

Caracterización climática de la cuenca hidrográfica Río San Juan, Santiago de Cuba. Parte 2



<https://cu-id.com/2377/v31n4e05>

Climate characterization of the San Juan River watershed, Santiago de Cuba. Part 2

✉Lisandra Zapata Despaigne*, ✉Diamela Beatriz Ávila, ✉Yindra Zulema Salmon Cuspinera,
✉María Teresa Álvarez Balanqué, ✉Yolanda Pardo Riverí

Centro Meteorológico Provincial Santiago de Cuba (CMP). Calle 4, Esq. 17 # 451, Vista Alegre, Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN: La caracterización climática de las cuencas hidrográficas constituye un elemento esencial para la gestión ambiental y la planificación del desarrollo sostenible. Este estudio tuvo como objetivo analizar el clima de la cuenca del río San Juan, en Santiago de Cuba, a partir de variables como temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento. Se emplearon bases de datos homogeneizadas correspondientes a los períodos 1992-2010 (temperatura, humedad y viento) y 1961-2008 (precipitación), procesadas mediante el Sistema de Información Geográfica QGIS 3.16 para generar mapas de distribución espacial. Los resultados evidenciaron una marcada influencia del uso del suelo y la topografía en las condiciones climáticas locales. Las zonas urbanizadas presentaron las temperaturas más elevadas (26.1-26.3 °C) y menor humedad, configurando islas de calor, mientras que áreas rurales como Siboney y El Escandel registraron valores más frescos (19.1-20.0 °C) y húmedos, reflejando el efecto mitigador de la vegetación. La precipitación media anual osciló entre 1000 y 1400 mm, con máximos hiperanuales de 225-450 mm, mostrando una clara estacionalidad. La velocidad del viento fue mayor en el período poco lluvioso, con picos en febrero (4.51-5.0 m/s). La distribución espacial de los elementos climáticos estuvo determinada por factores físico-geográficos, como la topografía y la distancia al mar. Las zonas montañosas presentaron mayor humedad y menor temperatura, mientras que las llanuras costeras registraron condiciones más secas. Estos hallazgos constituyen una base científica relevante para la planificación territorial, la gestión de recursos hídricos y la adaptación al cambio climático.

Palabras clave: distribución espacial, humedad relativa, precipitación, temperatura, velocidad del viento.

ABSTRACT: The climatic characterization of watersheds is essential for environmental management and sustainable development planning. This study aimed to analyze the climate of the San Juan River basin in Santiago de Cuba, focusing on variables such as temperature, relative humidity, precipitation, and wind speed. Homogenized databases were used for the periods 1992-2010 (temperature, humidity, and wind) and 1961-2008 (precipitation), processed through the Geographic Information System QGIS 3.16 to generate spatial distribution maps. The results revealed a marked influence of land use and topography on local climatic conditions. Urban areas recorded the highest temperatures (26.1-26.3 °C) and lower humidity, forming heat islands, while rural zones such as Siboney and El Escandel showed cooler (19.1-20.0 °C) and more humid conditions, highlighting the mitigating role of vegetation. Annual mean precipitation ranged between 1000 and 1400 mm, with hyperannual maxima of 225-450 mm, showing clear seasonality. Wind speed was higher during the dry season, with peaks in February (4.51-5.0 m/s). The spatial distribution of climatic elements was determined by physical-geographic factors such as topography and distance from the sea. Mountainous areas exhibited higher humidity and lower temperatures, whereas coastal plains registered drier conditions. These findings provide a relevant scientific basis for territorial planning, water resource management, and climate change adaptation in the region.

Keywords: spatial distribution, relative humidity, precipitation, temperature, wind speed.

*Autor para la correspondencia: Lisandra Zapata Despaigne, E-mail: zapatadespaignelisandra@gmail.com

Recibido: 13/09/2025

Aceptado: 14/11/2025

Conflicto de intereses: Declaramos no tener conflictos de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Lisandra Zapata Despaigne. **Redacción:** Lisandra Zapata Despaigne, Yindra Salmon Cuspinera. **Revisión:** Lisandra Zapata Despaigne, Yindra Salmon Cuspinera, Diamela Beatriz Ávila, María Teresa Álvarez Balanqué, Yolanda Pardo Riverí. **Edición:** Lisandra Zapata Despaigne, Diamela Beatriz Ávila. **Metodología:** Lisandra Zapata Despaigne, Diamela Beatriz Ávila, Yindra Salmon Cuspinera. **Conservación de datos:** Lisandra Zapata Despaigne, Yindra Salmon Cuspinera, Diamela Beatriz Ávila, María Teresa Álvarez Balanqué, Yolanda Pardo Riverí. **Análisis formal:** Lisandra Zapata Despaigne, Yindra Salmon Cuspinera, Diamela Beatriz Ávila, María Teresa Álvarez Balanqué, Yolanda Pardo Riverí. **Redacción:** Lisandra Zapata Despaigne, Yindra Salmon Cuspinera, Diamela Beatriz Ávila, María Teresa Álvarez Balanqué, Yolanda Pardo Riverí. **Primera redacción:** Lisandra Zapata Despaigne. **Investigación:** Lisandra Zapata Despaigne, Yindra Salmon Cuspinera, Diamela Beatriz Ávila, María Teresa Álvarez Balanqué, Yolanda Pardo Riverí. **Supervisión:** Yindra Salmon Cuspinera, María Teresa Álvarez Balanqué. **Validación,** **Visualización:** Yindra Salmon Cuspinera y Lisandra Zapata Despaigne.

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/)

INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas desempeñan un papel esencial en el equilibrio ambiental y en el desarrollo sostenible. Como sistemas naturales de drenaje, regulan el ciclo del agua y contribuyen a la prevención de inundaciones. Al mismo tiempo, albergan ecosistemas diversos que favorecen la conservación de la biodiversidad y ejercen una influencia directa sobre el clima local y global, regulando la temperatura y la humedad. Cumplen una función protectora frente a la contaminación, al filtrar y depurar el agua antes de que llegue a ríos y océanos.

La cuenca hidrográfica del río San Juan, ubicada en la provincia de Santiago de Cuba, constituye un espacio de gran relevancia ambiental y socioeconómica. Su importancia radica en la interacción entre los recursos naturales y las actividades humanas que se desarrollan en el territorio. En este contexto, resulta imprescindible profundizar en el conocimiento de sus características climáticas, dado que estas condicionan la disponibilidad de agua, la dinámica de los ecosistemas y la planificación de los usos del suelo.

El presente estudio ofrece una caracterización climática detallada de la cuenca, basada en el análisis de variables como la temperatura, la humedad relativa, la precipitación y la velocidad del viento. Para ello se emplearon series históricas homogeneizadas y herramientas de sistemas de información geográfica (QGIS 3.16), generando mapas que evidencian la influencia del uso del suelo y la topografía en las condiciones climáticas locales. Los resultados constituyen una base científica sólida para anticipar fenómenos extremos, fortalecer la gestión de los recursos hídricos y apoyar la planificación agrícola y territorial. De esta manera, la investigación se convierte en un insumo clave para la gestión ambiental y la construcción de resiliencia frente a la variabilidad climática y los desafíos del desarrollo sostenible en Santiago de Cuba. Además, se enmarca en el proyecto científico Caracterización climática de las provincias montañosas de la región oriental de Cuba. Parte 2 (PS211LH004-032), aportando elementos estratégicos para la planificación territorial y la resiliencia climática.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización climática de la cuenca hidrográfica del río San Juan se emplearon bases de datos proporcionadas por el Departamento de Meteorología Aplicada del Centro Meteorológico Provincial de Santiago de Cuba. Las variables de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento abarcaron un período de 18 años (1992-2010), mientras que la precipitación se analizó en una serie histórica más extensa (1961-2008),

con el fin de obtener una representación más precisa del comportamiento pluviométrico en la zona. Todos los registros fueron analizados y homogeneizados por el Centro Nacional del Clima, garantizando su calidad y consistencia.

La elaboración de los mapas temáticos se realizó en el Sistema de Información Geográfica QGIS 3.16, utilizando capas cartográficas del proyecto Caracterización climática de las provincias montañosas de la región oriental de Cuba, georreferenciadas bajo la proyección Cuba Sur. A partir de estas capas se generaron composiciones específicas para cada variable, lo que permitió una visualización detallada de su distribución espacial en el área de estudio. Este enfoque metodológico integró procesamiento estadístico y representación cartográfica, aportando herramientas útiles para la evaluación ambiental y la planificación sostenible en la cuenca.

Área de Estudio

Esta cuenca se encuentra identificada como un ecosistema bajo protección y de interés provincial. Presenta un régimen fluvial permanente, con un caudal hiperanual superficial medio que alcanza aproximadamente 30.1 hm³. El río principal desemboca en el paso Aguadores, en el Mar Caribe. Sus principales afluentes son los ríos Seco, Zacateca, Maisí, Cocal y Soledad. El sistema hidrográfico está compuesto por una cuenca superficial principal y una subcuenca subterránea (Figura 1).

La cuenca se encuentra delimitada al norte por las alturas de Boniato y el Bonete, y al sur por las mesetas litorales y el Mar Caribe. Por el este, sus límites están definidos por las alturas de Ochoa y las Guásimas, mientras que al oeste se encuentran las alturas de Puerto Pelado y la ciudad de Santiago de Cuba. La cuenca abarca una superficie aproximada de 138.3 km². Presenta un caudal medio anual de 1.17 m³/s, un volumen total estimado de 37.2 hm³ y una densidad de drenaje (Dd) de 1.06 km/km² (Trujillo, 2023).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los valores más elevados de la temperatura media anual en la cuenca del río San Juan se registran en las zonas más urbanizadas, con rangos entre 26.1 °C y 26.3 °C. En contraste, las áreas rurales presentan temperaturas más bajas, que oscilan entre 19.1 °C y 20.0 °C (Figura 2).

Durante el período lluvioso (mayo-octubre), la temperatura media anual varía entre 24.1 °C y 27.6 °C (Figura 3). En el período poco lluvioso (noviembre-abril), que coincide con la estación invernal en Cuba, los valores se reducen ligeramente. Estos se ubican entre 19.1 °C y 24.9 °C (Figura 4),

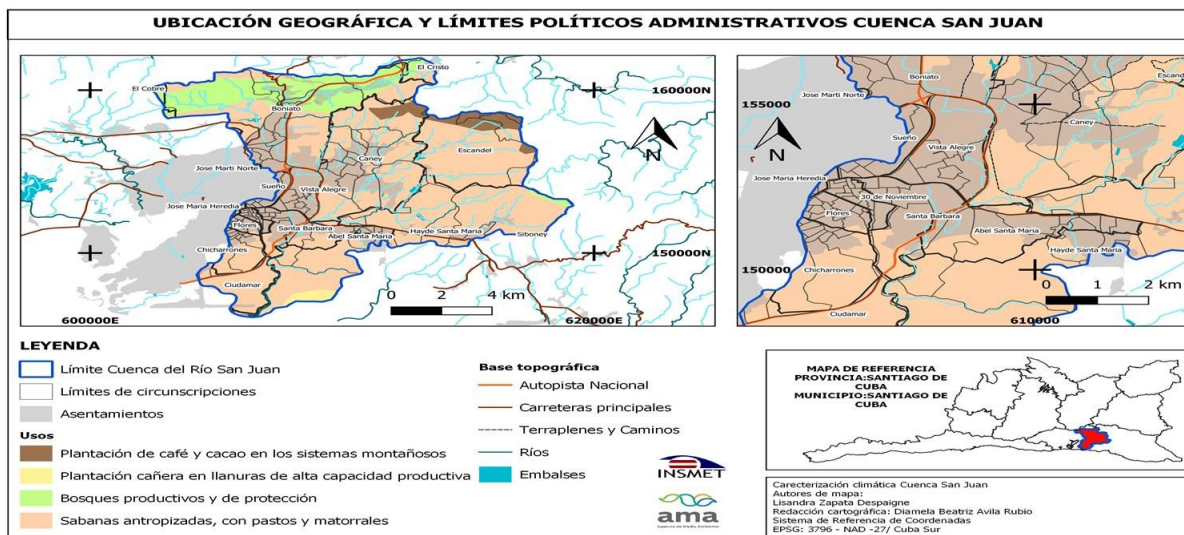


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca hidrográfica San Juan

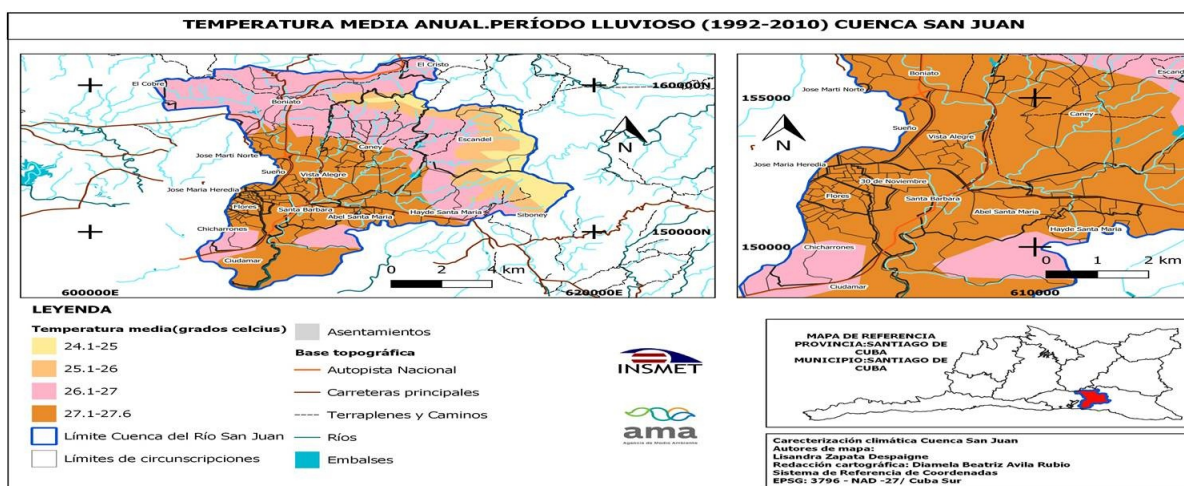


Figura 2. Comportamiento espacial de la temperatura media anual. Período 1992-2010

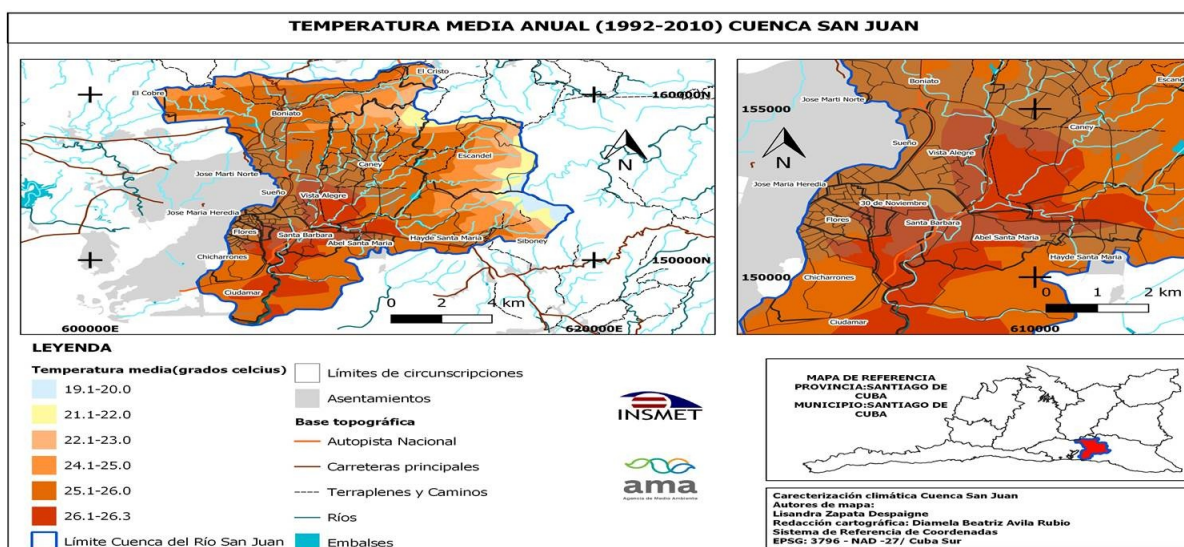


Figura 3. Comportamiento espacial de la temperatura media anual periodo lluvioso. Período 1992-2010

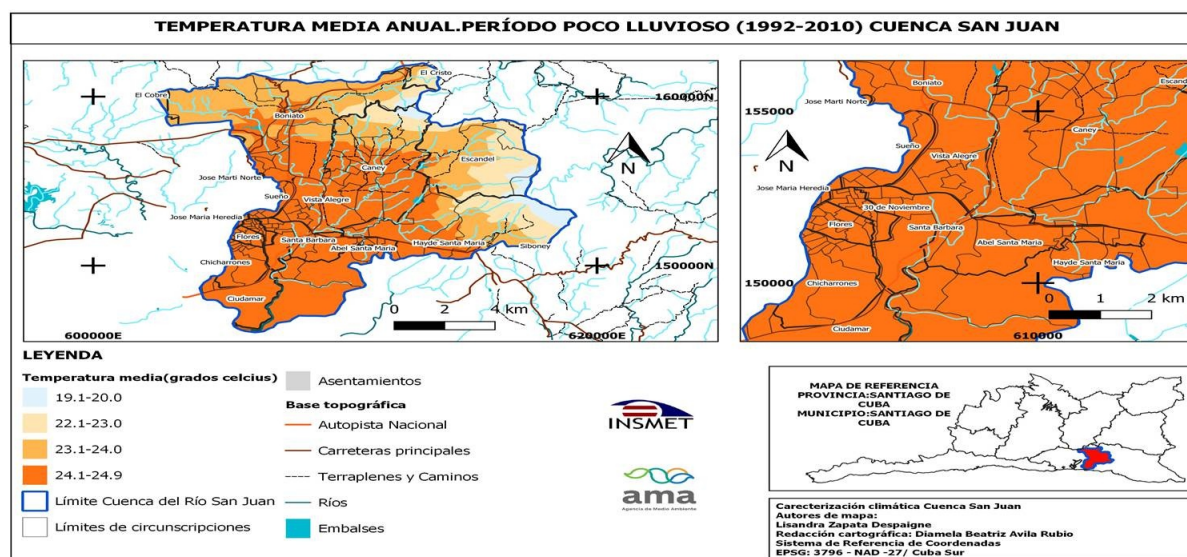


Figura 4. Comportamiento espacial de la temperatura media anual período poco lluvioso. Período 1992-2010

un descenso térmico que se asocia a la influencia de sistemas frontales y masas de aire frío que afectan la región durante esos meses.

En ambos periodos, las zonas urbanizadas de la cuenca presentan los valores más altos de temperatura. Estas zonas incluyen los consejos populares Reparto Sueño, Santa Bárbara, Ciudadamar, Vista Alegre, Sueño y Hayde Santa María. Por otro lado, los valores más bajos se observan en los consejos populares de Siboney, El Caney y El Escandel. Estas áreas se ubican en zonas rurales con menor densidad poblacional y mayor cobertura vegetal.

La temperatura máxima media anual presenta sus valores más elevados en la zona sur de la cuenca del río San Juan, con rangos entre 31.1 °C y 32.2 °C. Estos valores disminuyen progresivamente hacia las áreas montañosas y localidades interiores. En los consejos populares Escandel y Siboney, por ejemplo, se registran temperaturas entre 24.1 °C y 26.0 °C (Figura 5).

En cuanto a la temperatura mínima media anual, la región oriental no exhibe los valores más bajos en comparación con otras zonas del país. Esta conclusión se fundamenta en los resultados del proyecto *Caracterización climática de las provincias montañosas de la región oriental de Cuba*. Los valores estimados oscilan entre 19.1 °C y 26.1 °C. Las zonas urbanas presentan las temperaturas más elevadas, mientras que las áreas rurales registran los valores más bajos (Figura 6).

Los factores físico-geográficos ejercen una influencia significativa en la variación anual de la humedad relativa máxima y mínima media, pues determinan la distribución espacial de la temperatura, las precipitaciones y el viento. El comportamiento de esta variable se vincula estrechamente al régimen estacional de las lluvias, alcanzando sus valores más altos en los meses de mayores acumulados y disminuyendo en los periodos más secos, tal como

señalaron Lecha et al. (1994). Estudios recientes, como el de Salmo et al. (2023) en la cuenca del río San Juan, confirman esta relación al evidenciar que las zonas urbanizadas presentan menor humedad relativa debido al efecto de las islas de calor, mientras que las áreas rurales con mayor cobertura vegetal registran condiciones más frescas y húmedas.

Los valores más altos de humedad relativa se concentran en las zonas montañosas. Por el contrario, los valores más bajos se observan en zonas llanas, especialmente en las llanuras costeras meridionales, donde este patrón se manifiesta con mayor claridad.

El comportamiento de la humedad relativa media anual en la cuenca del río San Juan muestra una predominancia de valores entre 70 % y 75 %. Esta distribución es similar tanto en el período lluvioso como en el poco lluvioso. Los valores mínimos se registran en los meses de febrero, marzo, abril y julio. Esta situación es particularmente notable en las zonas ubicadas en la ciudad cabecera de la provincia de Santiago de Cuba, dentro de la porción costera sur de la región (Figura 7).

Los valores máximos de humedad relativa media se alcanzan en los meses de octubre y noviembre, con rangos anuales que oscilan entre 85 % y 95 %. Por otro lado, los valores mínimos se sitúan entre 50 % y 65 %. Las localidades urbanas presentan los valores más elevados dentro de ese rango mínimo. En contraste, los Consejos Populares de Siboney y El Escandel, ubicados en zonas rurales, registran los valores máximos de esta variable, ya que alcanzan hasta 65 % (Figura 8).

Este comportamiento confirma la influencia de factores físico-geográficos y meteorológicos en la distribución de la humedad relativa. Este hecho resulta clave para la planificación ambiental, la gestión de cultivos y la evaluación de riesgos climáticos en la región.

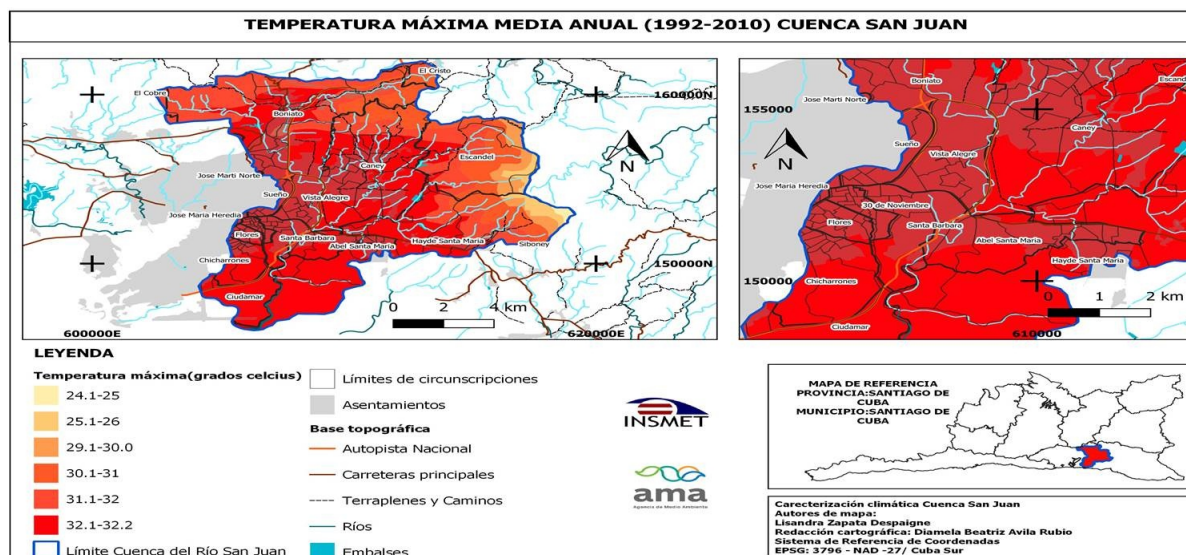


Figura 5. Comportamiento espacial de la temperatura máxima media anual. Período 1992-2010

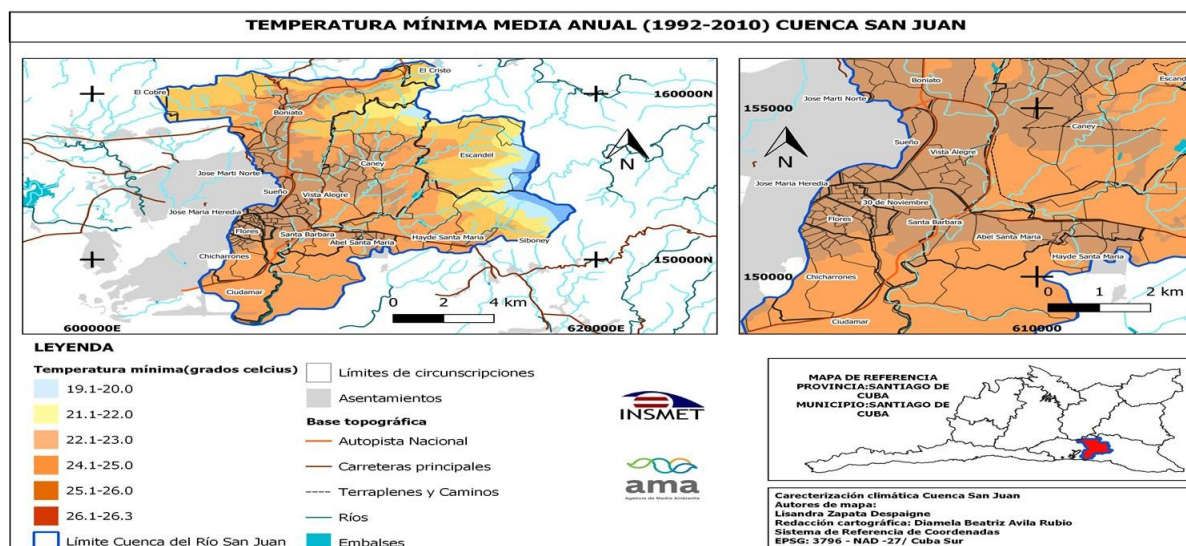


Figura 6. Comportamiento espacial de la temperatura mínima media anual. Período 1992-2010

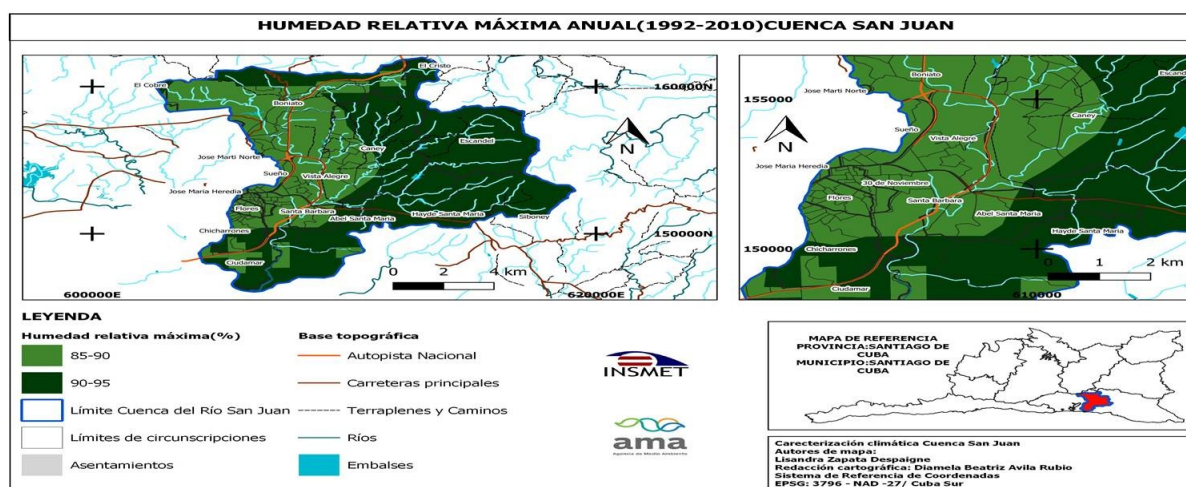


Figura 7. Comportamiento espacial de la humedad relativa máxima anual. Período 1992-2010

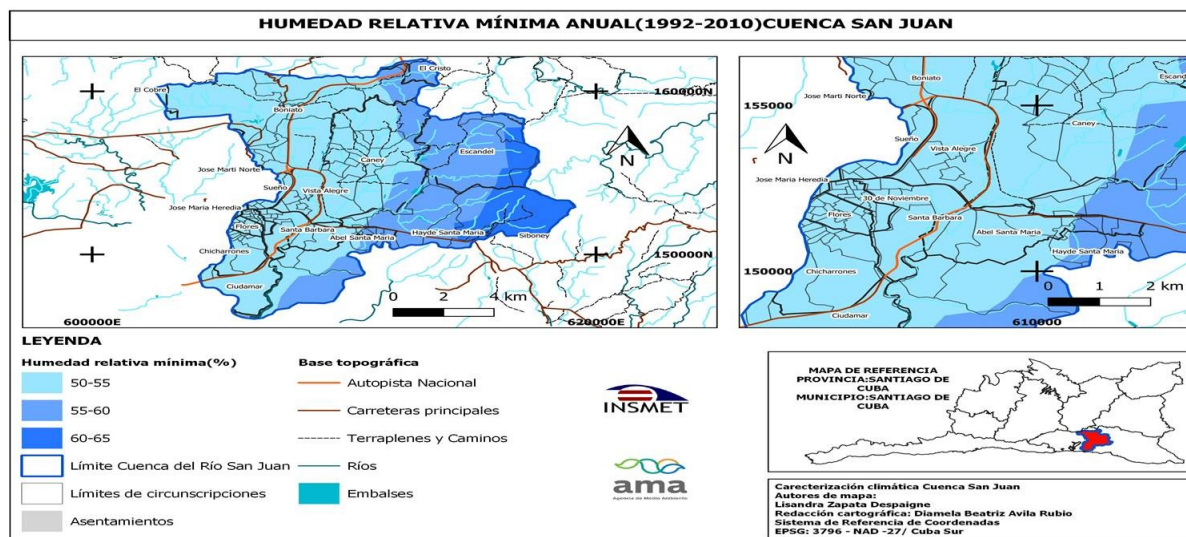


Figura 8. Comportamiento espacial de la humedad relativa mínima anual. Período 1992-2010

El concepto de lluvia máxima hiperanual se refiere a la cantidad máxima de precipitación acumulada registrada en un área específica durante un año o un período determinado. Este indicador se utiliza en estudios climáticos y meteorológicos para analizar patrones extremos de precipitación y evaluar sus posibles impactos en el territorio. En el área de estudio, los valores de lluvia máxima hiperanual oscilan entre 225 mm y 450 mm. Los mayores acumulados se concentran en las zonas más cercanas a la ciudad, como los consejos populares El Escandel y Siboney (Figura 9).

El patrón de distribución espacial de la lluvia media anual muestra valores que fluctúan entre 1000 mm y 1400 mm (Figura 10). Al analizar la precipitación por períodos, se observa un comportamiento similar en ambas estaciones dentro del área de la cuenca. No obstante, en el período poco lluvioso (noviembre-abril), los valores no superan los 600 mm, lo que evidencia una marcada disminución en la acumulación de precipitaciones.

Durante el período lluvioso (mayo-octubre), se registra la mayor cantidad de precipitaciones. Sin embargo, las zonas costeras se caracterizan por presentar los valores más bajos. Este comportamiento se explica por la influencia de fenómenos como la convergencia de brisas y la convección, meteoros típicos de esta estación, que desplazan las lluvias hacia el interior del territorio (Figura 11).

La velocidad media del viento en la cuenca del río San Juan presenta un comportamiento estacional marcado. Los valores más elevados se registran entre los meses de enero y marzo, incluso en zonas interiores del territorio. A partir de abril se observa una disminución progresiva que se extiende durante mayo y junio. Este patrón se corresponde con el período invernal, en el cual se destacan los valores máximos de la velocidad media del viento. Específicamente en el mes de febrero se registran rangos entre 4.51 m/s y 5.0 m/s en el área de estudio (Figura 12).



Figura 9. Comportamiento espacial de la precipitación máxima hiperanual. Período 1992-2010

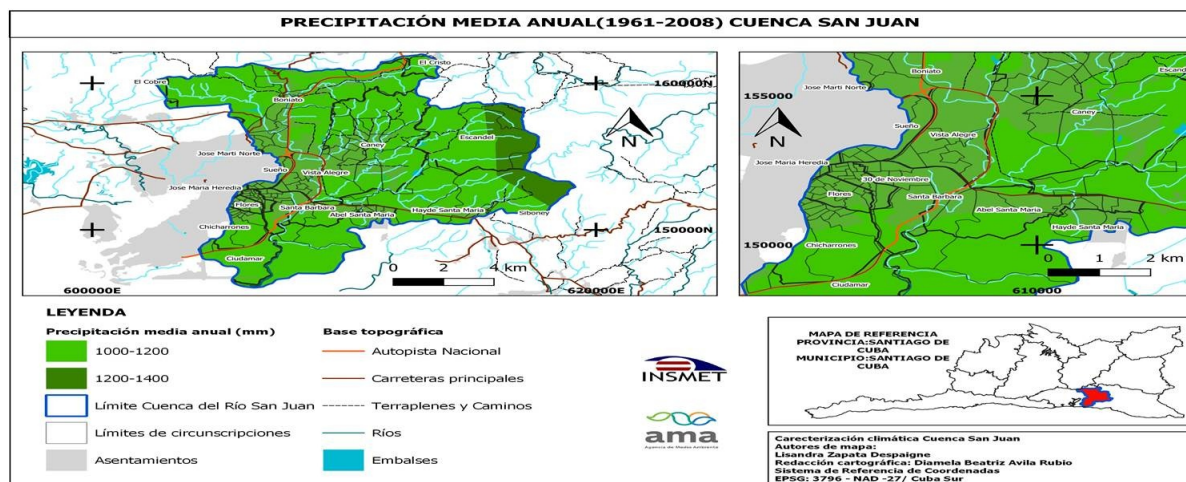


Figura 10. Comportamiento espacial de la precipitación media anual. Período 1961 -2008

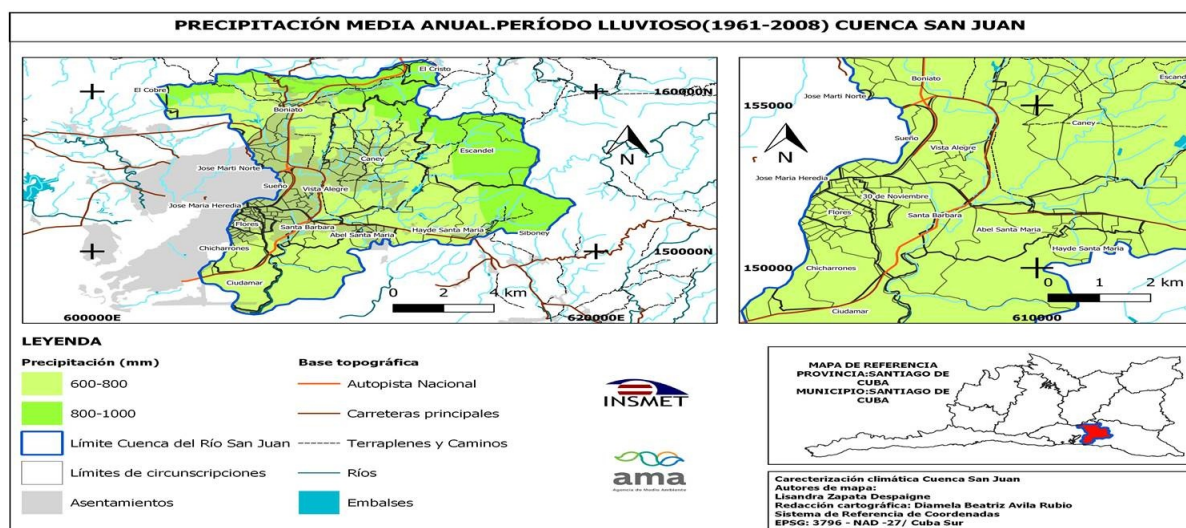


Figura 11. Comportamiento espacial de la precipitación media anual período lluvioso. Período 1961 -2008

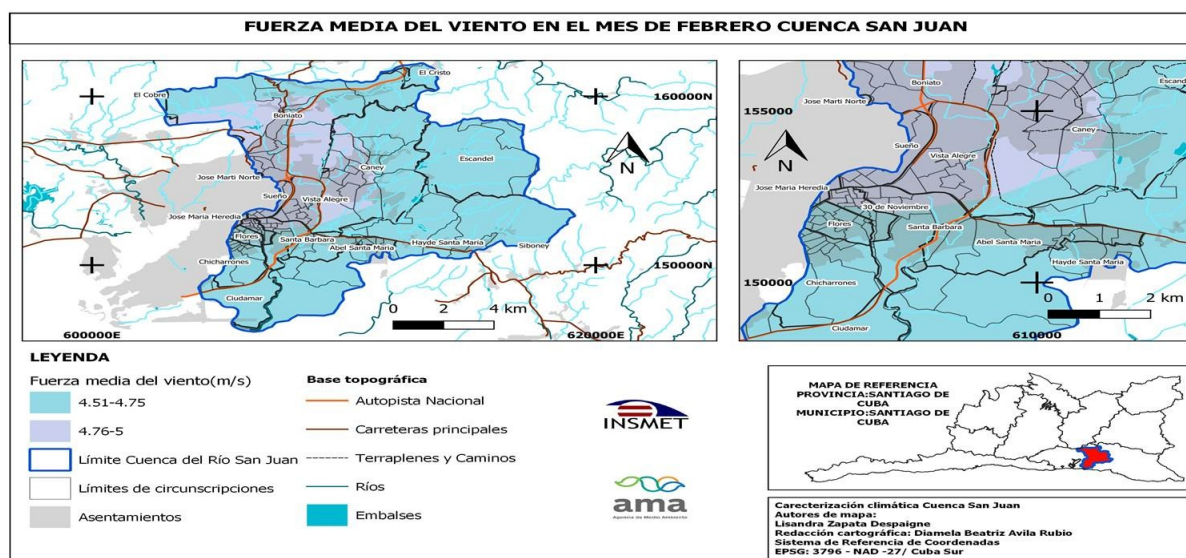


Figura 12. Comportamiento espacial de la velocidad media del viento en el mes de febrero. Período 1992-2010

En contraste, durante el período lluvioso (mayo-octubre) se registran los valores mínimos. Mayo es uno de los meses con menor velocidad, entre 3.0 m/s y 4.0 m/s, mientras que junio presenta rangos aún más bajos, entre 2.76 m/s y 3.50 m/s (Figuras 13 y 14).

Espacialmente, los valores mínimos se localizan en el centro de la cuenca, particularmente en las zonas urbanizadas y valles. No obstante, estos valores siguen siendo inferiores a los observados en las áreas cercanas al litoral costero, donde la influencia marina modera la intensidad del viento. Este análisis resulta clave para la planificación territorial, el diseño de infraestructuras resilientes y la evaluación de riesgos climáticos en la región.

Investigaciones previas han abordado aspectos relacionados con la calidad de las aguas, la cobertura forestal y la gestión integrada del territorio en la cuenca del río San Juan (Olivares et al., 2012; Morales Virgilí & Rivera Soto, 2017; Morell-Bayard et al., 2020; García et al., 2021, 2023; Trujillo, 2023;

Martínez et al., 2024). En este contexto, el estudio de Salmo et al. (2023) aportó una primera aproximación climática al analizar las variables de precipitación y temperatura a partir de una serie de datos de 35 años (1981-2016) registrados en la Estación La Universidad. Sus resultados evidenciaron la marcada estacionalidad del régimen pluviométrico y la influencia de la variabilidad térmica en la dinámica ambiental de la cuenca.

Los hallazgos del presente trabajo amplían esa perspectiva al incorporar un análisis más detallado de la distribución espacial de la temperatura, la humedad relativa, la precipitación y la velocidad del viento, utilizando series históricas homogeneizadas y herramientas de sistemas de información geográfica. Se confirma que la topografía y el uso del suelo ejercen una influencia significativa en los patrones climáticos locales: las zonas urbanizadas presentan temperaturas más elevadas y menor humedad relativa, mientras que las áreas rurales con mayor cobertura vegetal registran condiciones más frescas y húmedas.

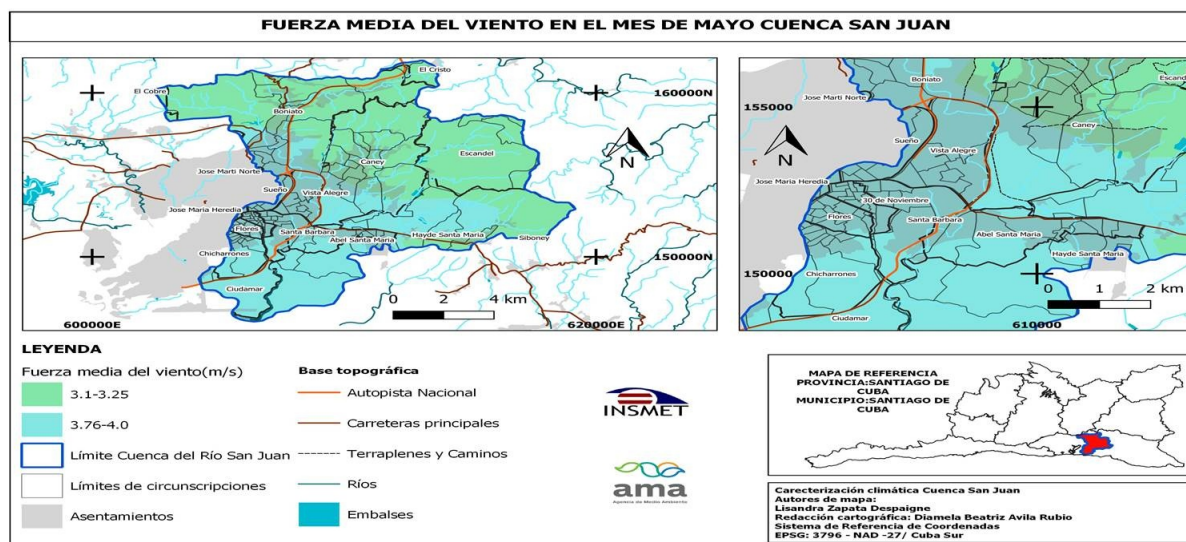


Figura 13. Comportamiento espacial de la velocidad media del viento en el mes de mayo. Período 1992-2010

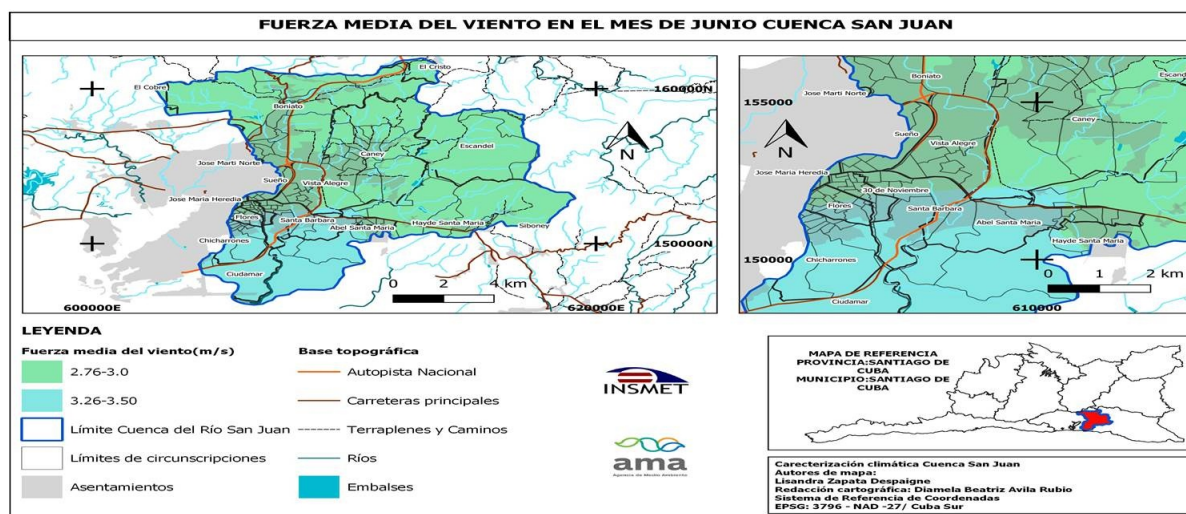


Figura 14. Comportamiento espacial de la velocidad media del viento en el mes de junio. Período 1992-2010

Asimismo, la precipitación muestra una clara estacionalidad, con máximos en el período lluvioso y mínimos en la estación seca, en concordancia con lo reportado por Salmo et al. (2023).

CONCLUSIONES

La urbanización genera un efecto significativo en el clima local de la cuenca del río San Juan. Las zonas con mayor densidad de población, como Reparto Sueño o Ciudadamar, presentan sistemáticamente las temperaturas medias, máximas y mínimas más elevadas, constituyendo islas de calor. En contraste, las áreas rurales con mayor cobertura vegetal, como Siboney o El Escandel, registran valores térmicos notablemente inferiores, evidenciando el papel mitigador de la vegetación.

El régimen climático de la cuenca presenta una marcada estacionalidad. El período lluvioso (mayo-octubre) es más cálido y concentra la mayor precipitación, aunque las zonas costeras reciben menos lluvia. El período poco lluvioso (noviembre-abril) es más fresco y seco, con un descenso térmico asociado a masas de aire frío. La humedad relativa y la velocidad del viento también siguen este patrón, con valores máximos en los meses invernales.

La distribución espacial de los elementos climáticos está determinada por factores físico-geográficos. La topografía y la distancia al mar explican que las zonas montañosas presenten mayor humedad y menor temperatura, mientras las llanuras costeras del sur registren menor humedad. Asimismo, la precipitación máxima se concentra en zonas cercanas a la ciudad, y el viento es más intenso en el interior que en el litoral, donde la influencia marina lo modera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García, R., González-Trujillo, M., Durán-Silveira, M. T., Álvarez-Vega, J. F., & Ocaña-Dayer, H. (2021). Gestión integrada de cuencas hidrográficas en Cuba: Caso cuenca San Juan. *Ciencia en su PC*, 1(2), 31-44. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181369731003/html/>
- Lecha, L., Paz, L. R., & Lapinel, B. (1994). *El Clima de Cuba*. Editorial Academia. ISBN 959-02-006-0
- Martínez, A. P., Montero, O. P., Batista, C. M., & Vega, J. F. Á. (2024). Estimación de la cobertura forestal en la cuenca hidrográfica del río "San Juan", Cuba. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 45(3), 29-40.
- Morales Virgilí, M., & Rivera Soto, M. (2017). Estudio ambiental en la cuenca del río San Juan de Santiago de Cuba. *Revista Tecnología Química*, 37(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852017000200008&script=sci_arttext&tlng=en
- Morell-Bayard, A. de la C., Bergues-Garrido, P., López-Del Castillo, P., & Almarales-Castro, A. (2020). Estado ecológico del río San Juan en Santiago de Cuba: Período 2013-2015. *Ciencia en su PC*, 1(3), 36-49. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181365138003/html/>
- Olivares, G., Naranjo-López, C., López-del Castillo, P., & Morell-Bayard, A. (2012). Valoración de la calidad del agua del río San Juan de Santiago de Cuba asociado a un foco de contaminación industrial. *Ciencia en su PC*, 4, 99-111. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181325081008.pdf>
- Salmo, Y., Concepcion Isaac, E., Zapata Despaigne, L., Vinajera Suarez, V., & Rojas Serrano, Y. (2023). Caracterización climática del área de la Cuenca Hidrográfica del río San Juan. *Revista Cubana de Meteorología*, 29(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2664-08802023000100004&script=sci_arttext
- Trujillo, M. G. (2023). La influencia del uso del suelo en la vulnerabilidad de un acuífero en la cuenca hidrográfica San Juan, Cuba. *Agua y territorio= Water and Landscape*, 21, 21-35. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8667134>