradualmente hacia la costa hasta llegar a los 1100-1200 mm. En el mapa de la distribución espacial de la lluvia en el periodo estacional poco lluvioso se aprecia que la zona más cerca al litoral presenta precipitaciones inferiores a 250 mm llegando hasta los 450 mm (Figura 9) (derecha).

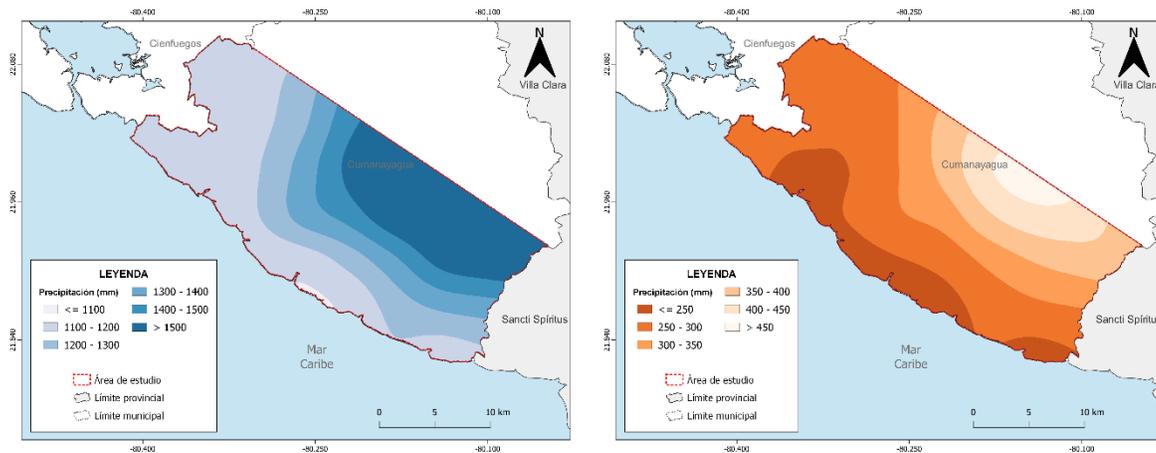


Figura 9. Lluvia en el período lluvioso (izquierda) y período poco lluvioso (derecha) en el “Círculo Sur del municipio de Cumanayagua”. Período 1991-2020.

Humedad relativa

La humedad relativa del aire es un importante elemento climático que, en combinación con la temperatura, juega un papel relevante en el intemperismo. Las condiciones de la circulación atmosférica, la distribución de las precipitaciones, el relieve del territorio y la influencia marina son los factores principales que intervienen en sus características. En general, en la zona de estudio predominan valores medios anuales que van desde los 74 % en la zona cercana a la costa hasta el 84% en la zona más altas de las montañas.

Su marcha anual se corresponde con la distribución estacional de las precipitaciones y reporta los máximos en los meses de agosto y septiembre mientras que los mínimos se presentan al finalizar el período poco lluvioso del año en los meses de febrero y marzo.

Nubosidad

Al analizar el comportamiento temporal de la nubosidad diaria, la Figura 10 muestra, que de enero a abril la nubosidad media diurna presenta las mayores diferencias entre las zonas costeras y montañosas. A partir de mayo se presenta hacia la zona de análisis un aumento de la cubierta nubosa en el horario diurno que llega a tener dos máximos bien establecidos, uno en el mes de junio y otro en septiembre, con una disminución relativa en los meses de julio y agosto en correspondencia con la disminución de las precipitaciones en estos meses. Hacia los dos últimos meses del año vuelve a presentarse un decrecimiento de la nubosidad, aunque se mantiene ligeramente superior a los primeros meses del año.

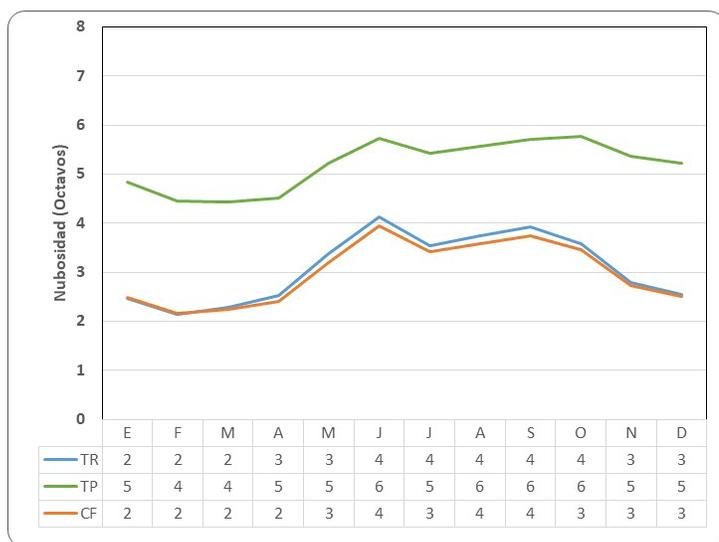


Figura 10. Comportamiento anual de la nubosidad media diurna. Período 1991-2020.

El análisis de la nubosidad por horarios muestra diferencias notables entre los diferentes períodos del año (Tabla 2). De forma general en el período poco lluvioso del año el máximo de nubosidad durante el día se alcanza en el horario de la 1:00 pm, mientras que en los meses de mayo a octubre el máximo ocurre más tarde, a las 7:00 pm.

En las zonas cercanas a la costa en los meses del período poco lluvioso del año la Nubosidad es escasa en los horarios de las 7:00 am hasta las 10:00 am predominando valores de 2 a 3 octavos de cielo cubierto como promedio, a partir de las 10:00 am se produce un aumento ligero en la cobertura nubosa que llega a tener su máximo, como ya se dijo a la 1:00 pm. Por su parte, hacia la zona montañosa la cobertura de nubes a las 7:00 am y 10:00 am oscila entre 4 y 5 octavos de cielo cubierto como promedio y luego hay un aumento muy ligero que se mantiene en ocasiones hasta el final de la tarde.

Tabla 2. Nubosidad Media Mensual por Hora. Período 1991-2020.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
CF	7 am	2.4	2.0	2.1	2.1	2.8	3.7	2.9	3.0	3.3	3.3	2.8	2.5	2.7
	10 am	2.7	2.3	2.5	2.6	3.3	3.8	3.0	3.1	3.5	3.7	3.2	2.8	3.0
	1 pm	3.5	3.1	3.2	3.2	3.9	4.4	3.9	4.0	4.3	4.3	3.9	3.6	3.8
	4 pm	3.4	3.0	3.1	3.4	4.3	5.1	4.8	4.9	5.2	4.6	3.8	3.4	4.1
	7 pm	2.7	2.7	3.0	3.7	4.8	5.8	5.5	5.5	5.2	4.2	2.7	2.4	4.0
TP	7 am	5.4	4.8	4.9	4.6	5.0	5.5	5.3	5.4	5.5	5.9	5.8	5.7	5.3
	10 am	5.1	4.5	4.6	4.6	5.1	5.5	5.0	5.2	5.5	5.7	5.5	5.4	5.1
	1 pm	5.1	4.8	5.0	5.2	5.8	6.1	5.7	5.8	6.1	6.0	5.6	5.4	5.6
	4 pm	5.0	4.6	4.6	5.0	5.8	6.3	6.0	6.2	6.4	6.1	5.6	5.2	5.6
	7 pm	4.5	4.3	4.5	5.0	6.0	6.6	6.3	6.5	6.4	6.1	5.4	4.9	5.5
TR	7 am	2.6	2.1	2.3	2.5	3.3	4.1	3.3	3.5	3.8	3.7	3.0	2.8	3.1
	10 am	2.9	2.6	2.9	3.1	3.8	4.4	3.7	3.8	4.1	3.9	3.2	3.0	3.5
	1 pm	3.4	2.8	3.0	3.1	4.0	4.6	4.0	4.2	4.5	4.3	3.9	3.5	3.8
	4 pm	3.3	2.7	2.9	3.2	4.3	5.1	4.7	4.8	5.2	4.7	3.9	3.4	4.0
	7 pm	2.6	2.6	2.9	3.6	4.8	5.8	5.5	5.5	5.3	4.3	2.7	2.4	4.0

Nota: CF – Cienfuegos, TR – Trinidad, TP – Topes de Collantes

En el período lluvioso del año hay un aumento de la nubosidad en el horario de la mañana estando entre 3 y 4 octavos de cielo cubierto como promedio en zonas cercanas a la costa, mientras que en la montaña predominan valores cercanos a los 5 octavos. A partir de las 10:00 am se produce un aumento hacia todas las zonas alcanzando el máximo a las 7:00 pm, con valores medios superiores a los 5 octavos hacia zonas costeras y de 6 y más hacia la zona montañosa.

Vientos

Los vientos en Cuba no suelen tener velocidades muy elevadas, como promedio. Los valores máximos ocurren durante el día, por lo general en las primeras horas de la tarde; observándose los mínimos en la noche y madrugada. Su comportamiento tiene un carácter muy local y se rigen en gran medida por el efecto orográfico.

En el área de estudio predominan los vientos del Nordeste al Este como se muestra en la Figura 11. En la zona de estudio, hacia el sur y las montañas el viento predominante es del Este, mientras que hacia la parte occidental de la zona de estudio la componente que más predomina es del Nordeste.

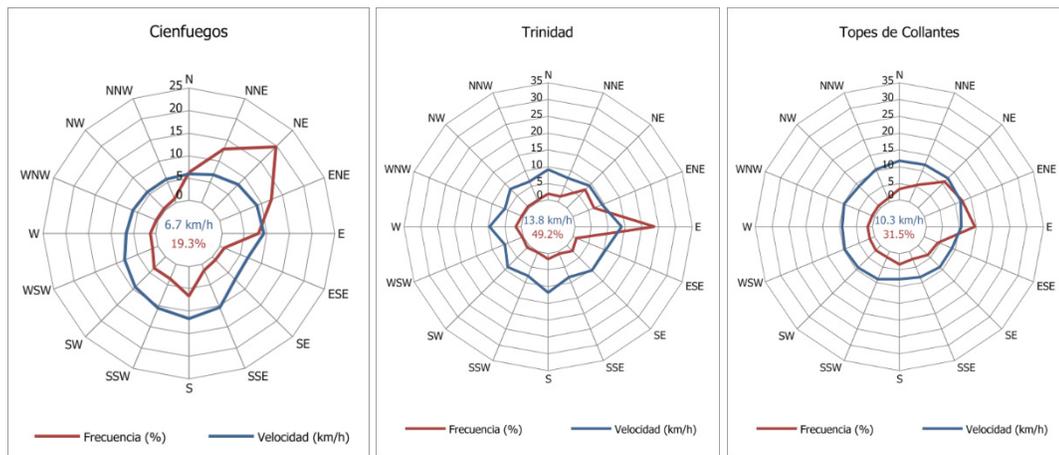


Figura 11. Rosa de los vientos anual en estaciones meteorológicas seleccionadas. Período 1991-2020.

La marcha anual de la velocidad del viento muestra sus valores más altos en los meses del período poco lluvioso (Tabla 3), mientras que los mínimos se registran en el bimestre agosto-septiembre. En general, las velocidades máximas del viento se asocian a sistemas frontales, centros de bajas presiones extratropicales, tormentas locales, perturbaciones ciclónicas y huracanes.

Tabla 3. Velocidad media mensual del viento (km/h) por estaciones seleccionadas en el período 1991-2020.

Estaciones													
Cienfuegos	9.6	8.9	9.8	8.9	7.7	5.9	5.9	5.7	5.6	7.4	8.5	8.8	
Topes de Collantes	11.2	11.3	14	11.8	10.3	9	10.1	9.2	8.6	9.4	12.5	10.2	
Trinidad	14.8	13.8	13.9	13.5	13	13.5	15.3	14	12	12.6	14.4	13.7	

Sequía Meteorológica

La sequía es un fenómeno meteorológico que incide sobre el recurso hídrico, afectando la disponibilidad de agua en los años que se presenta. La Organización Meteorológica Mundial (1990) la define como *“un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas y suficientemente prolongado, como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico”*.

El análisis del SPI, para los años hidrológicos de la serie 1961 - 2020, demostró la presencia de la sequía para toda la zona de estudio en períodos determinados y permitió caracterizarlas en cuanto a su intensidad. En la tabla 4 se destaca un evento de sequía que se extendió desde 1961 a 1966, con sus extremos más significativos en los dos primeros años. En el período de estudio se destacan 10 años hidrológicos con presencia de sequía meteorológica desde moderada hasta extrema sobresaliendo el año 1961-1962 como el más significativo con déficits de lluvias clasificados en extremo. Le siguen en orden de importancia los años 1962-1963 y 2004-2005 con valores del SPI inferiores a -2.0 (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de precipitación estandarizada (SPI) anual, para los años hidrológicos desde 1961-1962 hasta el 2019-2020. Norma 1991-2020.

Año Hidrológico	SPI	Clasificación	Año Hidrológico	SPI	Clasificación
1961-62	-4.1	Extremadamente Seco	1991-92	0.6	Débilmente Húmedo
1962-63	-2.2	Severamente Seco	1992-93	-0.4	Débilmente Seco
1963-64	-0.8	Débilmente Seco	1993-94	-0.1	Débilmente Seco
1964-65	-0.7	Débilmente Seco	1994-95	0.2	Débilmente Húmedo
1965-66	-0.7	Débilmente Seco	1995-96	0.6	Débilmente Húmedo
1966-67	0.4	Normal	1996-97	1.2	Moderadamente Húmedo
1967-68	-1.3	Moderadamente seco	1997-98	1.2	Moderadamente Húmedo
1968-69	2.3	Extremadamente Húmedo	1998-99	-0.7	Débilmente Seco

1969-70	1.2	Moderadamente Húmedo	1999-00	1.6	Severamente Húmedo
1970-71	-1.1	Moderadamente Seco	2000-01	-1.1	Débilmente Seco
1971-72	0.0	Normal	2001-02	-0.3	Débilmente Seco
1972-73	0.0	Normal	2002-03	1.1	Moderadamente Húmedo
1973-74	-1.0	Débilmente Seco	2003-04	-0.7	Débilmente Seco
1974-75	-1.5	Moderadamente Seco	2004-05	-2.0	Severamente Seco
1975-76	-0.7	Débilmente Seco	2005-06	1.4	Severamente Húmedo
1976-77	0.1	Normal	2006-07	-0.9	Débilmente Seco
1977-78	0.6	Débilmente Húmedo	2007-08	0.7	Débilmente Húmedo
1978-79	0.5	Débilmente Húmedo	2008-09	0.3	Normal
1979-80	-0.3	Débilmente Seco	2009-10	-1.2	Moderadamente Seco
1980-81	0.3	Normal	2010-11	-1.0	Débilmente Seco
1981-82	-0.6	Débilmente Seco	2011-12	-0.3	Débilmente Seco
1982-83	0.1	Normal	2012-13	1.3	Moderadamente Húmedo
1983-84	-1.0	Débilmente Seco	2013-14	0.1	Normal
1984-85	-1.2	Moderadamente Seco	2014-15	-0.9	Débilmente Seco
1985-86	-1.0	Débilmente Seco	2015-16	-0.6	Débilmente Seco
1986-87	-0.7	Débilmente Seco	2016-17	-1.1	Moderadamente Seco
1987-88	-0.9	Débilmente Seco	2017-18	1.6	Severamente Húmedo
1988-89	1.7	Severamente Húmedo	2018-19	0.8	Débilmente Húmedo
1989-90	-0.6	Débilmente Seco	2019-20	-1.3	Moderadamente Seco
1990-91	-0.3	Débilmente Seco			

Así mismo, se registraron en este período 10 años desde moderadamente húmedo hasta extremadamente húmedo resaltando los años hidrológicos 1968-1969, 1988-1989, 1999-2000, 2005-2006 y 2017-2018 como los más significativos.

En la Figura 12 se muestra el comportamiento estacional del SPI para cada período estacional, indicador de cuan alejados de los valores esperados se comportaron los reportes de lluvia en el período analizado. Se observa como desde el año 2000 hay una tendencia a presentarse períodos estacionales poco lluviosos con acumulados inferiores a los normales con déficits de moderados a severos.

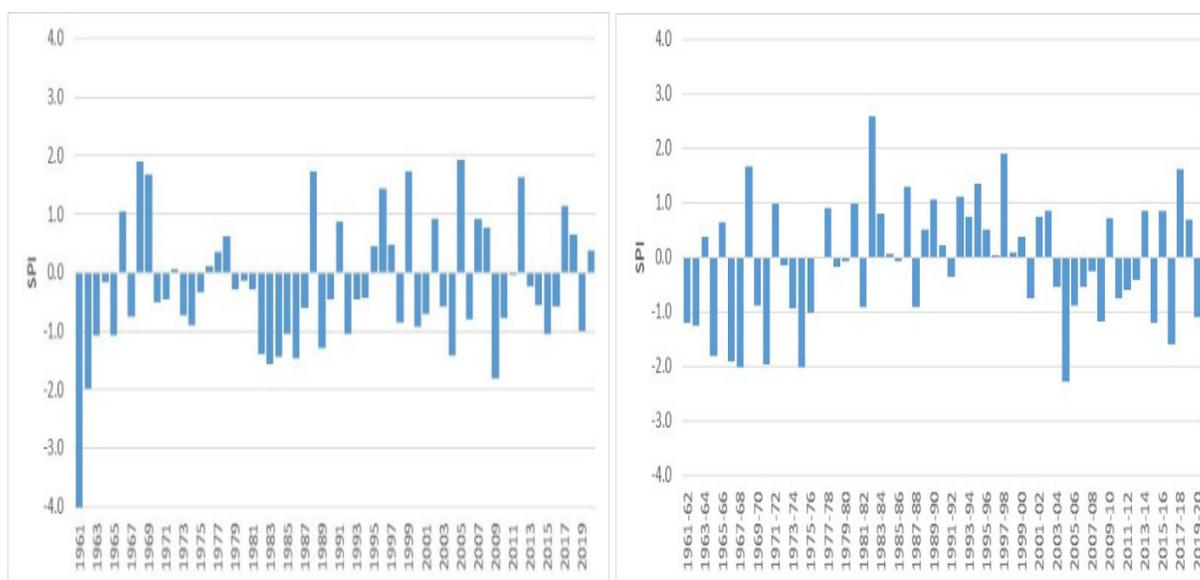


Figura 12. Valores del SPI en la serie temporal correspondiente al período lluvioso (izquierda) y período seco (derecha) en el período 1961-2020. Norma 1991-2020.

Además de la clasificación anterior se empleó la clasificación de Köppen-Geiger, la cual, a partir de la configuración del relieve en combinación con condiciones locales, permiten distinguir en la zona de estudio un solo tipo de clima (Aw). El clima de Sabana Tropical (Aw) se caracteriza por presentar la temperatura media del mes más frío superior a los 18 °C y una estación seca en invierno.

CONCLUSIONES

Las temperaturas en el circuito sur de Cumanayagua van disminuyendo los valores a medida que se separan de la costa asociado fundamentalmente al factor altitudinal. Las precipitaciones anuales son más abundantes en las mayores elevaciones, disminuyendo en la ladera de sotavento llegando a registrarse valores entre 1300-1500 mm en la zona costera. Los valores medios anuales de la humedad relativa van desde los 74% en la zona cercana a la costa hasta el 84 % en la zona más altas de las montañas.

La caracterización climática de esta zona de estudio proveerá a los usuarios, a los tomadores de decisiones e inversores de proyectos de desarrollo económicos de una mejor preparación para el desarrollo de actividades como la agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, O. (1992). Sectores climáticos de Cuba. Aplicación del Método de Lang. *Revista Cubana de Meteorología*, 5(2), 10–19.
- Cuba. Instituto de Meteorología. (2000). *Manual de Procedimiento*. ISMET.
- González, C. (1999). Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1919-1917 hasta 1996-1997. *Revista Cubana de Meteorología*, 6(1), 11-14.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Landsea, C. (2007). Frequently Asked Questions. Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory. Hurricane Research Division. <https://www.aoml.noaa.gov/hrd-faq/>
- Lemaire, G., Giroud, B., Bathily, B., Lecomte, P., & Corniaux, C. (2019). Toward integrated crop-livestock systems in West Africa: a project for dairy production along Senegal river. In: *Agroecosystem Diversity*. Academic Press, Elsevier.
- Lloyd-Hughes, B., & Saunders, M. A. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology* 22, 1571–1592.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales. (Ponencia). 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim, California.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 11(5). <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

Thorn, H.C. (1966). *Some Methods of Climatological Analysis*. WMO Technical Note Number 81. Secretariat of the World Meteorological Organization.

Valle, A. (2007). *Bioclimatología Tropical*. Clima. Editorial Agris.

Young, K.C. (1992). A Three-Way Model for Interpolating for Monthly Precipitation Values. *Monthly Weather Review*, 120, 2561-2569. https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/120/11/1520-0493_1992_120_2561_atwmfi_2_0_co_2.xml

CONFLICTO DE INTERÉS: declaramos, no existe conflicto de interés entre los autores

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

- Conceptualización: Endris Yoel Viera-González, Dianelly Gómez-Díaz
- Curación de datos: Endris Yoel Viera-González, Dianelly Gómez-Díaz
- Investigación: Endris Yoel Viera-González, Dianelly Gómez-Díaz, Leonardo Mejías-Seibanes, Lennis B. Fuentes-Roque, Yhosvanni Pérez-Rodríguez
- Metodología: Endris Yoel Viera-González, Dianelly Gómez-Díaz
- Supervisión: Dianelly Gómez-Díaz, Endris Yoel Viera-González, Tania Sánchez-Santana.
- Visualización: Endris Yoel Viera-González, Dianelly Gómez-Díaz, Yhosvanni Pérez-Rodríguez, Tania Sánchez-Santana.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Nacional: Fortalecimiento de las capacidades del sector agropecuario de la provincia de Cienfuegos en la mitigación y adaptación al Cambio Climático (AGROFORT_100) por el financiamiento de la investigación y al proyecto internacional Gobernanza climática municipal y producción agroforestal sostenible de alimentos con bajas emisiones y adaptadas al cambio climático en Cienfuegos y Pinar del Río, Cuba, financiado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Asdi) que aportó el tema para dicha investigación.