

# Caracterización climática de la Cuenca Hidrográfica Damují

## Climatic characterization of the Damují Hydrographic Basin



<https://cu-id.com/2377/v30n2e09>

✉ Endris Yoel Viera González<sup>1\*</sup>, ✉ Sinaí Barcia Sardiñas<sup>2</sup>, ✉ Lennis Beatriz Fuentes Roque<sup>1</sup>,  
✉ Dianelly Gómez Díaz<sup>1</sup>, ✉ Leonardo Mejías Seibanes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Meteorológico provincial de Cienfuegos, Cuba.

<sup>2</sup>Investigadora Independiente de EE.UU, EE.UU.

**RESUMEN:** Las cuencas hidrográficas juegan un papel importante en el suministro de agua para el sector agropecuario, además de otras actividades económicas, sociales y ambientales del territorio provincial. El conocimiento climático es de gran importancia para el desarrollo sostenible de cualquier zona de estudio por lo que el objetivo de esta investigación es caracterizar climáticamente el área de la cuenca Hidrográfica Damují. Para la realización de este estudio se utilizaron los resultados preliminares del Atlas Agroclimático de la provincia Cienfuegos, la base de datos digital de todas las variables meteorológicas de 62 estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red del Instituto de Meteorología y la rejilla 4x4 km utilizada ya en otros estudios climáticos y agrometeorológicos, tomando como período climático norma el 1991-2020. La temperatura media anual en la cuenca no experimenta una gran variación espacial con valores entre 24-25°C en la mayor parte de su superficie, aumentando ligeramente en la porción sur con registros entre 25-26°C. Las temperaturas mínimas en los meses de diciembre, enero y febrero pueden estar por debajo de los 16 °C como promedio y las máximas pueden llegar a superar los 31.0 °C como promedio anual en la mitad norte de la zona de estudio, no obstante, en los meses de julio y agosto estos pueden rebasar los 33.5 °C como promedio. Los acumulados medios anuales de las precipitaciones alcanzan un total de 1422.1 mm. La información generada constituye una herramienta para los tomadores de decisiones que le permitirán adaptarse y enfrentar con mayores conocimientos el cambio y variabilidad climática.

**Palabras claves:** Cuenca hidrográfica, temperatura, precipitaciones, variabilidad climática.

**ABSTRACT:** The hydrographic basins play an important role in the supply of water for the agricultural sector, as well as for other economic, social, and environmental activities in the provincial territory. Climate knowledge is of great importance for the sustainable development of any study area, so the objective of this research is to characterize climatically the area of the Damují Hydrographic Basin. For the realization of this study, the preliminary results of the Agroclimatic Atlas of the Cienfuegos province were used, the digital database of all meteorological variables from 62 meteorological stations belonging to the Meteorology Institute network and the 4x4 km grid used in other climatic and agrometeorological studies, taking as the climatic norm period the years 1991-2020. The annual average temperature in the basin does not experience a great spatial variation with values between 24-25°C in most of its surface, slightly increasing in the southern portion with records between 25-26°C. Minimum temperatures in the months of December, January, and February can be below 16°C on average and maximums can exceed 31.0 °C on average annually in the northern half of the study area, however, in the months of July and August these can exceed 33.5°C on average. The annual average precipitation accumulations reach a total of 1422.1 mm. The generated information constitutes a tool for decision makers that will allow them to adapt and face the climate change and variability with greater knowledge.

**Key words:** Hydrographic basin, temperature, precipitation, climate variability.

\*Autor para correspondencia: Endris Yoel Viera González. E-mail: [endrisviera@gmail.com](mailto:endrisviera@gmail.com)

Recibido: 03/11/2023

Aceptado: 04/03/2024

**Conflicto de interés:** declaramos, no tener ningún conflicto de interés

**Contribución de autoría:** **Conceptualización:** Endris Yoel Viera González, Sinaí Barcia Sardiñas, Dianelly Gómez Díaz.

**Curación de datos:** Endris Yoel Viera González, Sinaí Barcia Sardiñas, Dianelly Gómez Díaz. **Investigación:** Endris Yoel Viera González, Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Leonardo Mejías Sebanes, Lennis B. Fuentes Roque, Raquel Alejandra Angulo Romero. **Metodología:** Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González, Dianelly Gómez Díaz.

**Supervisión:** Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González, Dianelly Gómez Díaz. **Visualización:** Endris Yoel Viera González, Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio del clima es fundamental en el ámbito de una cuenca hidrográfica dado que es el principal factor de alteración de las condiciones ambientales de la misma. Los diferentes parámetros meteorológicos definen un clima particular, que modifica y altera significativamente el comportamiento de la red de drenaje y su ambiente. Por lo tanto, es importante conocer no sólo la distribución anual y estacional de los diferentes parámetros meteorológicos, sino analizar con énfasis especial algunos como la temperatura y las precipitaciones, dada la incidencia directa sobre las actividades humanas en la cuenca. En este caso en particular referidas a la actividad agrícola-ganadera (Carbone *et al.*, 2003).

En los últimos años, el cambio climático se está evidenciando en las cuencas hidrográficas, donde la disponibilidad de agua se reduce provocando severas sequías u ocurren excesos que pueden provocar inundaciones, exponiendo a mayores riesgos las actividades económicas, sociales y ambientales que dependen de la misma. El conocimiento de las variables meteorológicas en la cuenca juega un papel importante para el desarrollo sostenible y la resiliencia por parte de los tomadores de decisiones para adaptarse y mitigar los desafíos de la variabilidad climática y del cambio climático. A nivel mundial este tipo de estudio se ha llevado a cabo por varios países en vía de desarrollo debido a los desafíos que impone la variabilidad climática y el cambio climático a los mismos. Barros *et al.*, (2006) realizan la caracterización del clima de la cuenca del Plata, en América del Sur con el objetivo de presentar de forma ordenada los aspectos de la variabilidad y el cambio climático que influyen en los recursos hídricos superficiales, en especial los caudales de los más grandes ríos de la cuenca. Carbone *et al.*, (2003) caracterizan climáticamente la cuenca del arroyo Claromecó en Argentina, con el objetivo de disminuir los impactos de las adversidades climáticas para determinar el riesgo que enfrentan las actividades agropecuarias.

En Cuba, trabajos relacionados con esta temática también han sido llevados a cabo por varios investigadores. Hernández y Fernández (2016) analizaron la climatología de la cuenca del río Cauto en Cuba. La investigación se basó en un estudio detallado de las condiciones climáticas de la región, con el objetivo de comprender mejor su influencia en el ciclo hidrológico y en la gestión del agua en la zona. Describieron las características geográficas y climáticas de la cuenca del río Cauto, destacando su importancia en términos de recursos hídricos y su vulnerabilidad a los cambios climáticos. Pérez y Martínez (2017) caracterizaron hidroclimáticamente la cuenca del río Zaza en Cuba, subrayando la importancia de entender la interacción

entre el clima y los recursos hídricos para una gestión sostenible de los mismos. López y González en 2019 presentaron la importancia de las cuencas hidrográficas cubanas y su vulnerabilidad frente al cambio climático, destacando la necesidad de comprender y anticipar los impactos que este fenómeno puede tener en la disponibilidad y calidad del agua en la región. Salmo *et al.*, (2023) en la provincia de Santiago de Cuba, caracterizaron climáticamente el área de la cuenca hidrográfica del río San Juan, con el objetivo de estudiar el comportamiento de las variables temperatura y precipitación, para crear instrumentos que ayuden a interpretar las causas que provocan o agravan las vulnerabilidades y permitan generar acciones de prevención, mitigación y adaptación para enfrentar fenómenos adversos y limitantes del desarrollo económico-social de la provincia.

En el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, este tipo de estudio se han realizado como parte de servicios demandados por usuarios, además de varios proyectos y tesis de investigación asociados a las cuencas hidrográficas de la provincia. En el territorio cienfueguero, el desarrollo desde el año 2015 del programa de maestría titulado “Manejo Integrado de Zonas Costeras” propuso temas de tesis relacionadas a las cuencas hidrográficas, ejemplo de ello la desarrollada por la Ing. Natalia Mikulenko Borggiano que realizó una “Propuesta de metodología para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas (MICH). Estudio de casos: Cuenca del Río Arimao”, caracterizando climáticamente dentro de su estudio dicha cuenca, también otros maestrantes en diferentes ediciones del programa han incursionado en el tema.

El objetivo de esta investigación es caracterizar climáticamente el área de la Cuenca Hidrográfica Damují en la provincia de Cienfuegos para elevar los niveles cognitivos en el desarrollo sostenible del sector agropecuario de la provincia. Esta investigación forma parte de los resultados del Proyecto Nacional: Fortalecimiento de las capacidades del sector agropecuario de la provincia de Cienfuegos en la mitigación y adaptación al Cambio Climático (AGROFORT\_100).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

La provincia de Cienfuegos ubicada en el centro sur de Cuba, entre las coordenadas 21°50' y los 22°30' de latitud norte y los 80°06' y los 80° 55' de longitud oeste posee cuatro corrientes principales, ellas son Salado, Arimao, Damují y Caonao. El río Damují constituye una de las cuatro corrientes principales, cuya cuenca superficial abarca parte de dos territorios, Cienfuegos y Villa Clara (Figura 1) y se encuentra situada en la vertiente Centro-Sur de la Isla. Su río principal, Damují, tributa a la Bahía de Cienfuegos.

Esta cuenca posee dos importantes embalses que son el Salto y Abreus. Ambos embalses tienen importancia socioeconómica en la provincia y sus principales usos son la agricultura, la pesca y el consumo industrial y humano.

## 2.2 Metodología empleada

Para la realización de este estudio se utilizaron los resultados preliminares del Atlas Agroclimático de la Provincia Cienfuegos (CMP, 2024 inédito) 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.

Las salidas espaciales del Atlas Agroclimático 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), la cual fue extendida a las zonas de la cuenca Damují pertenecientes a la provincia Villa Clara. En total, para toda la cuenca fueron considerados un total de 73 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

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 (Figura 2).

Para la caracterización del viento en la zona se tuvieron en cuenta los datos de 2 estaciones meteorológicas (Cienfuegos y Santo Domingo) en el período 1991-2020.

El análisis de los fenómenos meteorológicos peligrosos y otros fenómenos que caracterizan el clima de la zona de estudio se hizo a partir de las cronologías existentes en el Centro Meteorológico de Cienfuegos y que se encuentran actualizadas hasta la fecha. En este caso se contó con las siguientes:

- Ciclones Tropicales que han afectado la provincia Cienfuegos (1971-2020)
- Frentes Fríos (temporada 1977-78 hasta la temporada 2019-2020)
- Tormentas locales Severas (1971-2020)

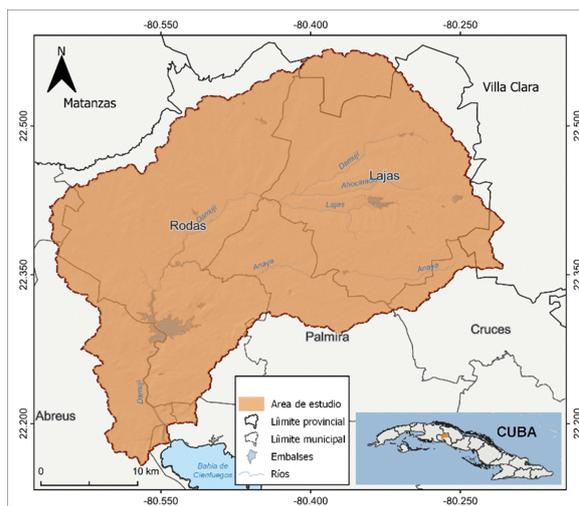


Figura 1. Ubicación de la cuenca Damují

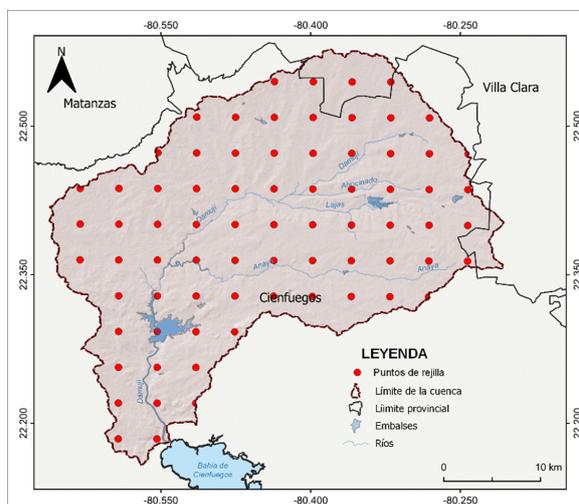


Figura 2. Puntos de rejilla de la cuenca Damují.

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. (1993), 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 (Thom, 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 precipita-

ción 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.** Clasificación del SPI. (Edwards & McKee, 1997)

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

La regionalización climática de la zona se hizo teniendo en cuenta la clasificación de Köppen-Geiger y el índice pluviométrico de Lang.

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 Kottke et al. (2006) y Peel et al. (2007) siguientes:

$$rn < 100 - \frac{R}{25} \text{ Tipo } (Aw): \text{ Sabana Tropical } (1)$$

$$rn > 100 - \frac{R}{25} \text{ Tipo } (Am): \text{ Monzónico } (2)$$

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) (Kottke et al., 2006; Peel et al., 2007).

$$\frac{rn}{rx} > \frac{1}{3} \text{ Tipo } (Cs) (3)$$

$$\frac{rn}{rx} > \frac{1}{10} \text{ Tipo } (Cw) (4)$$

donde:

$R$  es la precipitación total anual,  $rn$  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:

$$L = \frac{R}{Tm} (5)$$

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). 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).

Por último, se calculó la tendencia de las series de temperatura media anual y precipitación anual de la cuenca en el período 1981-2020.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El clima de la cuenca Damují, en correspondencia con el clima de Cuba está determinado por su posición geográfica lo cual hace que reciba la influencia estacional de las zonas de circulación atmosférica tropical y extratropical. En la temporada que va aproximadamente de noviembre a abril, las variaciones del tiempo y el clima están asociadas fundamentalmente al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extratropicales. De mayo a octubre predomina la influencia más o menos marcada del Anticiclón del Atlántico Norte y los cambios más importantes en el tiempo se vinculan con la presencia de disturbios en la circulación tropical (ondas del este y ciclones tropicales).

Además, las condiciones locales relacionadas con los factores físico-geográficos de la zona de estudio le confieren características climáticas muy particulares que se evidencian fundamentalmente en el régimen térmico e hídrico del territorio. Por ejemplo, las localidades ubicadas en la zona norte del territorio se caracterizan por presentar una mayor oscilación diaria de la temperatura, así como un mayor por ciento de ocurrencia de precipitaciones por la convergencia de las brisas marinas y de la tierra. Sin embargo, las zonas cercanas a la bahía se destacan por presentar altas temperaturas y bajos acumulados de lluvias debido a la influencia de las brisas marinas.

### Nubosidad

La nubosidad en la cuenca es baja durante todo el año, con valores medios entre 3 y 4 octavos de cielo cubierto. En los meses desde junio a octubre se reportan los mayores valores con una ligera disminución en el resto del año.

En cuanto al análisis por horarios de forma general el máximo de nubosidad durante el día se alcanza en el horario de 7:00 a 10:00 pm, mientras que el mínimo se registra en la madrugada.

### Temperatura del aire

En correspondencia con el máximo estival de la radiación solar global, la temperatura del aire en la cuenca Damují alcanza su máximo anual en los meses de julio y agosto, mientras que el mínimo de la marcha anual ocurre en enero y diciembre. La marcha anual de la temperatura media del aire muestra como de mayo a octubre se superan los 25 °C como promedio. La temperatura mínima muestra valores superiores a los 20 °C igualmente en este período y las máximas por encima de 30 °C comienzan a presentarse a partir de abril y persisten hasta octubre (Figura 3).

La temperatura media anual en la cuenca Damují no experimenta una gran variación espacial. Existe un predominio de valores entre 24-25°C en la mayor parte de su superficie, aumentando ligeramente en la porción sur con registros entre 25-26°C (Figura 4).

Esta distribución es algo similar en función de los meses del año. Se puede observar como en el mes

de julio, representativo de los más cálidos del año, el centro-sur de la cuenca la temperatura media alcanza valores superiores a los 27°C, mientras que hacia la mitad norte oscila entre 26-27 °C (Figura 5-derecha). En cambio, en enero, el mes más frío del año, las menores temperaturas se registran hacia el extremo norte de la cuenca y van aumentando ligeramente hacia el centro-sur con valores que pueden llegar a superar los 22°C (Figura 5-izquierda).

En la Figura 6 se puede observar el comportamiento espacial de las temperaturas extremas en la cuenca Damují. Los menores valores de la temperatura mínima media ocurren hacia el norte de esta, mientras que los menores valores de la temperatura máxima media se registran en zonas del sur de la cuenca. Esto se debe al efecto termorregulador que ejerce la cercanía al mar en zonas del sur de la cuenca lo que hace que no desciendan mucho las temperaturas durante la madrugada y no aumenten en extremo en el horario

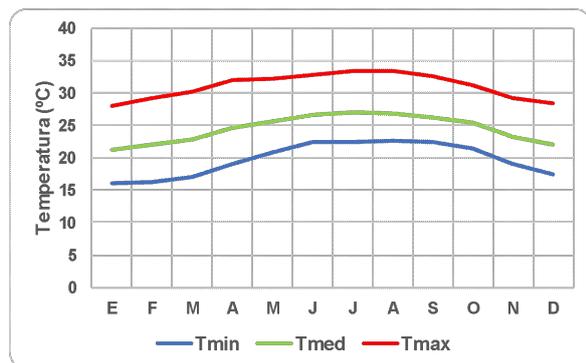


Figura 3. Marcha anual de la temperatura del aire en la cuenca Damují. Período 1991-2020.

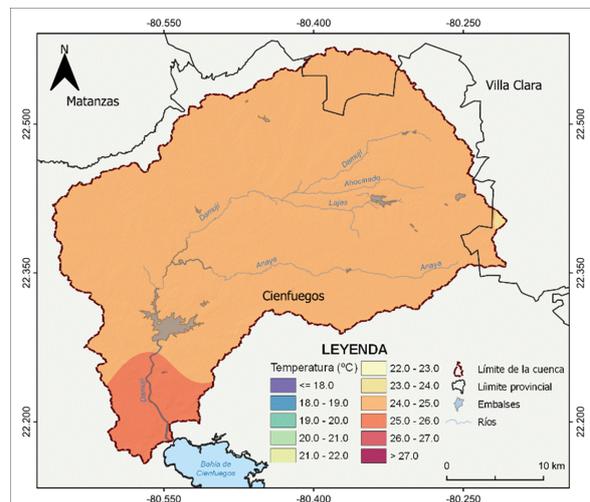


Figura 4. Temperatura media en la cuenca Damují. Período 1991-2020.

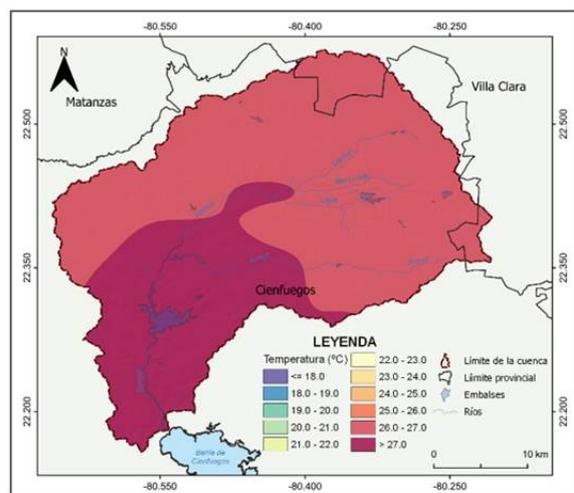
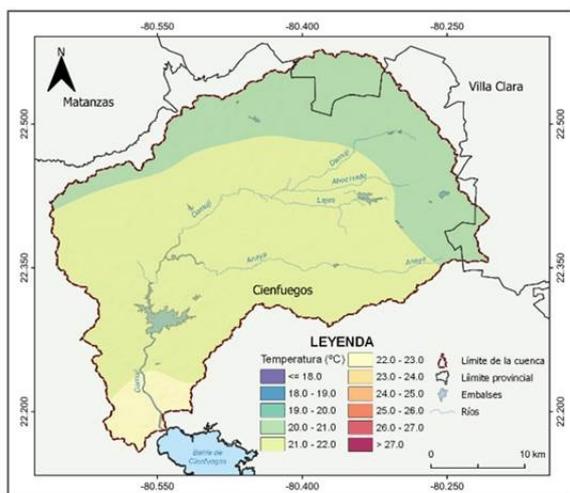


Figura 5. Temperatura media en los meses de enero (izquierda) y julio (derecha) en la cuenca Damují. Período 1991-2020.

de mayor calentamiento diurno. Es por esto que hacia esta zona de la cuenca la oscilación térmica es menor que hacia la mitad norte de esta.

En la mitad norte de la zona de estudio las temperaturas máximas pueden llegar a superar los 31.0 °C como promedio anual, no obstante, en los meses de julio y agosto estos pueden rebasar los 33.5 °C como promedio. En el caso de las temperaturas mínimas, el extremo más al norte de la cuenca puede llegar a experimentar valores significativos, que en los meses de diciembre, enero y febrero pueden estar por debajo de los 16 °C como promedio. La ocurrencia de temperaturas mínimas notables es una particularidad de esta zona, donde son más intensos los procesos de enfriamiento superficial por irradiación nocturna de calor en los días despejados y sin viento (Lecha et al., 1994).

### Precipitaciones

En la cuenca Damuji los acumulados medios anuales de las lluvias alcanzan un total de 1422.1 mm. En su marcha anual, se aprecia una acentuada estacionali-

dad destacándose un período lluvioso entre los meses de mayo a octubre donde se acumula el 82.2 % del total de lluvia anual y otro poco lluvioso de noviembre a abril con el 17.8 % restante.

En julio y agosto se manifiesta una disminución relativa de las lluvias, conocido como “sequía intraestival”. Los meses más secos son diciembre (30.1 mm), enero (33.3 mm) y febrero (32.2 mm) y los más lluviosos junio (214.6 mm) y septiembre (219 mm) (Figura 7).

Las lluvias anuales en la cuenca presentan los máximos hacia el centro sur con valores superiores a los 1400 mm, coincidiendo esta zona con la zona de convergencia de las brisas donde los valores de precipitación son más elevados. Hacia el norte ocurre una disminución gradual con valores medios entre 1300-1350 mm (Figura 8).

La distribución espacial de las precipitaciones en el período lluvioso del año muestra una configuración similar a la anterior. En este caso predominan valores entre 1150-1200 mm en la mayor parte de la cuenca, no obstante, existe una zona al oeste de esta

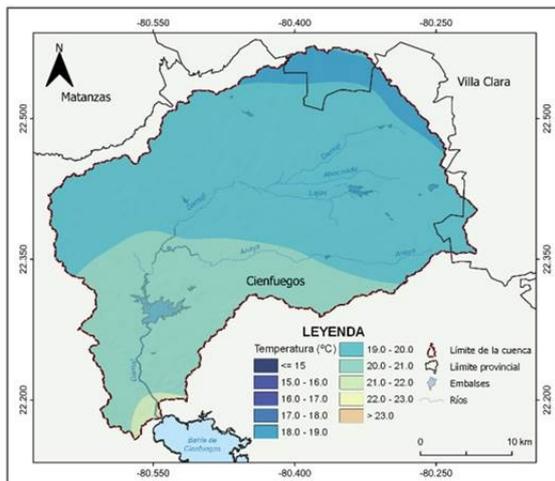


Figura 6. Temperatura mínima media anual (izquierda) y máxima media anual (derecha) en la cuenca Damuji. Período 1991-2020.

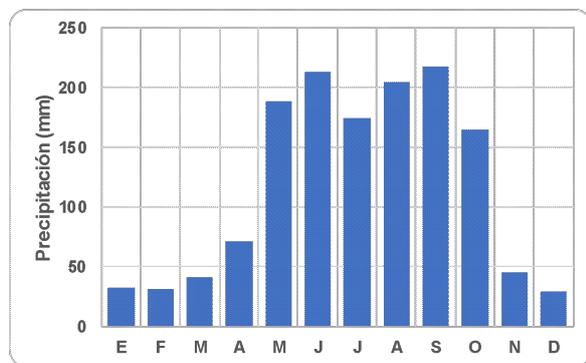


Figura 7. Marcha anual de los acumulados de las lluvias en la cuenca. Norma 1991-2020.

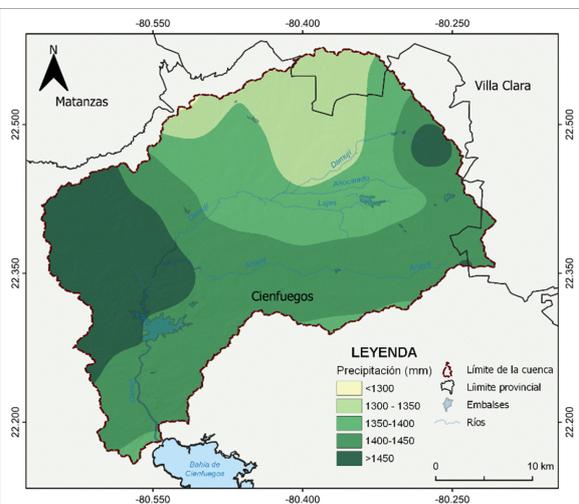
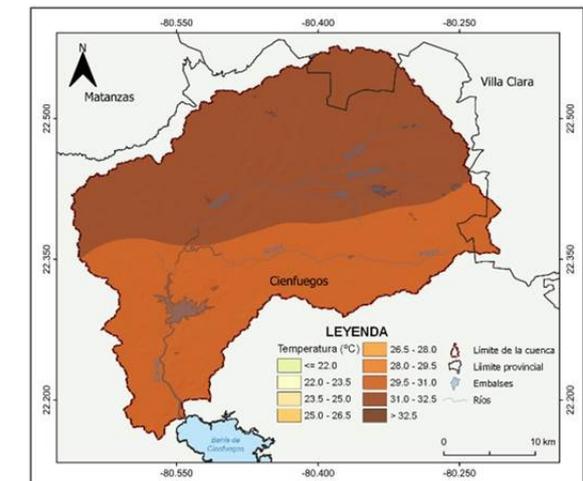


Figura 8. Lluvia anual en la cuenca Damuji. Período 1991-2020.

que presenta registros superiores a los 1200 (Figura 9-izquierda). En el mapa de la distribución espacial de la lluvia en el periodo estacional poco lluvioso se aprecia que en toda la cuenca las lluvias son escasas y hacia la mitad norte se registran los menores acumulados (<250 mm) (Figura 9-derecha).

Esta cuenca se caracteriza por mantener durante el año una mayor uniformidad en el régimen de humedecimiento. Esto lo demuestra la proporción relativa de las lluvias en el período lluvioso con respecto al acumulado anual (Figura 10). Se observa como la mayoría de la cuenca esta proporción llega a ser del 82-84 %, siendo de menores rangos hacia el interior de la zona de estudio.

### 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 cuenca predominan valores medios anuales alrededor del 78%, registrándose los valores mínimos de la distribución espacial hacia la zona cercana a la bahía los que oscilan entre 74-76% como media anual.

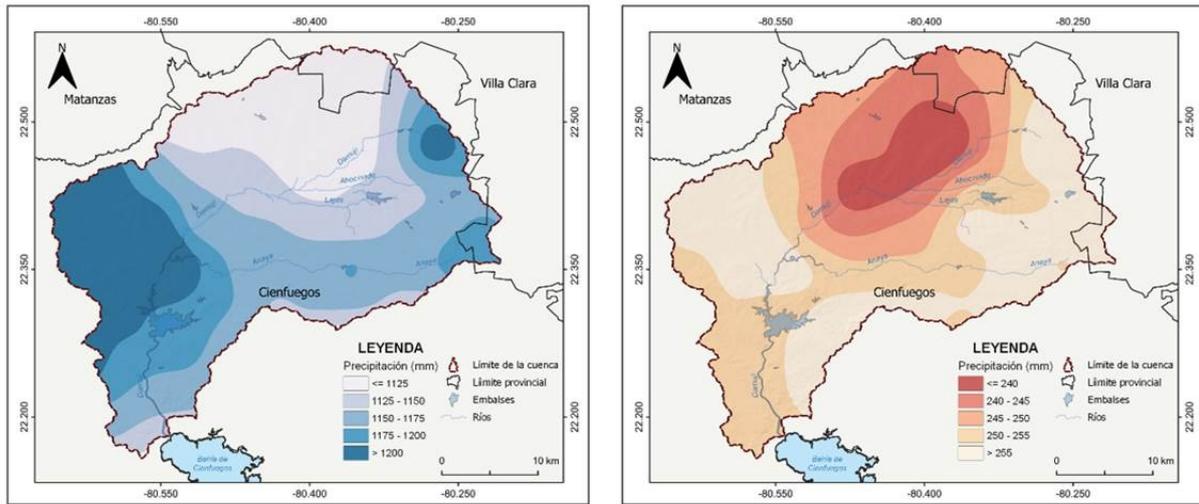


Figura 9. Lluvia en el período lluvioso (izquierda) y período poco lluvioso (derecha) en la cuenca Damuji. Período 1991-2020

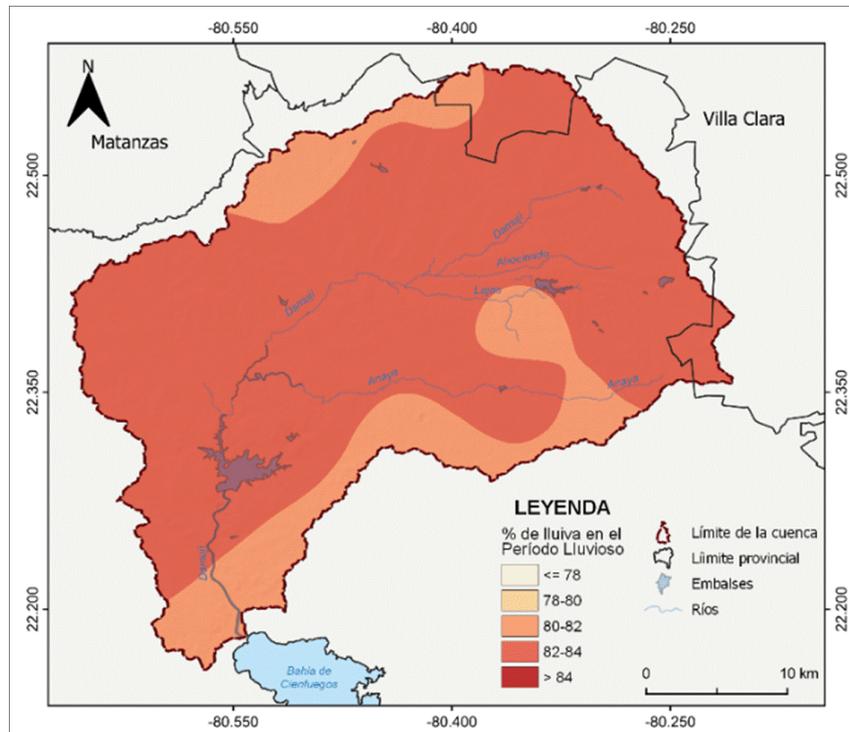


Figura 10. Proporción relativa de las precipitaciones que ocurren en el período lluvioso con respecto al total anual. Cuenca Damuji. Norma 1991-2020.

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

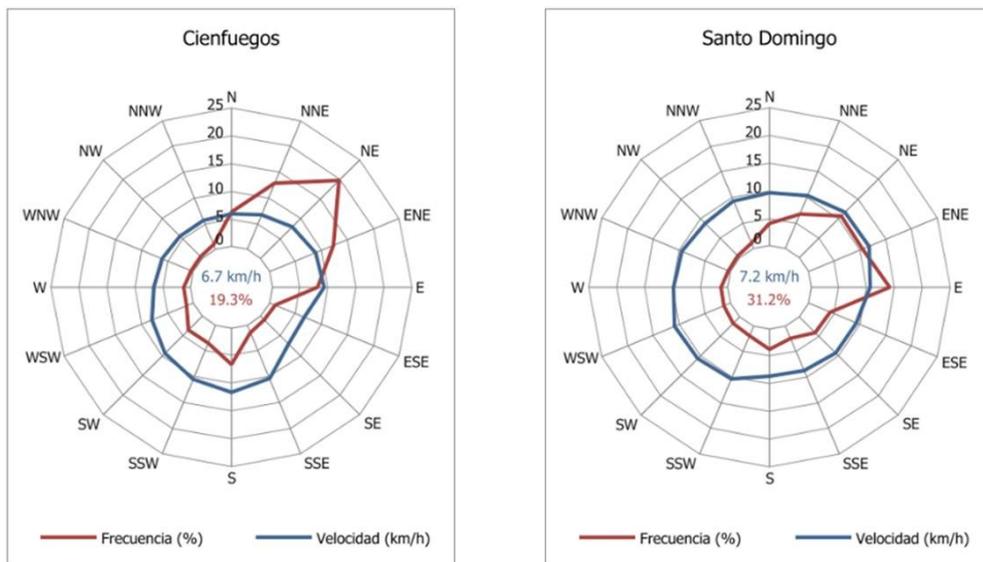
**Vientos**

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.

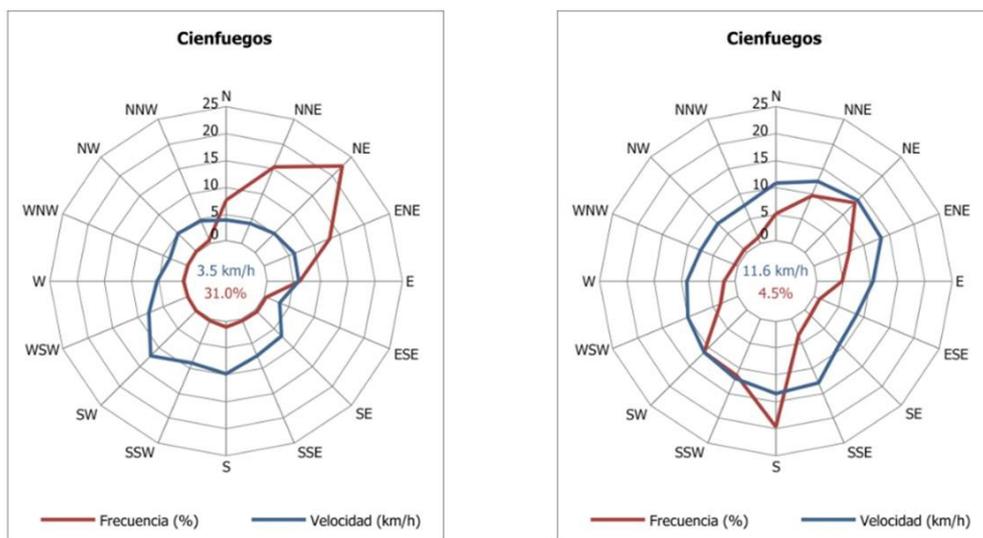
En el área de estudio predominan los vientos del Nordeste al Este como se muestra en la **Figura 11**. Hacia el sur de la cuenca el viento predominante es del Nordeste, mientras que hacia la parte más alta y al norte la componente que más predomina es el Este.

En la zona de la cuenca cercana a la costa se presentan vientos locales como las brisas y el terral. Las brisas de mar se comienzan a presentar desde finales de la mañana hasta la tarde, en este caso presentan componentes del Sur al Suroeste (**Figura 12**).

La marcha anual de la velocidad del viento muestra sus valores más altos en los meses del período poco lluvioso (**Tabla 2**), mientras que los mínimos se registran en el bimestre agosto-septiembre. En general, las



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



**Figura 12.** Rosa de los vientos a las 4:00 am (izquierda) y 4:00 pm (derecha) en la estación meteorológica de Cienfuegos. Período 1991-2020.

**Tabla 2.** Velocidad media mensual del viento (km/h) por estaciones seleccionadas en el período 1991-2020.

Estaciones	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Cienfuegos	7.9	8	8.9	8.4	6.8	5.4	5.1	4.8	4.6	5.6	7.2	7.4	6.7
Santo Domingo	7.6	7.9	8.9	8.6	7.5	5.9	6.4	5.7	5.3	6.8	8.0	7.4	7.2

velocidades máximas del viento se asocian a sistemas frontales, centros de bajas presiones extratropicales, tormentas locales, perturbaciones ciclónicas y huracanes.

### Fenómenos Meteorológicos y Climáticos Peligrosos

#### • Vientos Fuertes

Las velocidades máximas del viento en Cuba ocurren al paso de los anticiclones continentales migratorios, los frentes fríos, ciclones extratropicales, tormentas locales severas, huracanes, entre otros fenómenos. En el caso de la cuenca Damují la ocurrencia de estos fenómenos está asociada fundamentalmente a la afectación de ciclones tropicales y a la ocurrencia de Tormentas Locales Severas, fenómenos que serán analizados más adelante.

#### • Lluvias Intensas

Las lluvias intensas (acumulados en 24 horas  $\geq$  100 mm) en la cuenca tienen su máxima frecuencia en el período lluvioso del año, específicamente en los meses de mayo, junio y octubre; seguido de septiembre y agosto. La génesis de este tipo de precipitación severa en la zona se asocia fundamentalmente a las hondonadas características de los meses de mayo y junio y a los ciclones tropicales.

Dentro de los eventos de precipitaciones intensas más significativos en el territorio se destacan las numerosas lluvias ocurridas entre el 31 de mayo y el 1ro de junio de 1988. La situación meteorológica que propició este suceso estuvo debida a un complejo proceso asociado a la conexión entre una débil depresión tropical en el Noroeste del Caribe, y una profunda onda corta en los Oestes, lo cual incentivó el desarrollo de una intensa banda de nublados convectivos. En la cuenca se reportaron acumulados por encima de los 100 mm durante estos dos días que llegaron a sobrepasar los 200 mm en varios puntos.

El evento de lluvias intensas provocado por la influencia de la tormenta subtropical Alberto los días 25, 26 y 27 de mayo de 2018, sin dudas, ha sido el más extremo que ha afectado la cuenca en los últimos 20 años. Durante esas jornadas se reportaron acumulados superiores a los 400 mm en varias zonas que ocasionaron inundaciones en áreas bajas.

En Julio del 2005 también se produjeron lluvias intensas de significación asociadas al Huracán Dennis que afectó la provincia los días 8 y 9. El día 8 se reportaron acumulados en la cuenca de más 200 mm en varios puntos.

En el mes de octubre la mayor parte de los eventos extremos de precipitación han estado asociados a los ciclones tropicales como ya se dijo previamente. Se destacan las lluvias relacionadas con la Tormenta Tropical Irene en 1999 y el Huracán Lili en 1996.

#### • Ciclones Tropicales

La temporada ciclónica en el Atlántico Norte tiene lugar desde el 1 de junio al 30 de noviembre, alcanzando su mayor intensidad a finales de agosto y en septiembre, (Landsea, 2007). Estadísticamente, el pico de actividad de la temporada de huracanes en el Atlántico es el 10 de septiembre. En el caso de Cuba, en octubre se presenta la mayor frecuencia de afectación, seguido por septiembre y agosto. La mayor parte de los huracanes que afectan a Cuba se originan en el Mar Caribe, mientras que el resto se originan en el Océano Atlántico.

En el período 1971-2020 se destacan los siguientes CT como los que han afectado la cuenca Damují ya sea por la ocurrencia de vientos fuertes o lluvias intensas (en negrita aquellos que han transitado dentro de los límites de la provincia Cienfuegos (Figura 13):

- Tormenta Tropical Frederic, septiembre de 1979, afectación por lluvias intensas.
- **Tormenta Tropical Dennis, Agosto de 1981, afectaciones por lluvias intensas.**
- Huracán Kate, noviembre de 1985, afectación por lluvias intensas y fuertes vientos.
- Huracán Floyd, octubre de 1987, afectación por intensas lluvias.
- Tormenta Tropical Gordon, noviembre de 1994, afectación por intensas lluvias.
- **Huracán Lili, octubre de 1996, Categoría 2 (SS), afectaciones por fuertes vientos, lluvias intensas.**
- Huracán Georges, septiembre de 1998, afectación por intensas lluvias.
- Huracán Irene, octubre de 1999, afectación por intensas lluvias y fuertes vientos.
- **Huracán Michelle, noviembre de 2001, Categoría 3 (SS), afectaciones por fuertes vientos, lluvias intensas.**
- Huracán Isidore, septiembre de 2002, afectación por intensas lluvias.

- **Huracán Dennis, Julio de 2005, Categoría 3 (SS), afectaciones por fuertes vientos, lluvias intensas.**
- Huracán Rita, septiembre de 2005, afectaciones por intensas lluvias.
- **Tormenta Tropical Fay, agosto de 2008, afectaciones por lluvias intensas.**
- Huracán Gustav, agosto de 2008, afectaciones por intensas lluvias.
- Huracán Ike, septiembre de 2008, afectación por intensas lluvias y fuertes vientos.
- **Tormenta Tropical Nicole, septiembre de 2010, afectaciones por lluvias intensas.**
- Tormenta Tropical Isaac, agosto de 2012, afectación por intensas lluvias.
- Huracán Sandy, octubre de 2012, afectación por intensas lluvias.
- Huracán Irma, septiembre de 2017, afectación por intensas lluvias y fuertes vientos.
- Tormenta subtropical Alberto, mayo de 2018, afectación por intensas lluvias.
- Tormenta Tropical Laura, agosto de 2020, afectación por intensas lluvias.
- Tormenta Tropical Eta, noviembre de 2020, afectación por intensas lluvias.

• *Tormentas Eléctricas*

El comportamiento anual indica que los meses en que mayor número de días con tormentas se presentan, son julio y agosto con más de 20 días, seguido por septiembre y junio. Por el contrario, en los meses que con menor frecuencia ocurren las tormentas son los meses más fríos del año: diciembre, enero y febrero. Este comportamiento se debe en gran medida a que en los meses de verano la masa de aire que predomina sobre el territorio nacional es más húmeda e inestable lo cual favorece la formación de nubosidad convectiva, mientras que en el período invernal la imposición de anticiclones migratorios con masas de aire más secas, estables y gradientes de presión más fuertes no favorecen estos procesos; aunque no se descarta que asociados a los frentes fríos y líneas prefrontales se den tormentas en este período del año.

• *Tormentas Locales Severas (TLS)*

Según la cronología con que cuenta el CMPCF, la cuenca Damují está ubicada en la zona de la provincia de mayor frecuencia de ocurrencia de TLS. Los mayores reportes son de tornados, turbonadas<sup>1</sup> y granizadas. Los meses de mayo y junio son los de mayor frecuencia de ocurrencia.

• *Sequía Meteorológica*

La sequía es un fenómeno meteorológico que incide sobre el recurso hídrico, afectando la disponibilidad

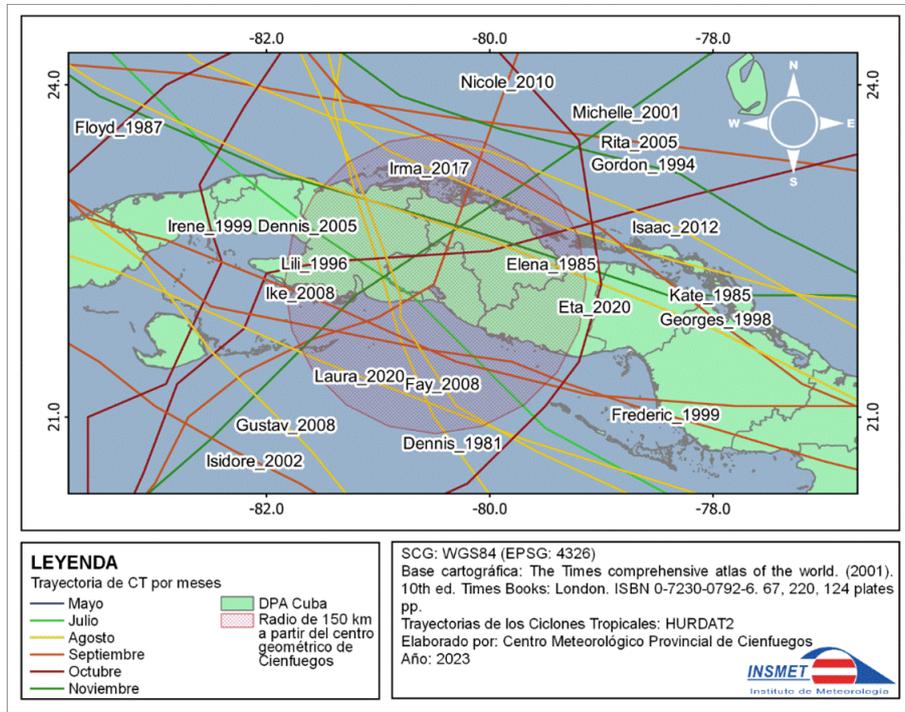


Figura 13. Trayectoria de los CT que han afectado la cuenca Damují en el período 1971-2020.

<sup>1</sup> Turbonada: rachas de viento lineales de 96 km/h (26.6 m/s) o más, no asociado directamente a un tornado, [Manual de Procedimiento \(2000\)](#).

de agua en los años que se presenta. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) 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 el área de la cuenca en períodos determinados y posibilitó caracterizarlas en cuanto a su intensidad. En la tabla 3 se destaca la severidad del evento de sequía que se extendió desde 1961 a 1966, con sus extremos más significativos en los tres primeros años. Este resalta como el evento de sequía meteorológica de mayor significación en el período evaluado.

En el período de estudio se destacan 12 años hidrológicos con presencia de sequía meteorológica desde moderada hasta extrema sobresaliendo los años 1961-1962 y 2004-2005 como los más significativos con déficits de lluvias clasificados en extremo. Le siguen en orden de importancia los años 1962-1963, 1967-1968, 1970-1971 y 2019-2020 con valores del SPI inferiores a -1.2, lo que representa un acumulado inferior al 80 % de la media anual (Figura 14 y Tabla 3).

Como se puede ver en el presente siglo destacan la presencia de 3 años hidrológicos muy secos (2000-2001, 2004-2005, 2016-2017 y 2019-2020) algunos de ellos asociados a los eventos de sequía meteorológica más importantes que han afectado al país desde el año 2000 (Tabla 3 y Figura 15).

Así mismo, se registraron en este período 8 años desde moderadamente húmedo hasta extremadamente húmedo resaltando los años hidrológicos 1968-1969, 1969-1970, 1988-1989, 2012-2013 y 2017-2018 como los más significativos (Tabla 3).

En la Figura 16 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 extremos.

### Frentes fríos

El comportamiento de los sistemas frontales sobre Cuba obedece a su desplazamiento de Oeste a Este, perdiendo en este movimiento las características meteorológicas asociadas que tenían al comienzo de su recorrido, en los campos correspondientes al viento, la temperatura y la humedad, entre otros. Esta pérdida de identidad de los sistemas frontales se debe a transformaciones que van sufriendo las masas de aire al desplazarse sobre latitudes tropicales; es por ello que no todas las provincias cubanas están expuestas al mismo rigor de afectación ni con igual intensidad, [González \(1999\)](#). En el caso de Cienfuegos, en el período 1977-2020 que corresponde con 46 temporadas invernales de los frentes fríos (FF) que afectaron al país llegaron 653 a la provincia con un promedio anual de 15.5 FF (Figura 17).

La variabilidad interanual es amplia oscilando entre 6 y 26 sistemas. El período de mayor afectación comprende los meses de diciembre hasta marzo con promedios que oscilan entre 2 y 3 frentes mensuales. Ellos son generadores de gran parte de las precipitaciones que se reportan durante el período poco lluvioso.

Las temporadas más activas que se reconocen en esta cronología son las del 1982-1983 con 26 sistemas frontales seguidas por las del 1997-1998 y 1977-1978 con 25 y 24 frentes respectivamente. Vale destacar que todas estas temporadas coinciden con eventos El Niño- Oscilación del Sur (ENOS) demostrando la relación que existe entre la frecuencia de frentes fríos que afecta el país y el evento ENOS.

### Regionalización Climática

La regionalización climática de una zona determinada presupone la agrupación de territorios sobre la base de las características de uno o varios de los elementos climáticos que constituyen el clima local de una región. Los regímenes de temperatura y precipita-

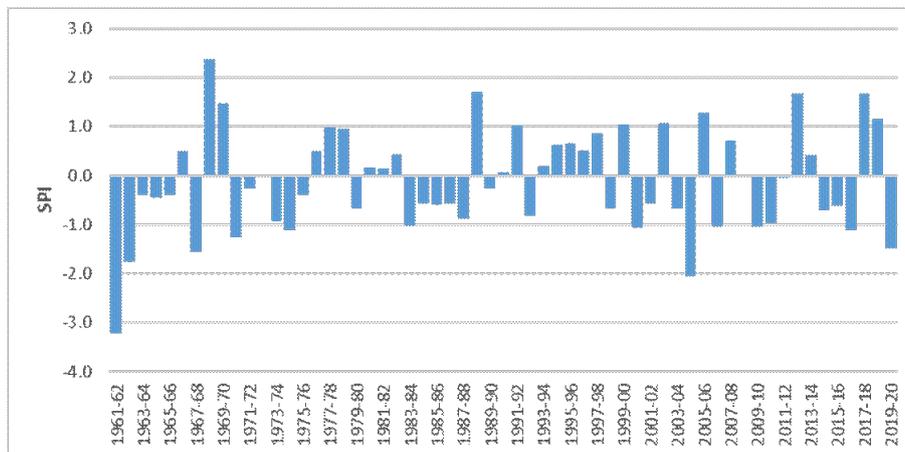


Figura 14. Valores del SPI en la serie temporal correspondiente a los años hidrológicos del período 1961-2020. Norma 1991-2020.

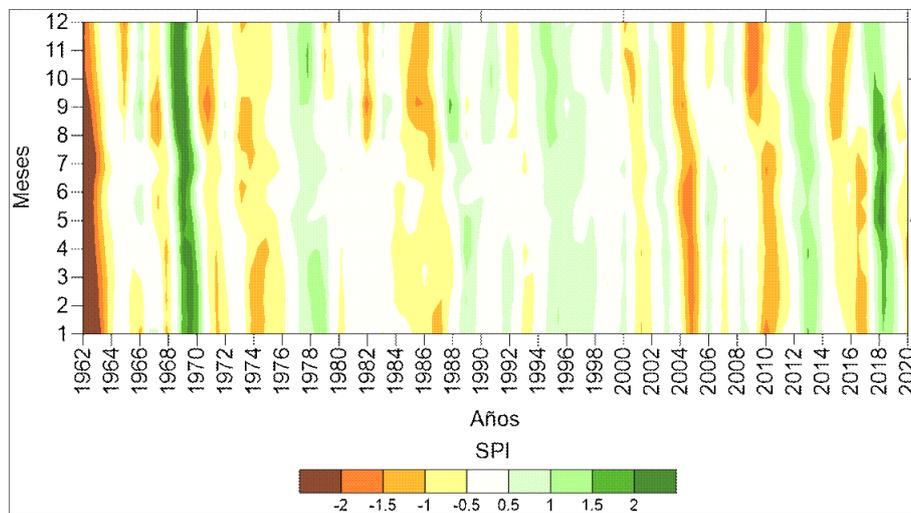
ción son los elementos climáticos que por excelencia caracterizan el clima de una región, mientras que la distribución espaciotemporal tiene un valor práctico y científico en la toma de decisiones por diferentes

sectores socioeconómicos.

Según la clasificación de Lang y teniendo en cuenta la Norma Climática 1991-2020 la cuenca presenta dos categorías: húmedo de sabana y húmedo (Figura 18).

**Tabla 3.** 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	-3.2	Extremadamente Seco	1991-92	1.0	Débilmente Húmedo
1962-63	-1.8	Severamente Seco	1992-93	-0.8	Moderadamente Seco
1963-64	-0.4	Normal	1993-94	0.2	Normal
1964-65	-0.5	Normal	1994-95	0.6	Normal
1965-66	-0.4	Normal	1995-96	0.7	Débilmente Húmedo
1966-67	0.5	Normal	1996-97	0.5	Normal
1967-68	-1.6	Severamente Seco	1997-98	0.9	Débilmente Húmedo
1968-69	2.4	Extremadamente Húmedo	1998-99	-0.7	Débilmente Seco
1969-70	1.5	Severamente Húmedo	1999-00	1.0	Débilmente Húmedo
1970-71	-1.3	Moderadamente Seco	2000-01	-1.1	Moderadamente seco
1971-72	-0.3	Normal	2001-02	-0.6	Débilmente Seco
1972-73	0.0	Normal	2002-03	1.1	Débilmente Húmedo
1973-74	-0.9	Débilmente Seco	2003-04	-0.7	Débilmente Seco
1974-75	-1.1	Moderadamente Seco	2004-05	-2.1	Extremadamente Seco
1975-76	-0.4	Normal	2005-06	1.3	Moderadamente Húmedo
1976-77	0.5	Normal	2006-07	-1.0	Débilmente Seco
1977-78	1.0	Débilmente Húmedo	2007-08	0.7	Débilmente Húmedo
1978-79	0.9	Débilmente Húmedo	2008-09	0.0	Normal
1979-80	-0.7	Débilmente Seco	2009-10	-1.0	Débilmente Seco
1980-81	0.2	Normal	2010-11	-1.0	Débilmente Seco
1981-82	0.1	Normal	2011-12	0.0	Normal
1982-83	0.4	Normal	2012-13	1.7	Severamente Húmedo
1983-84	-1.0	Débilmente Seco	2013-14	0.4	Normal
1984-85	-0.6	Débilmente Seco	2014-15	-0.7	Débilmente Seco
1985-86	-0.6	Débilmente Seco	2015-16	-0.6	Débilmente Seco
1986-87	-0.6	Débilmente Seco	2016-17	-1.1	Moderadamente Seco
1987-88	-0.9	Débilmente Seco	2017-18	1.7	Severamente Húmedo
1988-89	1.7	Severamente Húmedo	2018-19	1.2	Moderadamente Húmedo
1989-90	-0.3	Normal	2019-20	-1.5	Moderadamente Seco
1990-91	0.1	Normal			



**Figura 15.** Carta característica SPI 12 cuenca Damují. 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 cuenca 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.

### Tendencia de algunas variables climáticas

- *Temperatura media*

El comportamiento de la temperatura media anual en el área de estudio refleja el aumento experimentado a nivel mundial y nacional. Desde 1981 hasta la fecha se aprecia un aumento sostenido y significativo de esta variable meteorológica lo que ha conllevado a que después del 2012 el valor medio anual en la cuenca se haya mantenido por encima de 24.5 °C permanentemente, incluso por encima de los 25 °C en los dos

últimos años de la serie (Figura 19).

La distribución espacial de esta variable en el área de estudio desde 1981 hasta el 2020 muestra también este aumento, el cual ha sido más significativo hacia el sur de la cuenca (Figura 20).

- *Tendencia de la lluvia*

La serie de valores anuales de precipitación para la cuenca Damují no muestra una tendencia significativa estadísticamente (Figura 21). El análisis por períodos estacionales (poco lluvioso y lluvioso) muestra en la provincia que tampoco existen tendencias ignificativas. No obstante, sí se puede ver que en los tres casos la pendiente es positiva.

La simple inspección de los gráficos de las Figuras 22 muestran como en el caso del período poco lluvioso desde el año 2000 hay una tendencia marcada al registro de acumulados por debajo de los valores históricos en la cuenca lo cual ya se había evidenciado en el análisis de la sequía meteorológica.

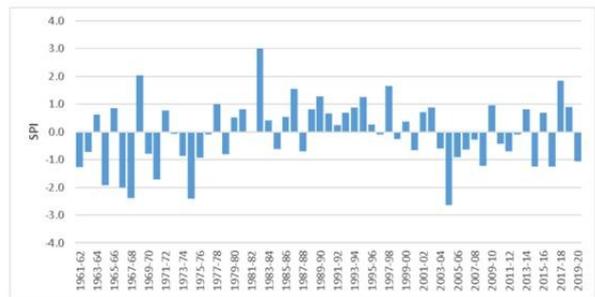
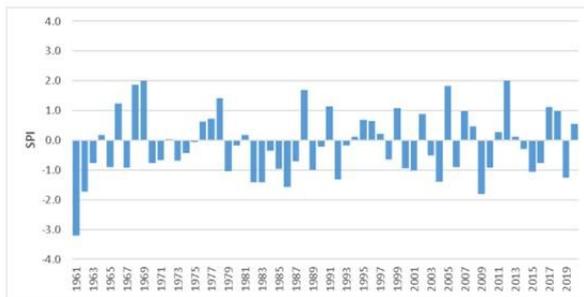


Figura 16. Valores del SPI en la serie temporal correspondiente al período lluvioso (izquierda) y período seco (derecha) en el período 1961-2020. Norma 1991-2020.

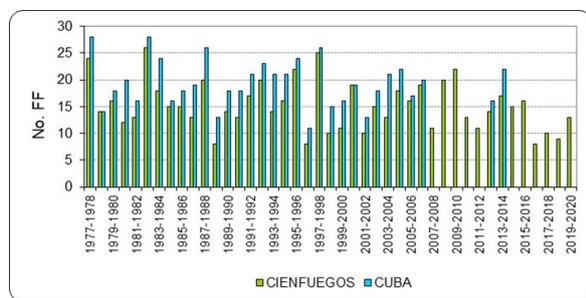


Figura 17. Número de Frentes fríos que han afectado a Cuba y la provincia de Cienfuegos desde la temporada 1977-78 hasta la 2019-20.

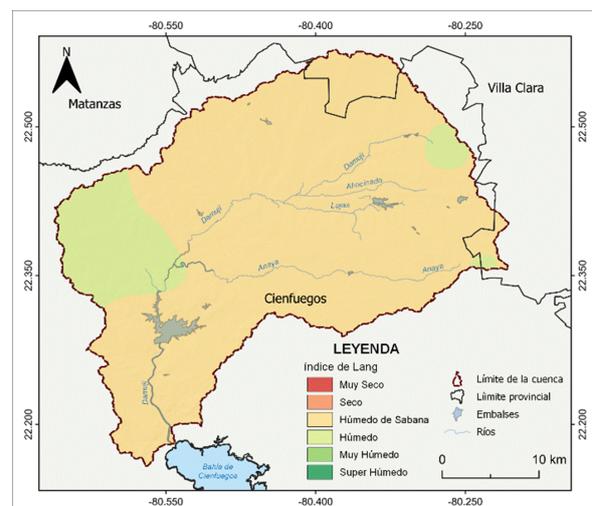


Figura 18. Regionalización climática mediante el índice de Lang para la cuenca Damují según la norma climática 1991-2020.

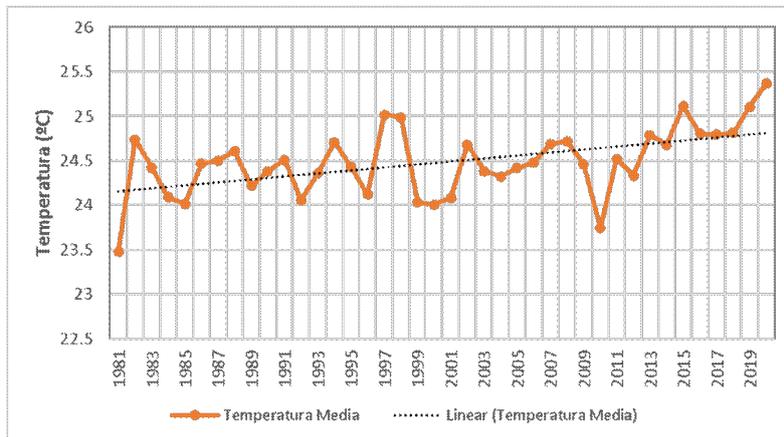


Figura 19. Tendencia de la temperatura media en la cuenca Damuji en el período 1981-2020.

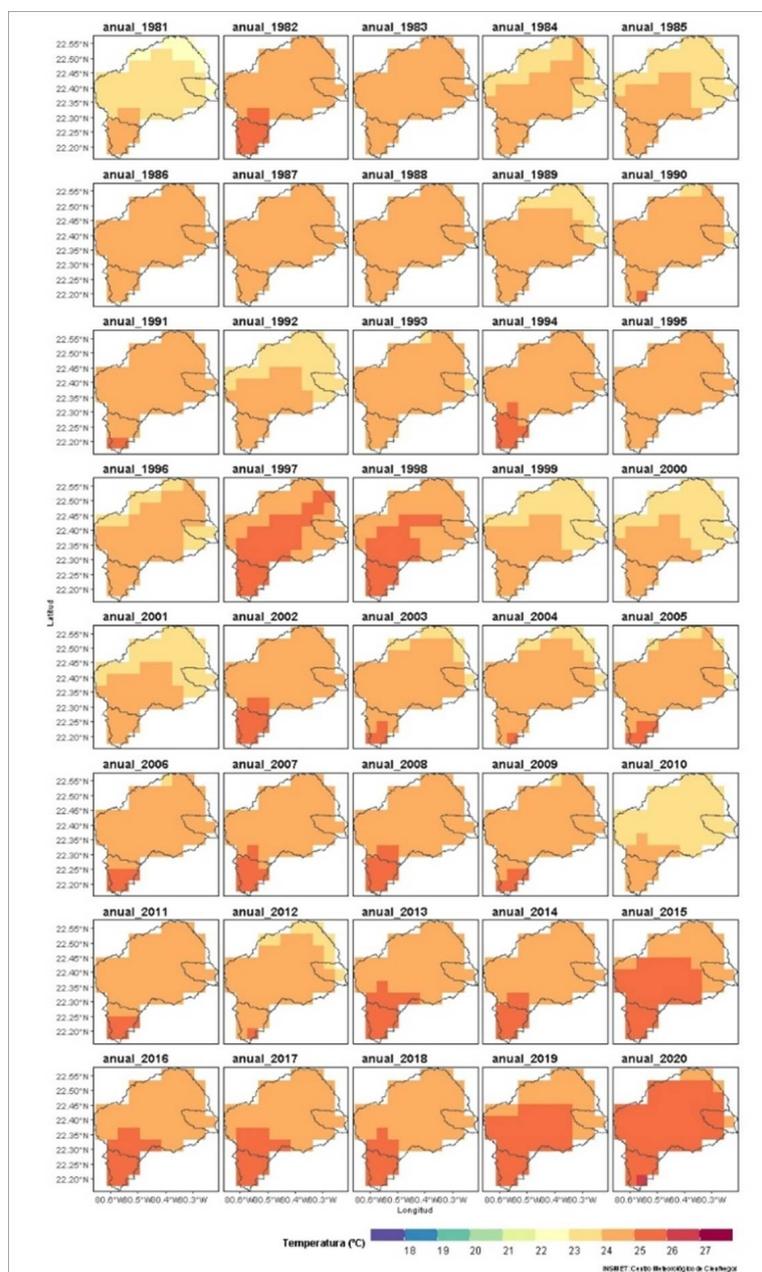


Figura 20. Distribución de la temperatura media anual en la cuenca Damuji en el período 1981-2020.

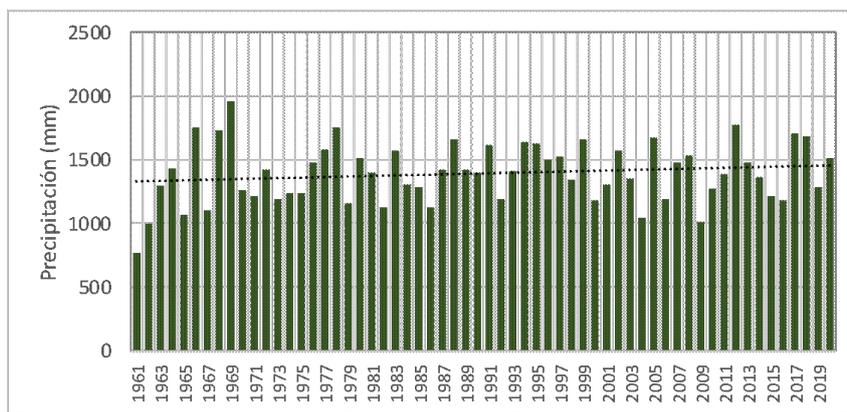


Figura 21. Comportamiento anual de la lluvia en la cuenca Damují. Período 1961-2020.

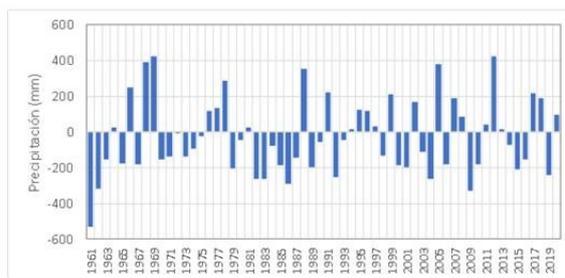
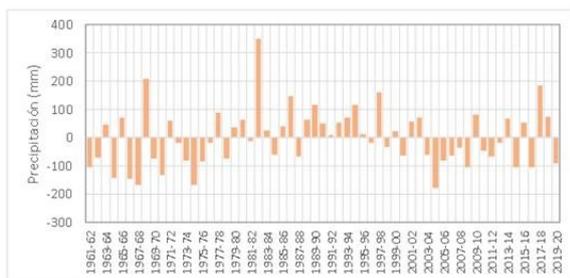


Figura 22. Anomalías de precipitaciones en el Período Poco Lluvioso (Izquierda) y Lluvioso (Derecha) del año en la cuenca Damují. Período 1961-2020.

### 3. CONCLUSIONES

- La temperatura media anual de la cuenca hidrográfica Damují no experimenta una gran variación espacial con valores en la mayor parte de su superficie entre 24-25°C, aumentando ligeramente en la porción sur con registros entre 25-26°C.
- En la cuenca Damují los acumulados medios anuales de las lluvias alcanzan un total de 1422.1 mm.
- La humedad relativa predomina con valores medios anuales alrededor del 78%.
- La cuenca presenta dos categorías de regiones climáticas: húmedo de sabana y húmedo
- El conocimiento de las variables meteorológicas en la cuenca juega un papel importante para el desarrollo sostenible y la resiliencia por parte de los tomadores de decisiones para adaptarse y mitigar los desafíos de la variabilidad climática y del cambio climático.

### REFERENCIAS

Álvarez, O. (1992). Sectores climáticos de Cuba. Aplicación del Método de Lang. *Revista Cubana de Meteorología*, 5(2): 10-19, ISSN: 0864-151X.

Barros, V., Grimm, A., Robertson, A., y Núñez, M. (2006). Caracterización del clima de la cuenca del Plata. *REGA*, 3(2), 13-28. <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/68/20ca6544e21e762>

[b25d7580800c301e1\\_24ade57b0049b2c3a860ee1f9eff4d3c.pdf](https://doi.org/10.24245/2664-0880.2024.00000001)

Carbone, M. E., Pícolo, M. C., y Perillo, G. M. (2003). Caracterización climática de la cuenca del Arroyo Claromecó, Argentina. *Papeles de Geografía*, Universidad de Murcia, Murcia, España, 38, 41-60.

Edwards, D. C., & McKee, T. B. (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report, Departamento de Ciencia Atmosférica, Universidad del Estado de Colorado, Fort Collins, Colorado.*, 97(2).

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

Hernández, D., y Fernández, E. (2016). Análisis de la variabilidad climática en cuencas hidrográficas de Cuba: Caso de estudio en la cuenca del río Cauto. *Revista de Ciencias de la Tierra*, 20(1), 30-42.

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, ISSN: 0941-2948, DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.

Landsea, C. (2007). Frequently Asked Questions. Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Hurricane Research Division. <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/tcfaqHED.html>,

- Consultado el 27 de febrero de 2024.
- Lecha, L.; Lapinel, P. y Paz, L. (1994). El clima de Cuba. La Habana, Cuba: Academia, 186 p., ISBN: 978-959-02-0006-9.
- López, C., y González, R. (2019). Impacto del cambio climático en cuencas hidrográficas cubanas: Revisión de la literatura. *Revista de Investigación Ambiental*, 36(4), 112-125.
- Lloyd-Hughes, B. & Saunders, M. A. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology* 22: 1571-1592 pp.
- Manual de Procedimiento (2000). Manual de Procedimiento, Sistema Nacional de Pronóstico. Instituto de Meteorología, CITMA, Ciudad de La Habana 2000, 63 pp.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 179-184.
- 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*, 4(2): 439-473.
- Pérez, J., y Martínez, A. (2017). Caracterización hidroclimática de cuencas en Cuba: Análisis de la cuenca del río Zaza. *Revista de Recursos Hídricos*, 12(3), 78-92.
- Salmo, Y., Concepción, E., Zapata, L., Vinajera, V., y Rojas, Y. (2023). Caracterización climática del área de la Cuenca Hidrográfica del río San Juan. *Revista Cubana de Meteorología*, 29(1). <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/676/1379>
- Thom, H.C.S., (1966). Some Methods of Climatological Analysis. WMO Technical Note Number No. 81, 81 16-22.
- Young, K.C. (1992). A Three-Way Model for Interpolating for Monthly Precipitation Values. *Monthly Weather Review*, 120, 2561-2569.

M. Sc. Endris Yoel Viera González. Centro Meteorológico provincial de Cienfuegos. E-mail: [endrisviera@gmail.com](mailto:endrisviera@gmail.com)

M. Sc. Sinaí Barcia Sardiñas. Investigadora Independiente de EE.UU. E-mail: [sinaibs@gmail.com](mailto:sinaibs@gmail.com)

Lic. Lennis Beatriz Fuentes Roque. Centro Meteorológico provincial de Cienfuegos. E-mail: [lennis.0320@gmail.com](mailto:lennis.0320@gmail.com)

M. Sc. Dianelly Gómez Díaz. Centro Meteorológico provincial de Cienfuegos. E-mail: [dianellygomez2310@gmail.com](mailto:dianellygomez2310@gmail.com)

Ing. Leonardo Mejías Seibanes. Centro Meteorológico provincial de Cienfuegos. E-mail: [lm640724@gmail.com](mailto:lm640724@gmail.com)