



# ESTUDIOS DE CLIMA DE MONTAÑA EN CUBA. EL CLIMA DE MONTAÑA A ESCALA LOCAL

## MOUNTAIN WEATHER STUDIES IN CUBA. MOUNTAIN WEATHER AT LOCAL SCALE

MSc. ARISLEIDYS PEÑA DE LA CRUZ<sup>1</sup>, DR.C. RICARDO DELGADO TÉLLEZ<sup>2</sup>, MSc. VLADIMIR GUEVARA VELASCO<sup>3</sup>,  
MSc. LOEXIS RODRÍGUEZ MONTOYA<sup>1</sup>, MSc. YUSMIRA SAVON VACIANO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Meteorológico Provincial (CMP), Guantánamo, Cuba. E-mail: [aris.delacruz@gtm.insmet.cu](mailto:aris.delacruz@gtm.insmet.cu)

<sup>2</sup>Órgano de Atención Integral a las Montañas Nipe Sagua Baracoa, Cuba.

<sup>3</sup>Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

Palabras clave:	Resumen
Clima local Topoclima Cuba gradientes modelos numéricos	La presente investigación aborda los antecedentes de los estudios de clima de montaña realizados en Cuba. En la misma se identifican y resumen los conceptos y métodos relacionados con los estudios de montaña en el ámbito internacional y nacional, con énfasis en los realizados a escala local o topoclimáticos. Se consideró el tratamiento dado a los indicadores escala, factores climáticos geográficos y elementos del clima en estas investigaciones durante los últimos 55 años en Cuba. Se identificó que la generalidad de los estudios en este campo han sido realizado a escala espacial mesoclimática. La altura, como factor climático geográfico fue analizada en todos los estudios y el elemento climático más investigado ha sido la precipitación. El método utilizado generalmente para este tipo de estudio por los autores consultados es el análisis de gradientes. Este estudio identifica los modelos numéricos atmosféricos regionales y reanálisis climáticos globales como opciones con altas potencialidades para la investigación de la dinámica del clima local en las montañas de Cuba.
Keywords:	Abstract
Local climate Topoclimate gradients numerical models	This research addresses the background of climate studies conducted in the mountains of Cuba. It summarizes the concepts and methods used in mountain climate research by Cuban and international researchers, with focus on those carried out at local or topoclimatic scale in Cuba. The treatment given to the scale indicators, geographical climatic factors and climate elements in these investigations during the last 55 years in Cuba was considered. Results shows that the generality of the studies focused in mesoclimatic scale. Altitude, as a geographical climatic factor, was analyzed in all of the studies and the most researched climatic element has been precipitation. The method of choice for the majority of the scholars on the field in Cuba was gradient analysis. This research found the regional atmospheric numerical models and global climate reanalysis as promising research options for the increase knowledge of local climate dynamics of Cuban mountains.

### 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 ambientales, 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).

Recibido: 20 de julio de 2020

Aceptado: 16 de noviembre de 2020

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Las regiones montañosas constituyen uno de los ecosistemas más sensibles al cambio climático y están siendo afectadas a un ritmo más rápido que los otros hábitats terrestres (Barry, 2008; Ramallo, 2013). Existen referencias de la indudable importancia y complejidad de las montañas en el equilibrio climático del planeta y su susceptibilidad ante el cambio climático (OMM, 2011; UNESCO, 2013; FAO, 2015; IPCC, 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). Gil y Olcina (2017) afirman en su *Tratado de Climatología*, que el estudio del clima de las montañas medias y pequeñas es una de las lagunas con que aún hoy cuentan los análisis climáticos a nivel global. En el caso del archipiélago cubano, la dinámica del clima en las montañas afecta una porción significativa de los recursos naturales y medioambientales. En especial las lluvias orográficas son una de las fuentes fundamentales de recursos hídricos para el país. Estos aspectos resaltan la necesidad de un conocimiento más preciso del clima en estos ecosistemas.

La presente investigación aborda los antecedentes de los estudios de montaña en Cuba. En la misma se resumen los conceptos y métodos relacionados con los estudios de montaña referenciados en el ámbito internacional y nacional, con énfasis en los realizados a escala local.

## Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo se realizó una revisión bibliográfica de estudios climáticos en montaña publicados en el ámbito internacional y nacional. Como marco teórico se adoptaron los conceptos y métodos referenciados en estos estudios, particularizando en los estudios climáticos a escala local en montañas medias y pequeñas de regiones tropicales e insulares.

Fueron analizadas las investigaciones del clima en Cuba en los últimos 55 años, cuyo objeto de estudio estuvo relacionado con la dinámica del clima en las montañas, aunque haya sido de manera parcial. Se tomaron en consideración desde el punto de vista geográfico, las realizadas en montañas medianas, montañas bajas, pequeñas premontañas y las alturas tectónico-litológicas (Portela, 1989; Acevedo, 1992). Se consideró el tratamiento dado en estas investigaciones a los indicadores: escala, factores climáticos geográficos y elementos del clima según la definición de la OMM (OMM, 2011).

## Resultados y Discusión

El clima es estudiado a diferentes escalas temporal y espacial (horizontal y vertical). La Organización Meteorológica Mundial (OMM) sugiere, como mínimo, series temporales climáticas de 30 años para la caracterización del clima a partir de un conjunto de datos (OMM, 2011). Se asume que esta serie cronológica es representativa de la población de la que se extrae y describe tendencias, persistencia, oscilaciones periódicas y cuasiperiódicas, irregularidades y otras particulares que caracterizan el clima del área de estudio. Según las escalas espaciales de análisis del clima, varios autores la dividen en microclima, clima local, mesoclima y macroclima (Yoshino, 1975; Oke, 1987; Geiger, *et al.*, 2003; Barry, 2008).

Lecha *et al.*, (1994) asevera que la interacción entre el régimen de radiación, la circulación atmosférica y los factores geográficos, determinan las condiciones físicas objetivas que definen los rasgos climáticos. Además, si bien la interacción del régimen de radiación y la circulación general de la atmósfera sobre Cuba tienen una representación estacional dentro de los mecanismos climáticos de macroescala, la influencia de los factores climáticos geográficos asigna una peculiaridad local a dicho proceso. En áreas montañosas de Cuba el comportamiento climático es afectado por combinaciones de factores climáticos geográficos como la altura sobre el nivel del mar, forma del relieve y distancia al mar o efecto de continentalidad. Otro factor climático geográfico significativo en regiones montañosas es la orientación de la ladera con respecto a dirección predominante del viento (sotavento, barlovento) y con respecto a la trayectoria aparente del sol (solana, umbría) (Boytel, 1972; Montenegro, 1993; Peña-de la Cruz, *et al.*, 2017; Roque, *et al.*, 2018c, 2018a)

En esta investigación se consideraron 25 estudios relacionados con la dinámica del clima en las montañas, realizados parcial o completamente por el Sistema Meteorológico de Cuba en los últimos 55 años (ver Anexo).

En los estudios analizados, la generalidad se ha realizado a escala espacial mesoclimática. La altitud, como factor climático geográfico, ha sido analizada en el cien por ciento de los estudios de clima de montaña en Cuba. De los elementos climáticos la precipitación ha concentrado la mayor parte de las investigaciones seguido por la temperatura (tabla 1).

### Estudios del Topoclima en Cuba

Para definir los estudios climáticos a escala local en zonas montañosas se utilizaron los conceptos de microclima y topoclima propuestos por Geiger (Geiger, 2003). Las definiciones de topoclima varían atendiendo a criterios de extensión espacial (Gil & Olcina, 2017). No obstante, un elemento en común de todas estas definiciones es el que

**Tabla 1.** Resumen del tratamiento dado a los indicadores escala, factores climáticos geográficos y elementos del clima, en los estudios climáticos de montaña en Cuba.

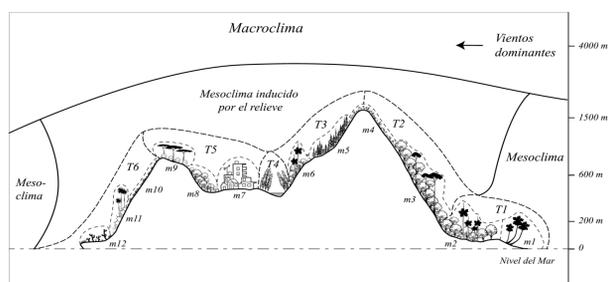
Indicadores	Clases	Totales de estudios que lo abordan
Escala espacial	Microclima	1
	Clima local	6
	Mesoclima	20
	Macroclima	0
Factores climáticos geográficos.	Orientación de la ladera	7
	Distancia al mar	5
	Altitud	25
	Forma del relieve	6
Elementos climáticos	Temperatura	15
	Precipitación	19
	Viento	11
	Insolación	5

define el topoclina como las 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 como definición de topoclina la propuesta por Yoshino (1975) que señala una escala horizontal de 10 m a 10000 m y una escala vertical entre 0.1 m a 1000 m. La Figura 1 muestra un ejemplo idealizado de la relación entre macroclima, mesoclima, topoclina y microclimas como se entiende en este estudio. (figura 1).

La literatura identifica tres metodologías básicas para los estudios de topoclina:

1. Utilización de datos de monitoreo (convencional o automático) para evaluación del comportamiento de las variables climáticas del área objeto de estudio (Baza, 2015).
2. Instalación de una red de puntos de monitoreo temporal para determinar gradientes que describan en el comportamiento de las variables climáticas (Montenegro, 1993).
3. Modelos numéricos que simulan el comportamiento de la atmósfera en la región de estudio (Fernando, *et al.*, 2017).

La utilización directa de datos de monitoreo es la más directa y simple de las metodologías utilizadas. No obstante estas ventajas se convierten en las principales limitaciones



**Figura 1.** División climática por escalas espaciales: microclimas (m), escala local/topoclimas (T), mesoclima (M) y macroclimas, para el análisis de las montañas. Basado en Yoshino (1975).

de uso este método en estudios topoclimáticos. Por sus objetivos y costo, las redes superficiales de monitoreo meteorológico generalmente, no están diseñada para estudios a escala local (Afrizal & Surussavadee, 2018).

El procedimiento de gradientes ha sido el más utilizado en los estudios topoclimáticos en Cuba. El estudio topoclimático más extenso de este tipo en tiempo cronológico, alcance territorial, factores y elementos climáticos analizados, fue realizado en las décadas de los 80-90 del siglo XX (Montenegro, 1993).

A pesar de su utilidad, este método de estudio del topoclina presenta algunas limitaciones. El uso de gradientes implica una generalización de la relación entre el comportamiento local de una variable climática con relación a un factor formador del clima, como altura sobre el nivel del mar o continentalidad, el cual es difícil de evaluar sistemáticamente. Adicionalmente se asume un comportamiento constante en el tiempo de las relaciones identificadas, lo que es cada vez más cuestionable en un contexto de clima cambiante. Finalmente, la necesidad de campañas específicas para mediciones en superficie, debido a la baja densidad de estaciones meteorológicas en las regiones montañosas y la poca correlación entre ellas, especialmente en las montañas ubicadas en regiones tropicales insulares como Cuba, introduce limitaciones logísticas.

El desarrollo científico y tecnológico de las últimas décadas permite considerar el uso de los modelos numéricos atmosféricos a mesoescala como herramienta de análisis climático (Fonseca & Martín-Torres, 2018). Estos modelos han mantenido un desarrollo sostenido a lo largo de este siglo, con varios reanálisis globales en funcionamiento alimentados de bases de datos climáticas con altas potencialidades para estudios topoclimáticos (Fernando *et al.*, 2017).

En Cuba los modelos numéricos atmosféricos regionales han sido empleados generalmente con objetivos operativos (Turtos, *et al.*, 2013; Sierra-Lorenzo, *et al.*, 2014, 2015; Álvarez-Escudero, *et al.*, 2014; Mayor & Mesquita, 2015; Moya & Ortega 2015, 2017; Roque, *et al.*, 2016, 2018a;

Alvarez-Escudero, 2017; Álvarez-Escudero, & Borrajero, 2018; Varona-González, *et al.*, 2018; Verde *et al.*, 2018) y en modelación de proyecciones climáticas futuras o escenarios de cambio climático (Centella, *et al.*, 1999; Fonte, *et al.*, 2014; Alonso, *et al.*, 2018). Sin embargo, finalizando la segunda decena del siglo XXI, no se había considerado el uso de los modelos numéricos atmosféricos regionales para estudios topoclimáticos. La aplicación de este método está actualmente limitada por los requerimientos de procesamiento y almacenamiento computacional necesarios para la escala de detalles que se precisa en los análisis de topoclimas.

### Conclusiones y Recomendaciones

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 identificados en este campo la mayor parte se han realizado a escala espacial mesoclimática. La altitud, como factor climático geográfico, ha sido analizada en el cien por ciento de los estudios de clima de montaña en Cuba y el elemento climático más investigado ha sido la precipitación.

Los estudios topoclimáticos en Cuba han utilizado mayormente el análisis de gradientes como método de investigación. El desarrollo científico y tecnológico de las últimas décadas permite contar con modelos numéricos atmosféricos regionales y reanálisis climáticos globales con altas potencialidades para estudios topoclimáticos.

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

Cuba, en las condiciones actuales de limitada capacidad tecnológica, podría aprovechar una propuesta metodológica que integre las potencialidades de los métodos enunciados y minimice las limitaciones identificadas.

### 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 “Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación” Los autores quieren agradecer 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*. 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.
- Alonso, Y.; Bezanilla, A.; Roque, A.; Centella, A.; Borrajero, I. & Martínez, Y. 2018. Wind resource assessment of Cuba in future climate scenarios. *Wind Engineering*, : 0309524X1878039, ISSN: 0309-524X, 2048-402X.
- 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.
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero, 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, I.; Bezanilla, A.; González, Y.; Gómez, Y.; Vichot, A.; Ferrer, A.; 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.
- Barry, R. 2008. *Mountain Weather and Climate*. Boulder, USA: Cambridge University Press, 532 p., ISBN: 978-0-521-68158-2. Barry, R. 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, R. 2015. *Caracterización climática de valle intramontano. Valle de Caujerí: Estación Meteorológica 78319*. Fondo Bibliográfico Centro Meteorológico Provincial Guantánamo. Informe a Programa Nacional Ciencia e Innovación Tecnológica. CITMA, 56 p.
- Baza, R.; Hernández, A. & Peña-de la Cruz, A. 2005. *Caracterización climática de la provincia Guantánamo*. Guantánamo, Cuba.: Fondo Bibliográfico Centro Meteorológico Provincial Guantánamo. Informe a

- Programa Nacional Ciencia e Innovación Tecnológica. CITMA, 72 p.
- Boytel, F. 1972. *Geografía Eólica de Oriente*. Editorial Oriente. 246 p.
- Castro, M. B. & Montejo, I. B. 2012. Análisis del comportamiento del gradiente de radiación en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 18(2): 125-137.
- Centella, A.; Gutiérrez, T.; Limia, M. & Rivero, R.J. 1999. "Climate change scenarios for impact assessment in Cuba.". *Climate Research*, 12(2-3): 223-230, ISSN: 1616-1572.
- Centella, A.; Naranjo, L. & Fonseca, Cecilia 2001. "Desarrollo de una rejilla de datos mensuales de temperatura y precipitación para la república de Cuba en el período 1961 - 1990.". *Boletín de SOMETCUBA*, 7(1): 8.
- Centella, A.; 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: Instituto de Meteorología.
- Choisnel, E. 1981. "Notions d'échelle en climatologie". *La météorologie*, VII(4): 44-52.
- Cutié, Virgen & Lapinel, B. (eds.). 2013. *La sequía en Cuba. Un texto de referencia*. La Habana, Cuba: Monografía, Proyecto 1/OP-15/GEF, 358 p.
- Delgado, 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*. Fondo Bibliográfico del Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. Informe a la Academia de Ciencia de Cuba. 21 p.
- FAO 2015. "Montañas y recursos hídricos". <http://www.fao.org/docrep/w9300s/w9300s08.htm>.
- Fernando, J.S.; Joshua, P. H.; 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.
- Fonseca, R. & Martín-Torres, F. J. 2018. "High-resolution dynamical downscaling of re-analysis data over the Kerguelen Islands using the WRF model". *Theoretical and Applied Climatology*, 135p
- Fonte, A.; Rivero, R.E. & Rivero, R.R. 2014. "Escenarios de cambio climático para la energía solar y eólica durante el siglo XXI". *Cubasolar*.
- 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.
- Gil Olcina, A & Olcina Cantos, J 2017. *Tratado de climatología*. España.: Universidad de Alicante., 952 p., ISBN: 84-9717-519-0.
- González, E. A. & Lora, B. 1987. *Régimen de lluvia en la pluvisilva Submontana de Cuba*. Fondo Bibliográfico del Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. Informe a la Academia de Ciencia de Cuba.
- Helmut E. Landsberg 1981. *The Urban Climate*. ilustrada, reimpressa ed., Elsevier Science, 275 p., ISBN: 0-12-435960-4.
- Hernández-Sosa, M. 2016. *Influencia de los factores fisico-geográficos en la configuración espacio-temporal de la lluvia en la Sierra Maestra y las provincias La Habana y Mayabeque*. Habana, Cuba.: Universidad de la Habana.
- IPCC 2015. *Quinto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2013-2014*. Evaluación técnica y científica, no. 5to, Ginebra, Suiza: OMM.
- Lapinel, B. 1988. *La circulación atmosférica y las características espacio temporales de las lluvias en Cuba*. Tesis opción científico de candidato a Doctor en Ciencias Geográficas., Camagüey, Cuba, 170 p.
- Lecha, L. B. & Trujillo, A. F. 1989. *Principales características climáticas del régimen térmico del archipiélago cubano*. Habana, Cuba.: Editorial Academia.
- Lecha, L.B.; Paz, L.R. & Lapinel, B. 1994. *El Clima de Cuba*. La Habana, Cuba.: Editorial Academia, 186 p.
- Mayor, Y. G. & Mesquita, M. D. 2015. "Numerical Simulations of the 1 May 2012 Deep Convection Event over Cuba: Sensitivity to Cumulus and Microphysical Schemes in a High-Resolution Model.". *Advances in Meteorology*, 2015: 16, ISSN: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/973151>.
- Montenegro, U. 1991. *Estudios de las condiciones climáticas de las cuencas del los ríos Toa y Duaba de la Provincia Guantánamo para el Informe climático solicitado para la explotación del Complejo Hidroeléctrico Toa-Duaba*. Fondo Bibliográfico del Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba. Informe a la Academia de Ciencia de Cuba, 56 p.
- Montenegro, U. 1993. *Caracterización Climática de las montañas de la región oriental de Cuba*. Fondo Bibliográfico del Centro Meteorológico Provincial Santiago de Cuba, Cuba. Informe a la Academia de Ciencia de Cuba, 89 p.
- Moya Álvarez, A. S. & Ortega León, J. M. 2015. "Aplicación del modelo meteorológico WRF para el pronóstico de precipitaciones en período lluvioso de Cuba, 2014.". *Apuntes de Ciencias Sociales*, 05(01).

- ISSN: 2225-5141, 2225-515X, DOI: 10.18259/acs.2015021.
- Moya Álvarez, A. S. & Ortega León, J. M. 2017. *Utilización del modelo meteorológico WRF\_ARW con fines operativos y de investigación en la zona montañosa de la región oriental de Cuba*. Informe Final Proyecto., no. P211LH007-016, Habana, Cuba.: INSMET, 20 p.
- Oke T.R. 1987. *Boundary Layer Climates*. Second edition ed., Routledge, London: Taylor & Francis e-Library, ISBN: 0-203-40721-0.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2011. *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. N° 1066, Ginebra, Suiza.: Organización Meteorológica Mundial., 12 p.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (ed.). 2011. *Guía de prácticas climatológicas*. (ser. OMM-N° 100), Ginebra, Suiza, ISBN: 978-92-63-30100-0.
- Peña-de la Cruz, A.; Delgado, R.; Montenegro, U.; Rodríguez, L.; Savon, Y.; Baza, R. & Hernández, 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, 137 p.
- Peña-de la Cruz, A.; Moya, A.S. & Delgado, R. 2013. "Patrones Sinópticos que generan lluvias intensas que producen inundaciones en el municipio de Baracoa.". *Revista Cubana de Meteorología.*, 19(2), ISSN: 0864-1511.
- Planos, E.; Boudet, D.; Gonzalez, I.; Carrillo, E.; Hernández, M. & al., et. 2012. *Atlas Climático de Cuba*. digital, Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias. Cuba, 108p.
- Planos, E.; Guevara, V. & Rivero, 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, 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.
- Richards, K. & Baumgarten, M. 2003. "Towards Topoclimate Maps of Frost and Frost Risk for Southland, New Zealand.". In: *SIRC 2003 - The 15th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre University of Otago.*, 1 December, Dunedin, New Zealand.
- Roque, A.; Ferrer, A.; Borrajero, 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, A.; Ferrer, A.; Borrajero, I. & Sierra-Lorenzo, M. 2018a. "Elaboración de pronóstico energético a corto plazo para parques eólicos". *Revista de Ingeniería Energética*, 39(2): 115-122.
- Roque, A.; Montenegro, U. & Peña-de la Cruz, A. 2018b. "Particularidades del viento en la region oriental del país". *Revista Cubana de Meteorología*, 24(3): 335-348, ISSN: 0864-151X.
- Sarmiento, G. 1986. "Los principales gradientes ecoclimaticos en los Andes tropicales.". In: *Ecología de Tierras Altas.*, Annales del IV Congreso Latinoamericano de Botanico., pp. 47-64.
- Sierra-Lorenzo, M.; Ferrer, A.; Hernández, R.; González, Y.; Cruz, R.C.; Borrajero, I. & Rodríguez, C.F. 2014. *Sistema de Predicción a muy corto plazo basado en el Acoplamiento de Modelos de Alta Resolución y Asimilación de Datos*. Informe de Proyecto, Habana, Cuba.: Instituto de Meteorología., 71 p.
- Sierra-Lorenzo, M.; Ferrer, A.; Valdés, R.; González, Y.; Cruz-Rodríguez, R.C.; Borrajero, I.; Rodríguez, C.F.; Quintana-Rodríguez, N. & Roque, A. 2015. *Sistema automático de predicción a mesoescala de cuatro ciclos diarios*. Unpublished.
- Solano O.; C. Menéndez; R.J. Vázquez; J.A. Menéndez; T. Burgo; M. Osorio & M. González 2003. "Zonificación de la precipitación en Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*, 10(2): 9-19. ISSN: 0864-151X.
- Solano, O.; Vázquez, R. & Centella, A. 2007. *Monografía de la sequía en Cuba. Componente Agroclimatológico*. La Habana, Cuba.: Centro de Agroclimatología, Instituto de Meteorología.
- Trusov, I. & Davitaya, F. 1965. *Los recursos climáticos de Cuba*. La Habana, Cuba.: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.
- Turtos, L.; Capote, G.; Fonseca, Y.; Alvarez-Escudero, L.; Sanchez, M.; Bezanilla, A.; Borrajero, I.; Meneses, E. & Pire, S. 2013. "Assessment of the Weather Research and Forecasting model implementation in Cuba addressed to diagnostic air quality modeling.". *Atmospheric Pollution Research.*, 4(1): 64-74.
- UNESCO 2013. "Conservación y desarrollo sostenible en zonas de montaña". [https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc\\_pdf\\_5692.pdf](https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_5692.pdf).
- Varona-González, H.L.; Martínez-Serrano, L.; Pavón-López, J. & Hodelin-Shombert, H. 2018. "Estudio del

- oleaje generado por un huracán de categoría 5 en la costa sur de las provincias orientales de Cuba”.
- 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.
- Verde, A. V.; Rodríguez, R. C. C. & Rodríguez, A. R. 2018. “Evaluación del pronóstico de viento del modelo Weather Research Forecast (WRF) en torres de prospección eólica”. *Revista Cubana de Meteorología*, 21(2): 16-28. ISSN: 0864-151X.
- Yoshino, M.M. 1975. *Climate in a Small Area. An Introduction to Local Meteorology*. Tokyo, Japón.: University of Tokyo Press., 549 p.

**ANEXO:** Estudios relacionado con la dinámica del clima en las montañas, realizados parcial o completamente por el Sistema Meteorológico de Cuba en los últimos 55 años, y tratamiento dado a los indicadores escala, factores climáticos geográficos y elementos del clima.

Referencias	Escala			Factores climático geográficos				Elementos del clima				
	Microclima	Clima Local	Mesoclima	Macroclima	Orientación de la ladera	Distancia al mar	Altitud	Relieve	Temperatura	Precipitación	Viento	Insolación
Trusov & Davitaya, 1965			X				X		X	X		
Boytel, 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 & Trujillo, 1989			X				X		X			
Montenegro, 1991		X			X	X	X	X	X	X	X	X
Montenegro, 1993		X			X	X	X	X	X	X	X	X
Lecha, <i>et al.</i> , 1994			X				X		X	X	X	X
Centella, <i>et al.</i> , 1997			X				X			X		
Centella <i>et al.</i> , 2001			X				X		X	X		
Solano <i>et al.</i> , 2003			X				X			X		
Baza, <i>et al.</i> , 2005		X					X		X	X	X	
Solano <i>et al.</i> , 200)			X				X		X	X	X	
Álvarez & Mercadet, 2012			X				X		X	X	X	
Planos <i>et al.</i> , 2012			X				X		X	X	X	X
Castro & Montejo, 2012			X				X					X
Peña-de la Cruz, <i>et al.</i> , 2013			X				X			X		
Planos <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		
Peña-de la Cruz, <i>et al.</i> , 2017		X			X	X	X	X	X			
Alonso, <i>et al.</i> , 2018			X				X				X	
Delgado & Peña-de la Cruz, 2019		X			X	X	X	X	X			