

Estudios de clima de montaña en Cuba, topoclimas

Mountain climate studies in Cuba, topoclimates



<https://eqrcode.co/a/rHCW6Z>

 Arisleidys Peña-de la Cruz^{1*},  Ricardo Delgado Téllez², Antonio Vladimir Guevara Velazco³,
 Loexis Rodríguez Montoya¹,  Yusmira Savon Vaciano¹

¹Centro Meteorológico Provincial (CMP) Guantánamo, Cuba.

²Centro de Desarrollo de la Montaña, Guantánamo, Cuba.

³Instituto de Meteorología, sede (INSMET), La Habana, Cuba.

RESUMEN: Los recursos naturales y cadenas agroproductivas de importancia alimentaria y económica tienen una estrecha dependencia de la dinámica climática en las montañas. La presente investigación analizó los antecedentes de los estudios del clima de montaña en Cuba, enfatizando en los relacionados con el topoclima. Se realizó una revisión de antecedentes de los estudios que tuvieron como objetivo, completa o parcialmente, la dinámica del clima de las montañas en Cuba durante el periodo 1965 al 2020. La revisión examinó tres indicadores para cada publicación: escala espacial, factores climático-geográficos, y elementos del clima. Se determinó que 21 de los 29 estudios evaluados se realizaron a escala mesoclimática. La altura, como factor climático-geográfico, ha sido analizada en la totalidad de los estudios revisados. La precipitación ha sido el elemento climático abordado por el mayor número de investigaciones. El método de análisis de gradientes ha sido el más utilizado en los estudios de montaña a escala local. Se identificó una tendencia incipiente al uso de modelos numéricos y reanálisis climáticos globales, con altas potencialidades para este tipo de estudio. El estudio concluyó que, en condiciones de limitada capacidad tecnológica, se precisa una propuesta que integre las potencialidades de los métodos de gradientes y modelos numéricos para los estudios topoclimáticos para minimizar las limitaciones de ambos métodos.

Palabras clave: Clima de montaña, topoclima, gradientes climáticos.

ABSTRACT: Natural resources and agro-productive chains of food and economic importance are closely dependent on climatic dynamics in the mountains. This research analyzed the antecedents of mountain climate studies in Cuba, emphasizing those related to the topoclimate. A bibliographic review was carried out of the studies that had as objective, completely or partially, the dynamics of the climate of the mountains in Cuba during the period 1965 to 2020. The review examined three indicators for each publication: spatial scale, climatic-geographical factors, and weather elements. It was determined that 21 of the 29 studies evaluated were carried out on a mesoclimatic scale. Height, as a climatic-geographical factor, has been analyzed in all the studies reviewed. Precipitation has been the climatic element addressed by the largest number of investigations. The gradient analysis method has been the most widely used in mountain studies on a local scale. An incipient trend to the use of numerical models and global climate reanalysis is identified, with high potential for this type of study. The study concluded that, under conditions of limited technological capacity, a proposal is needed that integrates the potentialities of gradient methods and numerical models for topoclimatic studies to minimize the limitations of both methods.

Keywords: Mountain climate, topoclimate, climatic gradients.

INTRODUCCIÓN

Las montañas y sus valles interiores ocupan el 24% de la superficie terrestre a nivel global y albergan aproximadamente el 12 % de la población mundial (UNESCO, 2013). Los ecosistemas montañosos ofrecen numerosas y diversas fuentes de servicios, siendo el suministro de agua uno de los más importantes. Alrededor del 40% de la población mundial depende indirectamente de las montañas para el suministro de agua (FAO, 2015). Existen referencias de la indudable importancia y complejidad de las montañas en el equilibrio climático del planeta y su susceptibilidad

ante el cambio climático (IPCC, 1995, 2001, 2008; Barry, 2008; OMM, 2011; Andres *et al.*, 2013; Ramallo, 2013; UNESCO, 2013; IPCC, 2015; FAO, 2015). Adicionalmente, la evaluación, predicción y proyección del clima en terrenos complejos es un desafío difícil debido a los procesos físicos, geográficos y termodinámicos involucrados (Fernando, *et al.*, 2017). Es también documentado que los procesos tierra-atmósfera que ocurren en terreno complejo elevan exponencialmente su naturaleza multifactorial, por lo que se hace pertinente un tratamiento particularizado (Yoshino, 1975; Barry & Seimon, 2000; Barry, 2008; Gil & Olcina, 2017; Fernando, *et al.*, 2017).

*Autor para correspondencia: Arisleidys Peña-de la Cruz. E-mail: aridelacruz1977@gmail.com

Recibido: 10/05/2021

Aceptado: 21/08/2021

Gil y Olcina (2017) afirman que el estudio del clima de las montañas medias y pequeñas es una de las lagunas con que aún hoy cuentan las investigaciones climáticas. Asimismo, dentro del fortalecimiento del Sistema Meteorológico Nacional de Cuba en el año 2011, en el Consejo Científico del Instituto de Meteorología (INSMET) se adopta el acuerdo # 11, relacionado con las especialidades perdidas o dispersas y especialidades nuevas o encontradas dentro del Sistema. Los estudios de clima de montaña se relacionan dentro de las especialidades perdidas o dispersas.

Los recursos naturales y cadenas agroproductivas de importancia alimentaria y económica, tienen una estrecha dependencia de la dinámica climática en las montañas. Esta situación se hace especialmente visible en las principales cadenas montañosas de Cuba; siendo las montañas cubanas notables además, por el aporte relevante de las lluvias orográficas a los principales acuíferos y la ubicación de significativas reservas de agua superficiales.

La presente investigación analiza los antecedentes de los estudios del clima de montaña en Cuba, enfatizando en los relacionados con el topoclima.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se realizó una revisión de antecedentes de los estudios climáticos de montaña en Cuba. Se delimitó el estudio, desde el punto de vista geográfico, a las montañas medianas, bajas y pequeñas premontañas, además de las alturas tectónico-litológicas (Portela, 1989; Acevedo, 1992). Igualmente la investigación se limitó a los resultados que relacionan la influencia de las montañas con el comportamiento del clima.

Como marco teórico se adoptaron los conceptos y métodos referenciados en fuentes nacionales e internacionales. Las escalas espaciales fueron evaluadas en microclima, clima local, mesoclima y macroclima (Yoshino, M.M., 1975; Oke T.R., 1987; Geiger, R. et al., 2003; Barry, R., 2008).

En la investigación se analizaron los resultados que tuvieron como objetivo, completa o parcialmente, la dinámica del clima de las montañas en Cuba durante el periodo 1965 al 2020. El estudio consideró los artículos en revistas académicas, artículos de revistas, libros, informes y documentos inéditos conservados en archivos y bibliotecas del Sistema Meteorológico Nacional.

La revisión examinó tres indicadores: escalas espaciales, factores climático-geográficos y elementos del clima abordados; además, agrupó los estudios que analizan cada indicador por clases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la investigación se analizaron 29 resultados que tuvieron como objetivo, completa o parcialmente, la dinámica del clima de las montañas en Cuba durante el periodo 1965-2020 (ver Anexo).

En la investigación, 21 de los 29 estudios evaluados se realizaron a escala mesoclimática. La altura, como factor climático-geográfico, ha sido analizada en la totalidad de los estudios de clima de montaña en Cuba. De los elementos climáticos la precipitación fue el objeto de estudio en el mayor número de las investigaciones (tabla 1).

En coincidencia con Lecha et al., (1994), los resultados del presente estudio evidencian que los factores climático-geográficos determinan las condiciones físicas objetivas que definen los rasgos climáticos en orografía complejas y son evaluados en todos los estudios de clima de montaña en Cuba. Asimismo, la influencia de los factores climático-geográficos como la altura, orientación de la ladera, forma del relieve y la distancia al mar, asignan las singularidades a los estudios de clima de montaña. La anterior confirmación corrobora la necesaria particularización de los estudios climáticos en las regiones de terrenos complejos en Cuba (Boytel-Jambú, 1972; Díaz, 1983; González & Lora, 1987; Peña-de la Cruz et al., 2013).

Tabla 1. Resumen de los indicadores: escalas espaciales, factores climático-geográficos y elementos del clima, y tratamiento por clase en los estudios climáticos de montaña en Cuba.

Indicadores	Clases (abreviaturas utilizadas en anexo)		# de estudios que lo evalúan
Escalas espaciales	Microclima	(Micl)	1
	Clima local	(C. Loc)	10
	Mesoclima	(Meso)	21
	Macroclima	(Macr)	0
	Orientación de la ladera	(O. Lad)	8
Factores climáticos geográficos.	Distancia al mar	(D. Mar)	7
	Altura	(Alt)	29
	Forma del relieve	F. Rel	7
Elementos climáticos	Temperatura	(T)	17
	Precipitación	(P)	21
	Viento	(V)	14
	Insolación	(I)	6
	Otros (humedad relativa, nubosidad...)	(Otrs)	5

Por su importancia ambiental y socioeconómica las precipitaciones han sido el elemento climático más estudiado en montañas. No obstante, la modelación del patrón espacial y regionalización de este elemento en las montañas de Cuba continúa siendo tarea compleja, situación señalada por [Hernández, \(2016\)](#). Esta autora acota que los autores Solano y Vázquez, ([Solano et al., 2007](#); [Vázquez & Solano, 2013](#)), elaboraron mapas isoyéticos con correcciones homogéneas, tomando en cuenta la altura. Estos resultados no tienen en cuenta otros factores climático-geográficos como la orientación de la ladera con respecto a la dirección predominante del viento: sotavento, barlovento y la orientación de la ladera con respecto a la trayectoria aparente del sol: solana, umbria, que definen diferencias espaciales del clima de montaña ([Boytel, 1972](#); [Montenegro, 1993](#); [Peña-de la Cruz, et al., 2017](#); [Roque, et al., 2016, 2018](#)). Evidencia de lo antes expuestos es que la ubicación geográfica de los mayores acumulados de precipitación en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa, y de Cuba, no se registran en las mayores alturas ([Díaz, 1983](#); [Lecha et al., 1994](#); [Solano et al., 2003](#); [Baza-Pacho et al., 2005](#); [Cutié & Lapinel, 2013](#)). Exceptuando la precipitación, la temperatura y el viento son los elementos climáticos con mayor cantidad de resultados dentro de los estudios de clima de montaña en Cuba en el periodo 1965-2020.

Hacia el estudio del Topoclima en Cuba.

Geiger, a finales de los años 20 del pasado siglo, distinguió los conceptos de microclima y topoclima ([Geiger, 2003](#)). Desde entonces han sido diversas las definiciones de topoclima, generalmente atendiendo a variados criterios de extensión espacial con alto margen de subjetividad ([Gil & Olcina, 2017](#)). No obstante, un elemento en común de todas las definiciones es el topoclima como características del clima local asociadas a la presencia de montañas ([Yoshino, 1975](#); [Flohn, 1979](#); [Choisnel, 1981](#); [Landsberg, 1981](#); [Oke, 1987](#);

[Barry, 2008](#); [Gil & Olcina, 2017](#)). En este estudio se utiliza topoclima según [Yoshino \(1975\)](#), caracterizado por una escala horizontal de 10 m a 10000 m y una escala vertical entre 0.1 m a 1000 m, desde superficie ([figura 1](#)).

Para los estudios de topoclima se identificaron tres métodos en fuentes nacionales e internacionales:

1. Utilizar estaciones de monitoreo representativas del área de estudio ([Solano et al., 2003](#); [Vázquez & Solano, 2013](#); [Baza-Pacho, 2015](#); [Hernández-Sosa, 2016](#); [Pérez-Rivas & Hidalgo-Mayo, 2016](#)).
2. Modelos estáticos atmosféricos, a partir de determinar gradientes locales, regionales o globales ([Montenegro, 1993](#); [Martínez-del Castillo et al., 2012](#); [Pérez-Rivas & Hidalgo-Mayo, 2016](#); [Roque-Rodríguez et al., 2018](#)).
3. Modelos dinámicos regionales que simulan el comportamiento de la atmósfera ([Argüeso et al., 2011](#); [Liu et al., 2013, 2018](#); [Fernando et al., 2017](#); [Varga & Breuer, 2020](#)).

Sin embargo, estos procedimientos presentan algunas limitaciones. El primero de ellos es poco preciso espacialmente según aumenta la distancia al punto de monitoreo, ya que la representatividad del estudio se circunscribe según clasificación por ubicación geográfica de la estación de vigilancia utilizada ([OMM, 2011a](#)). El segundo de los métodos generaliza, espacial y temporalmente, la relación elemento climático con un factor del clima, lo que es cuestionable en un contexto de clima cambiante; Además, para el uso de este segundo método es necesario campañas específicas para mediciones en superficie debido a la baja densidad de estaciones meteorológicas en las regiones montañosas y la poca correlación entre ellas ([Barry & Seimon, 2000](#); [Barry, 2008](#); [Hernández-Sosa, 2016](#)). La correlación puede ser especialmente débil entre las observaciones de las estaciones meteorológica ubicadas en las montañas de regiones tropicales insulares

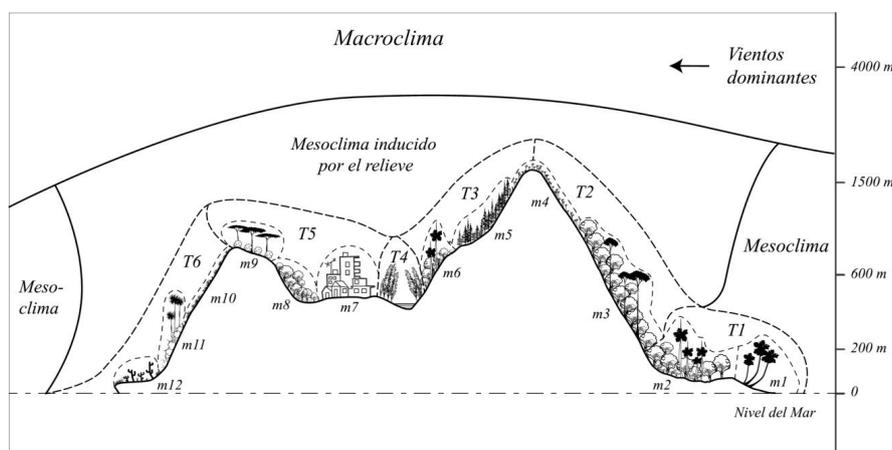


Figura 1. División climática por escalas espaciales: microclimas (m), escala local/topoclimas (T), mesoclima (M) y macroclimas para el análisis de las montañas. Diseño de los autores en un transecto del macizo Nipe-Sagua-Baracoa, basado en [Yoshino \(1975\)](#).

como Cuba (Planos-Gutiérrez *et al.*, 2012, 2013). En el tercero de los métodos de estudios topoclimáticos se han logrado rápidos avances en los últimos años. No obstante, el volumen de datos implicado para responder a la resolución espacial y temporal que se precisan, lo convierte en computacional y logísticamente complejo (Argüeso *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2018; Varga & Breuer, 2020). Estas limitaciones restringen la prestación de servicios climatológicos que beneficien el desarrollo económico, social y ambiental de las montañas actualmente en Cuba y limitan la efectividad de los sistemas de protección a las personas y la propiedad, ante desastres originados por eventos meteorológicos.

El procedimiento de gradientes ha sido el utilizado en el estudio topoclimático realizado en Cuba más extenso en tiempo cronológico y abarcador en alcance territorial, factores y elementos climáticos analizados (Montenegro, 1993).

CONCLUSIONES

En los más de 50 años de estudio del clima en Cuba de forma sistemática, el clima de montaña ha sido analizado de manera intermitente. De los estudios de clima de montaña la mayor parte se han realizado a escala mesoclimática. La altura, como factor climático-geográfico, ha sido analizada en la totalidad de los estudios de clima de montaña en Cuba y el elemento climático más investigado ha sido la precipitación.

El método de análisis de gradientes ha sido el que más se utiliza en los estudios topoclimáticos en Cuba.

El desarrollo científico y tecnológico de las últimas décadas permite contar con modelos numéricos y reanálisis climáticos globales con altas potencialidades para estudios topoclimáticos. Se identificó una tendencia incipiente al uso de modelos numéricos y reanálisis climáticos globales, con altas potencialidades para este tipo de estudio.

Las limitaciones de los métodos utilizados para los estudios topoclimáticos restringen la prestación de servicios climatológicos que beneficien el desarrollo económico, social y ambiental de las montañas actualmente en Cuba y limitan la efectividad de los sistemas de protección a las personas y la propiedad ante desastres originados por eventos meteorológicos.

En condiciones de limitada capacidad tecnológica, se precisa una propuesta que integre las potencialidades de los métodos de gradientes y modelos numéricos para los estudios topoclimáticos para minimizar las limitaciones de ambos métodos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto “Modelación de la variabilidad y los cambios del topoclima con WRF en la región oriental de Cuba.” del Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación de

Interés Nacional “Adaptación y mitigación del Cambio Climático” Los autores agradecen al Lic. Ursinio Montenegro Moracen por los aportes y apoyo brindado a los estudios topoclimáticos en Cuba.

REFERENCIAS

- Acevedo, M. 1992. *Geografía Física de Cuba*. (Primera reimpression), t. II ed., Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Afrizal, T. & Surussavadee, Ch. 2018. High-Resolution Climate Simulations in the Tropics with Complex Terrain Employing the CESM/WRF Model. *Advances in Meteorology*, 2018: 1-15, ISSN: 1687-9309, 1687-9317, DOI: [10.1155/2018/5707819](https://doi.org/10.1155/2018/5707819).
- Alonso, Y.; Bezanilla-Morlot, A.; Roque-Rodríguez, A.; Centella-Artola, A. D.; Borrajero-Montejo, I. & Martínez, Y. 2018. Wind resource assessment of Cuba in future climate scenarios. *Wind Engineering*: 0309524X1878039, ISSN: 0309-524X, 2048-402X, DOI: [10.1177/0309524X18780399](https://doi.org/10.1177/0309524X18780399).
- Álvarez, A. F. & Mercadet, A. 2012. *El sector forestal cubano y el cambio climático*. La Habana, Cuba.: Instituto de Investigaciones Agro-Forestal. Ministerio de la Agricultura., 248 p.
- Alvarez-Escudero, L. 2017. Assessing the potential of a long-term climate forecast for Cuba using the WRF model. DOI: [10.13140/rg.2.2.25563.26403](https://doi.org/10.13140/rg.2.2.25563.26403),
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero-Montejo, I. 2018. Distribución espacial de fenómenos meteorológicos en Cuba clasificados a partir del código de tiempo presente II. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(1): 111-127.
- Álvarez-Escudero, L.; Borrajero-Montejo, I.; Benzanilla-Morlot, A.; González, Y.; Gómez, Y.; Vichot, A.; Ferrer-Hernández, A. L.; Fernández, C.; Sierra-Lorenzo, M.; Bárcenas, M. & Pérez, A. 2014. *Estudio de factibilidad para la asimilación e implementación de modelos numéricos para el pronóstico estacional de la lluvia*. Informe Final de Proyecto, no. 600.204.17, Habana, Cuba. Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología, 51 p.
- Andres, N.; Vegas Galdos, F.; Lavado Casimiro, W. S. & Zappa, M. 2013. Water resources and climate change impact modelling on a daily time scale in the Peruvian Andes: 2043-2059.
- Antonio Gil Olcina & Jorge Olcina Cantos 2017. *Tratado de climatología*. España. Universidad de Alicante., 952 p., ISBN: 84-9717-519-0.
- Argüeso, D.; Hidalgo-Muñoz, J. M.; Gámiz-Fortis, S. R.; Esteban-Parra, M. J.; Dudhia, J. & Castro-Díez, Y. 2011. Evaluation of WRF Parameterizations for Climate Studies over Southern Spain Using a Multistep Regionalization. *Journal of Climate*,

- 24(21): 5633-5651, ISSN: 0894-8755, 1520-0442, DOI: [10.1175/JCLI-D-11-00073.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00073.1).
- Barcenas-Castro, M. & Borrajero-Montejo, I. 2012. Análisis del comportamiento del gradiente de radiación en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 18(2): 125-137.
- Barry, R. G. 2008. *Mountain Weather and Climate*. Boulder, USA: Cambridge University Press, 532 p., ISBN: 978-0-521-68158-2.
- Barry, R. G. & Seimon, A. 2000. Research for Mountain Area Development: Climatic Fluctuations in the Mountains of the Americas and Their Significance: 364-370.
- Baza-Pacho, R. 2015. *Caracterización climática de valle intramontano. Valle de Caujerí: Estación Meteorológica 78319*. Inédito. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo. Guantánamo, Cuba., 17 p.
- Baza-Pacho, R.; Fernández-Hernández, A. & Peña-de la Cruz, A. 2005. *Caracterización climática de la provincia Guantánamo*. Inédito. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo. Guantánamo, Cuba., 21 p.
- Boytel-Jambú, F. 1972. *Geografía Eólica de Oriente*. Editorial Oriente. Archivo del Centro Meteorológico Provincial Guantánamo., 356 p
- Centella-Artola, A. D.; Gutiérrez-Pérez, T.; M, M. & Rivero Jasper, R. J. 1999. Climate change scenarios for impact assessment in Cuba. *Climate Research*, 12(2-3): 223-230, ISSN: 1616-1572.
- Centella-Artola, A. D.; Naranjo, L. & Fonseca, C. 2001. Desarrollo de una rejilla de datos mensuales de temperatura y precipitación para la república de Cuba en el periodo 1961 - 1990. *Boletín de SOMETCUBA*, 7(1): 8.
- Centella-Artola, A. D.; Naranjo, L.; Paz, L. R.; Cárdenas, P.; Lapinel, B.; Ballester, M.; Pérez, R.; Alfonso, A.; González, C.; Limia, M. & Sosa, M. 1997. *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. La Habana, Cuba: Archivo Instituto de Meteorología.
- Choisnel, E. 1981. "Notions d'échelle en climatologie". *La météorologie*, VII(4): 44-52. Archivo del Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 95 p
- Cutié, V. & Lapinel, B. (eds.). 2013. *La sequía en Cuba. Un texto de referencia*. La Habana, Cuba: Monografía, Proyecto 1/OP-15/GEF, Archivo del Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 358 p.
- Delgado-Téllez, R. & Peña-de la Cruz, A. 2019. Cartografía de variables climáticas basada en gradientes, sistemas de expertos y SIG. *Revista Cubana de Meteorología*, 25(2): 181-190, ISSN: 0864-151X.
- Díaz, L. R. 1983. *Influencia de la Orografía sobre distribución de las precipitaciones en Cuba*. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo. Guantánamo, Cuba., 102 p
- FAO 2015. "Montañas y recursos hídricos". <http://www.fao.org/docrep/w9300s/w9300s08.htm>.
- Fernando, H. J. S.; H. P.; Katopodes, F.; Pardyjak, E.; Dunn, P.; Pratt, T.; Hoch, S.; Steenburgh, J.; Whiteman, D.; Pu, Z.; & F.J. de Wekker, S. 2017. *Mountain Terrain Atmospheric Modeling and Observations (MATERHORN) Program*. Reporte Final del Programa, no. N00014-11-1-0709, Notre Dame, Estados Unidos.: University of Notre Dame, 43 p.
- Flohn, H. 1979. Climatology as a Geophysical Science. *Climate Monitor*, Special Edition: 10-18. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba
- Geiger, R.; Aron, R. H. & Todhunter, P. 2003. *The Climate Near the Ground*. sixth edition ed., Lanham, MD, USA: Rowman and Littlefield Publishers, ISBN: 978-3-322-86582-3.
- González, A. E. & Lora, B. 1987. *Régimen de lluvia en la pluvisilva Submontana de Cuba*. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.
- Hernández-Sosa, M. 2016. *Influencia de los factores físico-geográficos en la configuración espacio-temporal de la lluvia en la Sierra Maestra y las provincias La Habana y Mayabeque*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Geografía Habana, Cuba.: Facultad de Geografía, Universidad de la Habana. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.
- IPCC 1995. *Segundo Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 1995*. Evaluación técnica y científica, no. 2do, Ginebra, Suiza: OMM. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.
- IPCC 2001. *Tercer Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2001*. Evaluación técnica y científica, no. 3er, Ginebra, Suiza: OMM. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.
- IPCC 2008. *Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2007*. Evaluación técnica y científica, no. 4to, Ginebra, Suiza: OMM. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.
- IPCC 2015. *Quinto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2013-2014*. Evaluación técnica y científica, no. 5to, Ginebra, Suiza: OMM. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.
- Landsberg, H. E. 1981. *The Urban Climate*. ilustrada, reimpresión ed., Elsevier Science, 275 p., ISBN: 0-12-435960-4. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 326 p.
- Lapinel, B. 1988. *La circulación atmosférica y las características espacio temporales de las lluvias en Cuba*. Tesis opción al grado científico de candidato

- a Doctor en Ciencias Geográficas., Camagüey, Cuba, 170 p.
- Lecha, L. B. & Florido, A. 1989. *Principales características climáticas del régimen térmico del archipiélago cubano*. Habana, Cuba.: Editorial Academia, Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 98 p.
- Lecha, L. B.; Paz, L. R. & Lapinel, B. 1994. *El Clima de Cuba*. La Habana, Cuba.: Editorial Academia, Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 186 p.
- Liu, P.; Qiu, X.; Yang, Y.; Ma, Y. & Jin, S. 2018. Assessment of the Performance of Three Dynamical Climate Downscaling Methods Using Different Land Surface Information over China. *Atmosphere*, 9(3): 101, ISSN: 2073-4433, DOI: [10.3390/atmos9030101](https://doi.org/10.3390/atmos9030101).
- Liu, Y.; Xie, L.; Morrison, J. M. & Kamykowski, D. 2013. Dynamic Downscaling of the Impact of Climate Change on the Ocean Circulation in the Galápagos Archipelago. *Advances in Meteorology*, 2013: 1-18, ISSN: 1687-9309, 1687-9317, DOI: [10.1155/2013/837432](https://doi.org/10.1155/2013/837432).
- Martínez-del Castillo, E.; Serrano, R.; Novak, K. S.; Longares, L. A.; Creegan, E. D.; Martín-de Arrillaga, L. & Saz-Sánchez, M. A. 2012. Cuantificación de los gradientes climáticos altitudinales en la vertiente norte del macizo del Moncayo a partir de una nueva red de estaciones automáticas en altura. In: Available: <<http://hdl.handle.net/20.500.11765/8316>>.
- Montenegro, U. 1989. *Procedimientos metodológicos para la investigación y caracterización del clima en las montañas de Cuba*. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 32 p.
- Montenegro, U. 1991. *Estudios de las condiciones climáticas de las cuencas de los ríos Toa y Duaba de la Provincia Guantánamo para el Informe climático solicitado para la explotación del Complejo Hidroeléctrico Toa-Duaba*. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 69 p.
- Montenegro, U. 1993. *Caracterización Climática de las montañas de la región oriental de Cuba*. Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 54 p.
- Oke, T. R. 1987. *Boundary Layer Climates*. Second edition ed., Routledge, London: Taylor & Francis e-Library, ISBN: 0-203-40721-0.
- OMM 2011a. *Guía de prácticas climatológicas*. (ser. OMM-Nº 100), Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial (OMM), ISBN: 978-92-63-30100-0.
- OMM (ed. ser.). 2011b. *Marco mundial para los servicios climáticos: potenciar la capacidad de los más vulnerables*. (ser. Informe del equipo especial de alto nivel sobre el marco mundial para los servicios climáticos), Resumen Ejecutivo., no. Nº 1066, Ginebra, Suiza.: Organización Meteorológica Mundial., 12 p.
- Peña-de la Cruz, A.; Delgado-Téllez, R.; Montenegro, U.; Rodríguez-Montoya, L.; Savon-Vaciano, Y.; Baza-Pacho, R. & Hernández-Turcáz, R. 2017. *Metodología de monitoreo y evaluación de las variables y factores formadores del clima para una línea base climática de los ecosistemas de montañas en la región oriental de Cuba*. Informe de Proyecto, no. P211LH007-016, Habana, Cuba.: INSMET, Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 137 p.
- Peña-de la Cruz, A.; Moya-Álvarez, A. S. & Delgado-Téllez, R. 2013. Patrones Sinópticos que generan lluvias intensas que producen inundaciones en el municipio de Baracoa. *Revista Cubana de Meteorología*, 19(2), ISSN: 0-864-151-1.
- Pérez-Rivas, G. & Hidalgo-Mayo, A. 2016. Regionalización climática de la provincia de Holguín. *Revista Cubana de Meteorología*, 22(1): 39-48.
- Planos-Gutiérrez, E.; Boudet, D.; Gonzalez, I.; Carrillo, E.; Hernández, M. & al., et. 2012. *Atlas Climático de Cuba*. digital, Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, Archivo Centro del Clima, INSMET.
- Planos-Gutiérrez, E.; Guevara-Velasco, V. & Rivero-Vega, R. 2013. *Impacto del Cambio Climático en Cuba y medida de Adaptación*. La Habana, Cuba.: Editorial AMA., ISBN: 978-959-300-039-0.
- Portela, A. H. 1989. "Geomorfología 1:1000000". In: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*., Instituto de Geografía de la Academia de Ciencia de Cuba y por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía ed., Habana, Cuba.: Academia de Ciencia de Cuba, Archivo Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., p. 300.
- Ramallo, C. 2013. Caractérisation du régime pluviométrique et sa relation à la fonte du glacier de Zongo. In: Grenoble, France, Université Joseph Fourier.
- Roque-Rodríguez, A.; Ferrer-Hernández, A. L.; Borrajero-Montejo, I. & Sierra-Lorenzo, M. 2016. Pronóstico de viento a corto plazo utilizando el modelo WRF en tres regiones de interés para el Programa Eólico Cubano. *Revista Cubana de Meteorología*, 22(2): 164-187, ISSN: 0864-151X.
- Roque-Rodríguez, A.; Montenegro, U. & Peña-de la Cruz, A. 2018. Particularidades del viento en la región oriental del país. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(3): 335-348, ISSN: 0864-151X.
- Solano, O.; Menéndez, C.; Vázquez, R. J.; Menéndez, J. A.; Burgo, T.; Osorio, M. & González, M. 2003. Zonificación de la precipitación en Cuba" *Revista Cubana de Meteorología*, 10(2): 9-19, ISSN: 0864-151X.

- Solano, O.; Vázquez, R. & Centella-Artola, A. D. 2007. *Monografía de la sequía en Cuba. Componente Agroclimatológico*. La Habana, Cuba.: Centro de Agroclimatología, Instituto de Meteorología.
- Trusov, I. I. & Davitaya, F. 1965. *Los recursos climáticos de Cuba*. La Habana, Cuba.: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Archivo del Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 89 p.
- UNESCO 2013. Conservación y desarrollo sostenible en zonas de montaña.
https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_5692.pdf.
- Vázquez, R. & Solano, O. 2013. Modelación espacial de la lluvia y la evapotranspiración teniendo en cuenta parámetros geográficos. *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio.*, 14(1), ISSN: 1729-3790.
- Viña-Vallés, N. 2001. *Diversidad Biológica de los Macizos Montañosos Sierra Maestra Y Nipe-Sagua-Baracoa*. Santiago de Cuba, Cuba: BIOECO. Archivo del Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba., 89 p.
- Yoshino, M. M. 1975. *Climate in a Small Area. An Introduction to Local Meteorology*. Tokyo, Japón.: University of Tokyo Press., 549 p.

Arisleidys Peña-de la Cruz. Centro Meteorológico Provincial (CMP) Guantánamo, Cuba. E-mail:arisdelaacruz1977@gmail.com

Ricardo Delgado Téllez. Centro de Desarrollo de la Montaña, Guantánamo, Cuba.

Antonio Vladimir Guevara Velazco. Instituto de Meteorología, sede (INSMET), La Habana, Cuba.

Loexis Rodríguez Montoya. Centro Meteorológico Provincial (CMP) Guantánamo, Cuba.

Yusmira Savon Vaciano. Centro Meteorológico Provincial (CMP) Guantánamo, Cuba.

Conflictos de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses

Contribución de autores: Arisleidys Peña-de la Cruz, Ricardo Delgado Téllez y Antonio Vladimir Guevara Velazco concibieron la idea de la investigación. Arisleidys Peña-de la Cruz, Loexis Rodríguez Montoya y Yusmira Savon Vaciano digitalizaron y procesaron los datos. Ricardo Delgado Téllez y Arisleidys Peña-de la Cruz crearon las figuras y tablas. Arisleidys Peña-de la Cruz analizó los resultados y escribió el manuscrito. Todos los autores contribuyeron en la revisión de los antecedentes e igualmente en la revisión y edición del manuscrito

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/)

ANEXO. Estudios del clima de montaña en Cuba, periodo 1965-2020, indicadores: escalas espaciales, factores climático-geográficos y elementos del clima.

Referencias	Escalas espaciales				Factores climático geográficos				Elementos del clima				
	Micr	C. Loc	Meso	Macr	O. Lad	D. Mar	Alt	F. Rel	T	P	V	I	Otrs
(Trusov & Davitaya, 1965)			X				X		X	X			
(Boytel-Jambú, 1972)	X	X	X		X	X	X	X			X	X	
(Díaz, 1983)			X				X			X			
(González & Lora, 1987)			X				X			X			
(Lapinel, 1988)			X				X			X			
(Lecha y Florido, 1989)			X				X		X				
(Montenegro, 1989)		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Montenegro, 1991)		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Montenegro, 1993)		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Lecha <i>et al.</i> , 1994)			X				X		X	X	X	X	
(Centella-Artola <i>et al.</i> , 1997)			X				X			X			
Centella-Artola <i>et al.</i> , 2001)			X				X		X	X			
(Viña-Vallés, 2001)		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Solano <i>et al.</i> , 2003)			X				X			X			
(Baza-Pacho <i>et al.</i> , 2005)		X					X		X	X	X		
(Solano <i>et al.</i> , 2007)			X				X		X	X	X		
(Álvarez & Mercadet, 2012)			X				X		X	X	X		
(Planos-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2012)			X				X		X	X	X	X	
(Barcenas-Castro & Borrajero-Montejo, 2012)			X				X					X	
(Peña-de la Cruz <i>et al.</i> , 2013)			X				X			X			
(Planos-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2013)			X		X		X		X	X			
(Cutié & Lapinel, 2013)			X				X		X	X	X		
(Vázquez & Solano, 2013)			X		X		X	X	X	X	X		
(Hernández-Sosa, 2016)			X				X			X			
(Pérez-Rivas & Hidalgo-Mayo, 2016)		X	X			X	X		X	X	X		X
(Peña-de la Cruz <i>et al.</i> , 2017)		X			X	X	X	X	X				
(Roque-Rodríguez <i>et al.</i> , 2018)		X			X	X	X	X			X		
(Alonso <i>et al.</i> , 2018)			X				X				X		
(Delgado-Téllez & Peña-de la Cruz, 2019)		X			X	X	X	X	X				