

Análisis de las trayectorias de los ciclones tropicales en el golfo de México

Analysis of tropical cyclone trajectories in the Gulf of Mexico



<https://cu-id.com/2377/v31n3e02>

 Gleidys Caridad Marcelo García

Centro Meteorológico Provincial La Habana, Artemisa, Mayabeque, Cuba

RESUMEN: Se analizaron las trayectorias de los ciclones tropicales que se desplazaron por el Golfo de México durante el periodo 2000-2022, utilizando métodos estadísticos. Se realizó una discriminación de las trayectorias, basada en la región de formación de estos eventos, evaluando la influencia específica de la Corriente de Lazo en su traslación. Los datos fueron obtenidos de la base de datos de ciclones tropicales del Atlántico, HURDAT2. Se encontró una clara influencia de la Corriente de Lazo en la dirección de la trayectoria de los ciclones tropicales que impactan en la región del Golfo. Aquellos sistemas que interactúan intensamente con esta corriente tienden a seguir trayectorias más al norte o a desviarse hacia el este, mientras que otros, pueden mantener una trayectoria hacia el oeste, impactando las costas mexicanas.

Palabras clave: ciclón tropical, corriente de Lazo, golfo de México, trayectoria.

ABSTRACT: The trajectories of tropical cyclones that moved through the Gulf of Mexico during the period 2000-2022 were analyzed using statistical methods. A discrimination of the trajectories was performed, based on the formation region of these events, evaluating the specific influence of the Loop Current on their translation. The data were obtained from the Atlantic tropical cyclone database, HURDAT2. A clear influence of the Loop Current was found on the direction of the trajectory of tropical cyclones that impact the Gulf region. Those systems that interact intensely with this current tend to follow more northern trajectories or deviate to the east, while others may maintain a trajectory to the west, impacting the Mexican coasts.

Keywords: tropical cyclone, Loop current, gulf of Mexico, trajectory.

INTRODUCCIÓN

Un aspecto importante de la variabilidad de los ciclones tropicales en el golfo de México es el impacto que tienen las corrientes oceánicas y la estructura termohalina, teniendo en cuenta que constituyen una fuente significativa de calor y humedad para el desarrollo, intensificación y movimiento de éstos (Mitrani & Díaz, 2008; Mitrani *et al.*, 2024). Actualmente el desarrollo, evolución y trayectoria de los ciclones tropicales ocurre en un periodo de calentamiento global y cambio climático (Knutson *et al.*, 2020). Cualquier novedad en el conocimiento de la evolución espacio-temporal de los ciclones tropicales en el Golfo de México, con énfasis en la corriente de Lazo y su estructura termohalina, beneficia a las poblaciones de naciones aledañas al Golfo, con costas en el área y con frecuencia afectadas por ciclones tropicales, como son México, Cuba y los Estados Unidos (Mitrani *et al.*, 2024).

En el escenario actual, investigaciones recientes proyectan una frecuencia mayor de interacción con la superficie terrestre de los ciclones tropicales (Jewson, 2023), lo que ya ha comenzado a ocurrir. Valderá *et al.* (2024), encontraron que más del 70 % de los ciclones tropicales que transitan sobre el sudeste del Golfo de México proceden del Mar Caribe y describen una trayectoria meridional sobre la mitad este del Golfo (donde se encuentra la corriente de Lazo) hacia los Estados Unidos. Aquí han estado presentes huracanes de gran intensidad procedentes del Caribe o del Atlántico. Mitrani *et al.* (2024), concluyeron que toda el área de la corriente de Lazo se presenta como zona de intensificación, pero no de frecuente ciclogénesis. Especialmente en aguas cubanas, no se encontró ningún caso de disturbio inicial sobre el “vórtice cubano” o fase retraída de la corriente de Lazo. También afirman que el área de máxima temperatura superficial en el trimestre agosto - septiembre - octubre, se localizó en la zona suroccidental del golfo de México,

Correspondencia a: gleidys.marcelo@insmet.cu

Recibido: 30/08/2024

Aceptado: 20/08/2025

Conflictos de interés: La autora declara que no existen conflictos de interés.

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/)

sobre las aguas del golfo de Campeche, favoreciendo tanto la ciclogénesis como la intensificación de los ciclones tropicales. En concordancia con esta última afirmación, la presente investigación estudia la trayectoria de los ciclones tropicales que comienzan en el golfo de México, mostrando el área de inicio del recorrido. Finalmente, se describe la trayectoria de aquellos que provienen de otras áreas de la Cuenca atlántica e ingresaron al Golfo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Golfo de México está localizado en el oeste del Océano Atlántico y ocupa un área aproximada de 1.5×10^6 km² (Elliot, 1982). Maul & Herman (1985), usando un banco de datos hidrográficos, encontraron que la topografía media en el este del golfo está caracterizada por la Corriente del Lazo y en el oeste por un par ciclón - anticiclón.

La corriente de Lazo (en adelante CL) se localiza entre las costas occidentales de Cuba y la zona centro-oriental del Golfo de México, al este del estrecho de Yucatán y al oeste del estrecho de la Florida, de manera que extrae sus aguas de la Corriente de Yucatán, que es alimentada por la Corriente del Caribe y proporciona un vínculo vital en el transporte de las aguas oceánicas de los trópicos hacia latitudes más altas (Valderá *et al.*, 2024). En la figura 1 aparece la corriente de Lazo y las formas en que se presenta este sistema de circulación oceánica.

La circulación media y el ciclo estacional en el oeste del golfo y la Bahía de Campeche son inducidos tanto por los remolinos de la CL,

como por el esfuerzo del viento. Los torbellinos se deben tomar en consideración como mecanismo forzante del giro anticiclónico del oeste del Golfo (Eliot, 1982). El viento tiene una fuerte componente estacional, hacia el noroeste en el verano y hacia el suroeste en el invierno. El giro anticiclónico en el oeste del golfo persiste durante todo el año. La señal estacional en la Bahía de Campeche es bimodal, con transporte más intenso en el oeste de la Bahía durante mayo-junio y noviembre-diciembre (Maul & Herman, 1985).

Entiéndase que un remolino es una corriente circular de agua independiente que se desprende de una corriente oceánica. En el hemisferio norte, los remolinos anticiclónicos giran en el sentido de las agujas del reloj y su centro suele ser más cálido que las aguas exteriores, por lo que se denominan remolinos de núcleo cálido. Los remolinos ciclónicos giran en sentido antihorario y su centro suele ser más frío que las aguas exteriores, por lo que se denominan remolinos de núcleo frío (Kourafalou *et al.*, 2017). En este sentido, Rudzin *et al.*, (2019), advierten que, si bien, los primeros en general favorecen la intensificación de los ciclones tropicales, los segundos, no necesariamente ocasionan el debilitamiento de éstos, puesto que tales aguas, pueden conservar temperaturas cercanas e incluso superiores a los 26.5°C. De hecho, Mitrani *et al.*, (2024) encontraron valores de temperatura de la superficie oceánica entre 30°C y 31°C en la bahía de Campeche durante los meses más activos de la temporada de huracanes en el periodo 2000-2022.

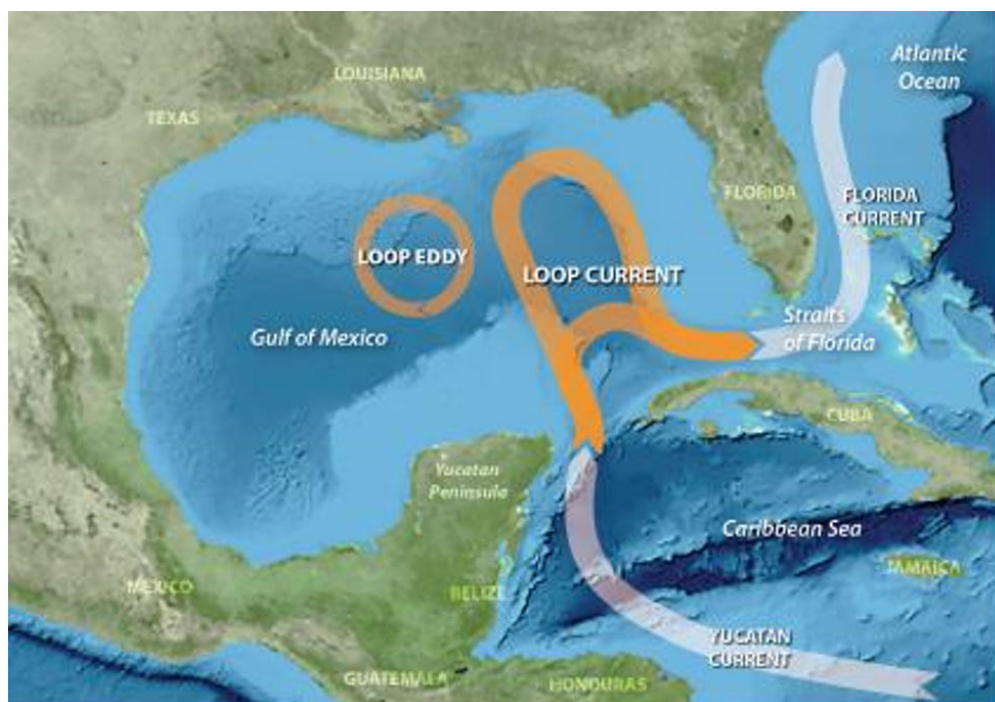


Figura 1. La Corriente de Lazo en sus diferentes fases: 1- retraída, 2- extendida y 3- con anillo de núcleo caliente independiente del vórtice principal

Los datos de trayectoria de los ciclones tropicales analizados proceden de la base de datos HURDAT 2, que almacena las principales características de estos eventos en el Atlántico, como son el nombre, fecha, latitud y longitud de su trayectoria, intensidad máxima alcanzada (Landsea *et al.*, 2015). Se han considerado aquellos que pasaron o iniciaron su trayectoria en el Golfo de México y, además, alcanzaron la categoría de tormenta tropical y/o huracán (National Hurricane Center (NHC), 2025).

En la cuenca del Atlántico Norte, una tormenta tropical presenta vientos máximos sostenidos entre 63-118 km/h. La categorización de un huracán se realiza mediante la escala Saffir-Simpson (Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2012), según la intensidad de sus vientos máximos sostenidos (medidos en un minuto), con cinco categorías: SS1 [119-153 km/h]; SS2 [154-177 km/h]; SS3 [178-208 km/h]; SS4 [209-251 km/h] y SS5 [≥ 252 km/h].

El periodo de estudio fue de 23 temporadas ciclónicas, desde el año 2000 hasta el 2022. La actividad de los ciclones tropicales se expresó en por cientos para normalizar su comportamiento por periodos de tiempo; se trabajó con periodos de lustro y de meses.

El inicio de la trayectoria de un ciclón tropical coincidió con el primer punto en que se reportó la existencia de éste, por tanto, se puede identificar como lugar de génesis o de formación. Se calculó la distribución mensual, considerando que los meses que alcanzan el 20% o más de actividad, son los de mayor actividad ciclónica. La trayectoria habitual para los meses de mayor actividad se calculó sabiendo dónde estaba el ciclón y el área siguiente hacia la que se dirigió. No necesariamente coincide con el final de su trayectoria.

Luego, se dividió la serie de datos en periodos de cinco años y se analizó el comportamiento de la génesis de los ciclones del Golfo. De los años 2023-2024, solo se contabilizaron los 5 casos de ciclones tropicales con nombre, formados en el Golfo de México, que están registrados en los archivos de NHC, 2025. Ello ha permitido consolidar los resultados y conclusiones alcanzados para la etapa 2000-2022, que ha sido analizada en detalle.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el periodo de estudio 2000 - 2022 se encontraron 112 ciclones tropicales presentes en el Golfo de México (GM). De ellos, 66 ciclones provenían de otras áreas de la cuenca atlántica y 46 se originaron e iniciaron su trayectoria en el propio Golfo.

De los 46 ciclones tropicales del Golfo, 35 alcanzaron la intensidad máxima de tormenta tropical, 10 fueron SS1 y 1 SS2. En este periodo de tiempo, ninguno de los que se convirtieron en huracán, alcanzaron categorías intensas ni de gran intensidad.

Los meses de mayor actividad ciclónica son junio, agosto y septiembre, destacando este último, como se observa en la [tabla 1](#).

Tabla 1. Distribución mensual de la actividad de ciclones tropicales que inician su trayectoria en el Golfo de México expresado en por cientos:

CT/MES	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
CT %	22	11	24	35	9	0

De este modo, se identifican las trayectorias habituales en los meses de mayor actividad ciclónica; las cantidades se grafican en la [figura 2](#). Se observa un incremento notable de las trayectorias longitudinales hacia las costas de México, marcado en el mes de septiembre.

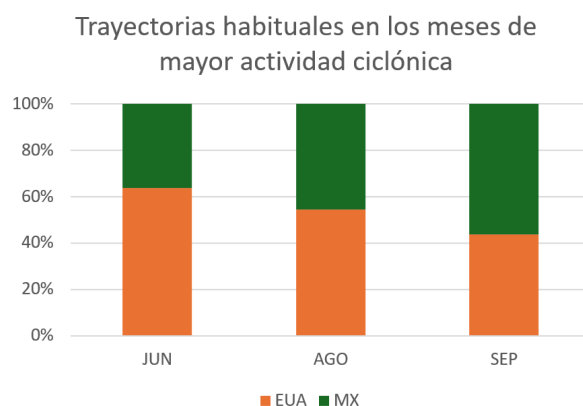


Figura 2. Trayectorias habituales de los ciclones tropicales originados sobre el Golfo de México, en los meses de mayor actividad ciclónica de esta área.

En la [figura 3](#) se muestran las trayectorias de ciclones tropicales durante el mes de septiembre, sobre el GM. Se observan tres grandes áreas de actividad ciclo genética en el mes de septiembre: *el nordeste del Golfo (por encima de los 24°N), el noroeste del Golfo y la bahía de Campeche*, áreas que coinciden con la posición de remolinos de aguas cálidas cuasipermanentes en el GM. La primera coincide con la posición de la Corriente de Lazo extendida; y la segunda, con el vórtice que se ha desprendido de la CL. Con respecto a las formaciones en la bahía de Campeche, es preciso recordar que Mitrani *et al* 2024, encontraron temperaturas muy altas de la superficie oceánica en el trimestre agosto-septiembre-octubre durante los primeros veinte años del siglo XXI.

Se evidencia que el incremento de las trayectorias longitudinales hacia las costas de México está ligado a la ciclogénesis en la bahía de Campeche ([Figura 3](#)). Además, el 71% de los ciclones tropicales que se formaron en la Bahía alcanzaron la categoría de huracán antes de tocar tierra. El único huracán categoría 2 de la serie, se formó en el área de Campeche, el SS2 Katia de 2017.

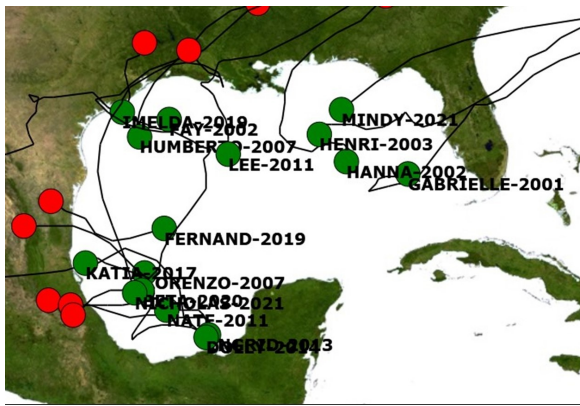


Figura 3. Trayectorias de los ciclones tropicales originados sobre el Golfo de México en el mes de septiembre

Todos presentan trayectorias longitudinales hacia el oeste afectando los estados de Veracruz y Puebla en la costa oriental mexicana.

Al dividir por quinquenios la serie temporal, se aprecia que se originan 2 huracanes cada 5 años (Figura 4). En el quinquenio 2015-2019 hubo 3 huracanes. Si se tiene en cuenta que el último quinquenio no estaba completo, dado que le faltaban 2 temporadas (faltan los años 2023 y 2024), se podía especular que también habría más de 2 huracanes.

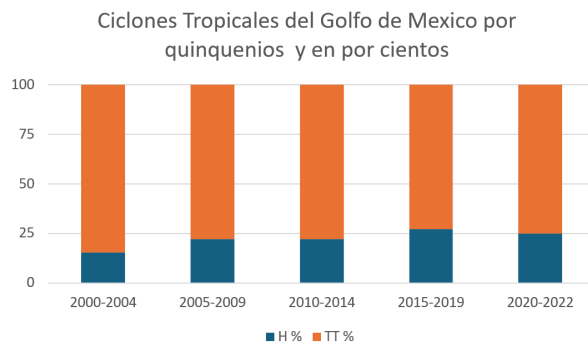


Figura 4. Representación porcentual de los ciclones tropicales que inician su trayectoria sobre el Golfo de México agrupados por periodos de cinco años

En la reciente consulta al sitio web de NHC (2025), se pudo comprobar que los años 2023 y 2024 añadieron 5 casos de ciclones tropicales al último quinquenio, donde 2 de ellos alcanzaron la etapa de huracán. Fueron tormentas tropicales Harold en 2023; Alberto y Chris en 2024, mientras que llegaron a la etapa de huracán los casos Francine-SS2 y Milton- SS5 en 2024. Las características de los casos anteriores confirman los resultados obtenidos para el período 2000-2022, registrándose como excepción el huracán Milton de 2024, que llegó a ser de categoría SS5.

De seguir esta tendencia, se pudiera esperar el incremento de la actividad de huracanes por quinquenios y, por ende, la interacción con la superficie terrestre, en concordancia con (Knutson *et al.*, 2020; Jewson, 2023).

En la figura 4 se observa un incremento discreto de la actividad de huracanes en el GM, lo que se traduce en un acortamiento del tiempo necesario para que la tormenta pase al estadio superior (huracán). Posiblemente, este comportamiento se haya relacionado con el sostenido aumento de la temperatura superficial del océano Atlántico en los últimos años (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), 2021).

Al examinar el comportamiento de las trayectorias iniciadas en el Golfo por quinquenios en combinación con la de los ciclones tropicales que en su recorrido llegaron al GM se observa lo siguiente:

- En todos los periodos se observan inicios de trayectoria de los ciclones tropicales en el noreste del Golfo, excepto en el vórtice cubano de la corriente de Lazo, coincidiendo con estudios anteriores (Mitrani *et al.*, 2024; Valderá *et al.*, 2024).
- También se observan inicios de trayectoria en el oeste del GM que alternan periodos de alta (figura 4 A, D) y baja frecuencia (fig. 4 B, C, E), coincidiendo con la posición del vórtice anticiclónico desprendido de la corriente de lazo.
- Se observa que en el periodo 2000-2004 no hay inicios de trayectoria en la BC (fig. 4A). En cambio, a partir del año 2005 aparecen los ciclones tropicales en la zona y permanecen en los periodos restantes (fig. 4 B, C, D, E).
- Los ciclones tropicales que provienen de otras áreas del Atlántico norte, una vez dentro del GM realizan dos trayectorias principales: *La meridional*, sobre la mitad este del GM, hasta impactar el sureste de los Estados Unidos. Es descrita por ciclones tropicales provenientes del Caribe (29%), del Atlántico tropical (18%), de las Bahamas (9%) y del Atlántico subtropical occidental (2%). *La trayectoria longitudinal*, la realizan ciclones tropicales que transitan el mar Caribe a bajas latitudes, cruzan la península de Yucatán, se internan en el GM a través de la Bahía de Campeche y continúan su movimiento en dirección oeste a impactar por segunda vez a México. Proviene del mar Caribe (17%) y del Atlántico tropical (9%). (Figura 6).

CONCLUSIONES

- Los meses de mayor actividad ciclónica en el Golfo de México son junio, agosto y septiembre.
- El 71% de los ciclones tropicales que comenzaron en la Bahía de Campeche se convirtieron en huracanes antes de la interacción con la superficie terrestre.

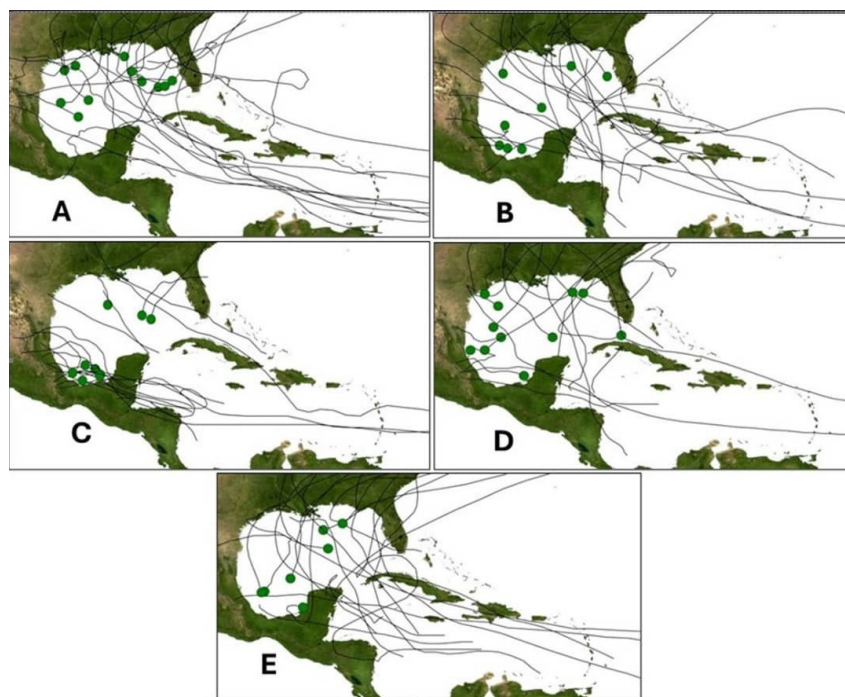


Figura 5. Trayectorias de los ciclones tropicales de la Cuenca del Atlántico norte que iniciaron su trayectoria (punto verde) y/o pasaron sobre el Golfo de México en el periodo A) 2000-2004; B) 2005-2009; C) 2010-2014; D) 2015-2019; E) 2020-2022



Figura 6. Trayectorias de los ciclones tropicales de la Cuenca del Atlántico norte que pasaron y no se originaron sobre el Golfo de México en el periodo 2000-2022

- Las trayectorias longitudinales hacia México que ocurren en el mes de septiembre están ligadas a inicios en la Bahía de Campeche.
- La serie temporal 2000-2022, muestra que de los ciclones tropicales originados en el área del Golfo de México, como promedio solo 2 casos alcanzan la etapa de huracán y de poca intensidad.
- Los inicios de trayectorias de los ciclones tropicales del Golfo de México, al norte de la latitud 24° están asociados a la fase extendida de la Corriente de Lazo y al vórtice anticiclónico que se desprende de esta.
- El 69% de los ciclones tropicales que llegaron al Golfo de México realizan una trayectoria meridional hacia el sudeste de los Estados Unidos.
- Los ciclones tropicales que se trasladan a bajas latitudes por el Caribe describen la trayectoria longitudinal, impactando doblemente a México, primero cruzan la Península de Yucatán y luego, los estados costeros del Golfo de México.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se desarrolló en el marco del Proyecto “La corriente de lazo, su evolución espacio-temporal y su enlace con el desarrollo de los ciclones tropicales”. Se agradece al jefe del proyecto, Dra Ida Mitrani Arenal y al colega Axel Hidalgo Mayo por sus recomendaciones. Se agradece al PSID “Meteorología y Desarrollo sostenible”, por el financiamiento total del Proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Elliot, B. A. 1982. "Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico". *Journal of Physical Oceanography*, 12: 1292-1309.
- IPCC 2021. *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2391 p., Available: <https://www.ipcc.ch>, [Consulted: April 22, 2023].
- Jewson, S. 2023. "Tropical Cyclones and Climate Change Global Landfall Frequency Projections Derived from Knutson et al.". *Bulletin of American Meteorological Society*, 104(5): E1085-E1104, DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0189.2>.
- Knutson, T.; Camargo, S. J.; Chan, J. C. L.; Emanuel, K.; Ho, C.-H.; Kossin, J.; Mohapatra, M.; Satoh, M.; Sugi, M.; Walsh, K. & Wu, L. 2020. "Tropical Cyclones and Climate Change Assessment: Part II: Projected Response to Anthropogenic Warming". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(3): E303-E322, DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0194.1>.
- Kourafalou, V.; Androulidakis, Y.; Le Hénaff, M. & Kang, H. 2017. "The Dynamics of Cuba Anticyclones (CubANs) and Interaction With the Loop Current/Florida Current System". *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(10): 7897-7923, ISSN: 2169-9275, 2169-9291, DOI: <https://doi.org/10.1002/2017JC012928>.
- Landsea, C.; Franklin, J. & Beven, J. 2015. *The revised Atlantic hurricane database (HURDAT2)*. National Hurricane Center, Available: <https://www.nhc.noaa.gov>.
- Maul, G. A. & Herman, A. 1985. "Mean dynamic topography of the Gulf of Mexico with application to satellite altimetry". *Marine Geodesy*, 9: 27-44.
- Mitrani, I.; Cabrales, J.; Vichot, A. & Hidalgo, A. 2024. "Estructura termohalina en la corriente de lazo, al paso de huracanes que afectaron Cuba en 2002-2022". *Revista Cubana de Meteorología*, 30(Especial): 1-11, Cu-ID: <https://cu-id.com/2377/v30nspe09>.
- Mitrani, I. & Díaz, O. O. 2008. "Particularidades de la estructura termohalina y sus tendencias en aguas cubanas". *Revista Cubana de Meteorología*, 14(1): 54-73.
- NHC. 2025. *National Hurricane Center Archive*. Available: <https://www.nhc.noaa.gov/data>, [Consulted: January 10, 2025].
- OMM 2012. *Actualización de la escala Saffir-Simpson según la intensidad de sus vientos máximos sostenidos medidos en un minuto*. (no. ser. OMM/DT No. 494), Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- Rudzin, J. E.; Shay, L. K. & Jaimes De La Cruz, B. 2019. "The Impact of the Amazon-Orinoco River Plume on Enthalpy Flux and Air-Sea Interaction within Caribbean Sea Tropical Cyclones". *Monthly Weather Review*, 147(3): 931-950, ISSN: 0027-0644, 1520-0493, DOI: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0295.1>.
- Valderá, N.; Marcelo, G. & Victorero, A. 2024. "Los ciclones tropicales del Golfo de México y su relación con la corriente de Lazo". *Revista Cubana de Meteorología*, 30(1): 1-10, Cu-ID: <https://cu-id.com/2377/v30n1e05>.