

Inundaciones costeras en territorio cubano, causadas por eventos meteorológicos severos, durante los años 2000-2022



Coastal floods in Cuban territory, caused by severe meteorological events, during the years 2000-2022

<https://cu-id.com/2377/v30nspe01>

✉ Ida Mitrani Arenal¹, ✉ Javier Cabrales Infante^{1*}, ✉ Axel Hidalgo Mayo²

¹Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

²Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Cuba.

RESUMEN: Se aprecia un aumento en la frecuencia e intensidad de las inundaciones costeras que afectan al territorio cubano, ocasionadas fundamentalmente por ciclones tropicales, durante el período 2000-2022, con un promedio de al menos una inundación por año en algún punto del territorio cubano. Por otra parte, las inundaciones costeras de alguna severidad, ocasionadas por otros eventos, han sido escasas. Los casos generados por sistemas frontales no pasan de la decena y no se han reportado inundaciones costeras de importancia por sures o combinaciones de sistemas extratropicales. Como factores moduladores se destacan el evento ENOS en su fase negativa y la presencia de altas temperaturas oceánicas en el Atlántico, que han favorecido al desarrollo de los huracanes y al predominio de su traslado hacia el oeste. Como áreas de mayor afectación, se destacan las zonas costeras de la mitad occidental del país, sobre todo las aledañas al golfo de Batabanó y la ciudad de La Habana, seguidas por las áreas de ancha plataforma al sur de las provincias centrales y la costa nor-oriental, especialmente la ciudad de Baracoa. De la serie cronológica de 1901-2022 de inundaciones en La Habana, seleccionada como la más ilustrativa, se aprecia una alternancia de períodos de auge y depresión en la ocurrencia de inundaciones por cualquier causa, con duración de 25-30 años. En el presente, se observa un período de auge, semejante al registrado en la primera mitad del siglo XX, que pudiera prolongarse debido a las altas temperaturas oceánicas, favorables a la ciclo-genesis.

Palabras clave: inundaciones costeras, ciclones tropicales, territorio cubano.

ABSTRACT: The meteorological events, identified as generators of coastal floods on the Cuban shore area, are grouped into four types: tropical cyclones, frontal systems, southern winds and combinations of extratropical systems. In the first years of the 21st century, there is an increase in the frequency and intensity of coastal floods that affect Cuban territory, mainly caused by tropical cyclones, between the years 2000-2022, with an average of one flood per year. On the other hand, coastal flooding of any severity, caused by other events, has been rare. The cases, generated by front systems do not exceed ten and no significant flooding has been reported due to other causes, such as south winds or combinations of extratropical systems. One of the main modulating factors has been the ENSO event, in its negative phase; the predominance of the NIÑA phase and the presence of high ocean temperatures in the Atlantic, have favored the development of hurricanes and their movement to the West side. The shore areas on the western half of the country, stand out as the most ones affected by coastal floods, especially those surrounding the Gulf of Batabanó and the Havana City, followed by the wide shelf areas south of the central provinces and the northeastern coast, especially the city of Baracoa. From the 1901-2022 chronological series of floods in Havana, selected as the most illustrative, an alternation of increase and depression periods can be seen in the occurrence of floods from any cause, lasting 25-30 years. At present, an increase period is observed, similar to that recorded in the first half of the 20th century, which could be prolonged under the influence of the high sea surface temperature, favorable to the cycle-genesis activity.

Key words: Coastal floods, tropical cyclones, Cuban territory.

*Autor para correspondencia: Javier Cabrales Infante. E-mail: javier.cabrales@insmet.cu

Recibido: 06/10/2023

Aceptado: 05/03/2024

Ida Mitrani Arenal. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: ida.mitrani@insmet.cu

Javier Cabrales Infante. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: javier.cabrales@insmet.cu

Axel Hidalgo Mayo. Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Cuba. E-mail: axel.hidalgo@insmet.cu

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés

Contribución de los autores: Ida Mitrani Arenal. **Conceptualización:** Estableció y condujo las ideas de la investigación, formuló, revisó y concentró la información para cumplir el objetivo general, redactó el cuerpo del texto. Javier Cabrales Infante. **Curación de datos:** Realizó actividades de gestión para producir metadatos, depurar datos y mantener datos de investigación. Axel Hidalgo Mayo. **Recursos:** Realizó la recopilación y suministro de materiales de estudio para el completamiento de información a escala local

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

Existe una preocupación estatal acerca de las afectaciones que ocasionan las inundaciones costeras en Cuba y las posibles modificaciones de su comportamiento, bajo la influencia de los cambios climáticos previstos. En varios resultados científicos obtenidos en proyectos liderados por el Instituto de Meteorología (INSMET) y rescopilados en el texto de [Mitrani et al. \(2017\)](#), se han abordado los aspectos siguientes:

- El comportamiento de los eventos meteorológicos que generan inundaciones costeras en Cuba.
- Las particularidades de las inundaciones por entrada del mar en las zonas costeras cubanas.
- La caracterización de las zonas más sensibles a estos eventos.
- Las posibles tendencias por el cambio climático previsto.

Se han identificado cuatro situaciones sinópticas capaces de generar inundaciones costeras de gran severidad, como son los ciclones tropicales y tres situaciones por eventos extratropicales (sistemas frontales, sures y combinación de sistemas de alta y baja presión), que afectan a la zona costera con sobre elevación del nivel del mar por rompiente de oleaje, arrastre del viento y surgencia ciclónica, predominando una u otra en dependencia de la geografía local ([Mitrani et al. 2017](#)).

Es conocido que la actividad de los eventos tropicales y extratropicales se presentan con cierta periodicidad, de manera que se alternan años de alta y baja actividad de estos, en dependencia de condiciones climáticas globales ([Pérez Suárez et al. 1998](#)) lo cual se manifiesta en el comportamiento de las inundaciones costeras, ([Mitrani et al. 2012, 2016, 2017](#)). También por estudios con modelos climáticos, se ha notado un corrimiento de la circulación del Atlántico hacia el norte y esto se refleja en las trayectorias de huracanes, donde predomina también un corrimiento más al norte de lo habitual ([Martínez et al. 2011](#)).

En las primeras décadas del siglo XXI, se ha notado un auge en las inundaciones de gran intensidad, generadas por huracanes, mientras que la influencia de los eventos extratropicales (sures, sistemas frontales, combinaciones de sistemas) ha disminuido hasta el punto de no registrarse inundaciones costeras muy intensas, por esta causa.

En el presente trabajo, se plantea como objetivo, mostrar el comportamiento de las inundaciones costeras en los primeros años del siglo XXI, acorde con la frecuencia de los eventos tropicales que las han generado durante un período de auge de la actividad ciclónica en el Atlántico y de algunos sistemas

frontales. No se registraron inundaciones por otras causas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio será el archipiélago cubano y mares adyacentes, según se muestra en la [Figura 1](#).

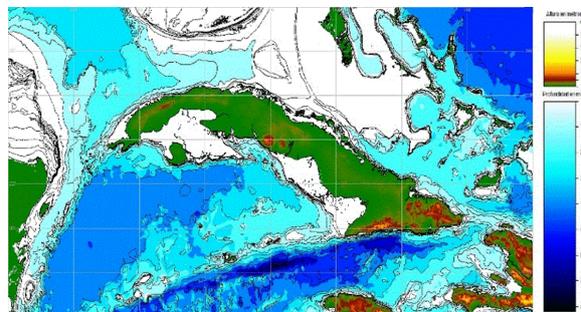


Figura 1. Territorio cubano y mares adyacentes (GEBCO 2009)

Como fuentes de información, se utilizaron las siguientes:

- Resúmenes de Temporadas, disponibles en el sitio web del [Instituto de Meteorología \(INSMET, 2000-2020\)](#), de donde se tomaron la mayoría de los datos acerca del alcance horizontal y vertical de las inundaciones costeras en territorio cubano, generadas por ciclones tropicales. Al no disponer de mediciones instrumentales, todos estos datos provienen de apreciaciones visuales, a partir de marcas de agua que quedaron en el lado contrario a la dirección de arribo de la masa de agua, observadas en paredes u otros objetos localizados en la zona de inundación. Se toman de esta forma para no confundirse con las marcas de rompiente de olas¹. Ocasionalmente, las observaciones son realizadas por especialistas del INSMET que visitan el lugar, mediante expediciones posteriores al evento, o bien por testimonios de vecinos residentes en el lugar. La secuencia de datos puede presentar frecuentes irregularidades, puesto que no siempre se realizan estas expediciones, que resultan costosas pero cuya continuidad sería muy importante porque permitirían al menos estimar las dimensiones de la de la sobre elevación del nivel del mar que acompaña a la masa de agua que penetra en tierra.
- Estimaciones de alcance vertical y horizontal de inundaciones costeras al paso de los huracanes Ida del 2021 y Ian del 2022, publicados por [Hernández Capote & Gómez Zamora \(2022\)](#) para el caso Ida y la de [Alvarez Capote & Gómez Zamora \(2023\)](#). Resultaron muy útiles estos textos, puesto que los Resúmenes de Temporada de esos años, no se encontraban disponibles en el sitio web del INSMET.

¹ Comunicación personal del Msc. Reinaldo Casal Taylor, investigador del Centro de Meteorología Marina del Instituto de Meteorología.

- c. Archivos del Centro de Meteorología Marina del INSMET (CMM/INSMET), donde se conservan los textos de los pronósticos y avisos operacionales.
- d. Archivos del National Hurricane Center (NHC, 2000-2022), de donde se tomaron los reportes de huracanes para todo el período analizado. Hay tres casos (Elsa y Fred de 2021, y Alex de 2022), que no aparecen en el sitio web del INSMET, por lo que se tomó solo la información de NHC y de los archivos de CMM/INSMET. Aunque no causaron inundaciones costeras notables, se contabilizaron como casos de afectación, dado que generaron fuertes vientos, intensas lluvias y oleaje.
- e. Gráfico del comportamiento del índice ONI (Ocean NIÑO Index), tomado del sitio web [Climate \(2023\)](#). Fue utilizado para caracterizar el comportamiento de las fases del evento NIÑO. Recordar que se ha definido un umbral de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para el Índice del Niño Oceánico (ONI), a partir de la media móvil de 3 meses de anomalías de la temperatura de la superficie oceánica en la región del Niño 3.4 (5°N - 5°S ; 120° - 170°W), basado en períodos base centrados de 30 años, que son actualizados cada 5 años ([CPC, 2020](#)).
- f. Gráfico de las anomalías de la temperatura superficial oceánica del Atlántico Norte, tomado de [Copernicus \(2023\)](#), calculadas con respecto al período base 1990-2020.
- g. Batimetría y topografía, tomados del Atlas [GEBCO-2009](#), con 900 m de resolución espacial horizontal

Es necesario aclarar que la información acerca de la ocurrencia de inundaciones costeras en Cuba, para los años anteriores a 1965 (año de fundación del Instituto de Meteorología) es difícil de localizar, debido a que las diversas fuentes de información existentes (principalmente, medios de prensa), anteriores al triunfo de la Revolución Cubana, solo daban importancia a caso muy severos y en especial, ocurridos en la capital. En los últimos 15 años, gracias a los esfuerzos de los participantes en proyectos liderados por el Msc. Axel Hidalgo Mayo, se ha logrado completar series de varios años de ocurrencia de inundaciones en todo el país, e incluso determinar sus períodos de retorno ([Hidalgo Mayo & Mitrani Arenal, 2022](#)), pero la serie cronológica de inundaciones ocurridas en La Habana y conservada en el Centro de Meteorología Marina (CMM/INSMET), continúa siendo la más informativa, abarcando desde 1901 hasta el presente.

También en La Habana, se manifiesta como limitación, que no existen observaciones instrumentales acerca de la altura de la sobreelevación del nivel del mar y del alcance horizontal de entrada de la masa en tierra, en las áreas de inundación. La información adquirida, procede de apreciaciones

visuales de especialistas que visitan dichas áreas o por testimonios locales de los vecinos, de manera que los alcances de las inundaciones suelen estimarse por las marcas de agua en terrenos y paredes, de la misma manera antes explicada para el resto del país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la información analizada en los resúmenes de temporada ([INSMET 2000-2020](#)) y reportes de [NHC \(2000-2022\)](#), se pudo identificar los huracanes que han afectado al territorio cubano de diversas maneras, aunque algunos no tocaron tierra cubana. En la [Tabla 1](#), se asentaron las afectaciones por año, destacando los que ocasionaron inundaciones costeras

De la [Tabla 1](#) se aprecia que en 22 años (entre 2000 y 2022) unos 43 ciclones tropicales han afectado al territorio cubano para un promedio de 1,95 casos por año, sea por impacto directo en tierra (más del 65 %) o en su trayectoria por aguas aledañas a Cuba, ocasionando daños por fuertes lluvias, vientos intensos, marejadas e inundaciones costeras. Más de la mitad de los casos, afectaron a Cuba en el estadio de huracán. En la misma etapa, un total de 22 ciclones tropicales han ocasionado inundaciones costeras de cierta importancia, para un comportamiento de al menos 1 inundación costera por año en algún punto del territorio cubano.

En la [Tabla 2](#) se asentaron los datos de huracanes e información acerca de las inundaciones costeras, que pudo adquirirse de los Resúmenes de Temporada del [INSMET \(2000-2020\)](#). Para los años 2021 y 2022, se consultaron los reportes de [NHC \(2000-2022\)](#), la publicación de [Hernández Capote & Gómez Zamora \(2022\)](#) para el caso “Ida” y la de [Alvarez Capote & Gómez Zamora \(2023\)](#) para el caso “Ian” de 2022.

De la tabla anterior, es posible apreciar que la mayor parte del perímetro costero cubano puede ser afectado por inundaciones costeras, generadas por huracanes, siendo las costas de las provincias occidentales, las más sensibles a este fenómeno, especialmente el área de amplia plataforma al sur de Mayabeque, Artemisa y Pinar del Río, en áreas adyacentes al golfo de Batabanó. En orden de afectación le sigue la ciudad de La Habana y posteriormente, el sur de las provincias centrales, aledañas a la zona de amplia plataforma que contiene los golfos de Ana María y Guahacanayabo. Le siguen en orden de afectación la costa nor-oriental y en particular, la ciudad de Baracoa, cuya batimetría y topografía locales son favorables a las inundaciones por rompimiento de oleaje.

Se destaca en la lista de inundaciones, que si bien ha habido casos muy severos al paso de Wilma en 2005 e Irma en 2017, estos eventos no tocaron tierra en la isla de Cuba, por lo que no ha ocurrido ninguna inundación con las dimensiones de las ocurridas en la primera mitad del siglo XX, como fueron las de 1926

y 1944 en La Habana, generadas por huracanes que atravesaron la ciudad de sur a norte, la de 1932 al sur de Camaguey que se estima sobrepasó los 6 m de altura y la del Golfo de Batabanó en 1944 (el mismo huracán que alcanzó a La Habana), que se estima también sobrepasó los 6 m (ver estimas y testimonios recogidos en [Mitrani et al. 2017](#)).

Para distinguir si efectivamente ha habido un incremento en la ocurrencia de las inundaciones costeras en Cuba, se analizó la ocurrencia de inundaciones moderadas y fuertes en La Habana durante el siglo XX y lo que va del XXI. Las primeras décadas de ambas centurias se destacan por la ocurrencia de inundaciones fuertes, generadas por huracanes (ver la [Figura 2](#)).

Se aprecia que la tendencia lineal es hacia el aumento, mientras que la línea de medias móviles indica una alternancia de periodos de alta y baja frecuencia de ocurrencia de las inundaciones severas por cualquier causa, con alternancia en el entorno de 30-40 años.

Según los cálculos de período de retorno de inundaciones en La Habana, actualizados por [Mitrani et al. \(2019\)](#), es de esperar una inundación de moderada a fuerte, al menos una vez en 10 años. Pudiera pensarse, examinando los años de ocurrencia de casos muy severos en la primera primera mitad del siglo XX, que los semejantes a estos en el siglo XXI, aún están por ocurrir, sobre todo si se tiene en cuenta que con una separación en el entorno de 100 años, hubo grandes inundaciones por huracanes en La Habana en 1906 y en 2005, así como en 1919 y en 2017. El año 1926 debe caer en la siguiente etapa, tomando en cuenta otra curiosidad y es que se registraron grandes inundaciones por huracanes en

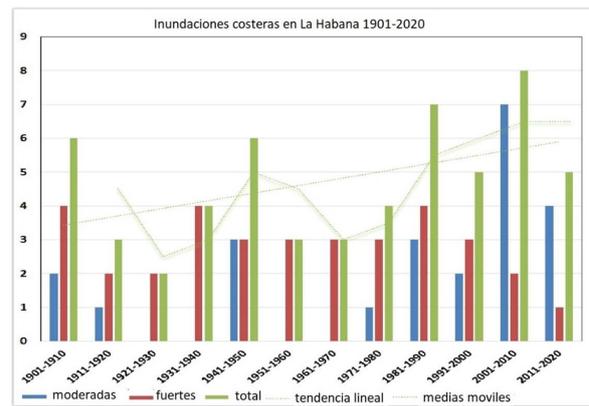


Figura 2. Frecuencia de inundaciones severas en La Habana, por décadas, 1901-2020

1844 y 1944, documentadas en la cronología de huracanes de los archivos del Centro del Clima del INSMET, elaborada por el Dr. Ramón Pérez Suárez. Puesto que el período de retorno de una inundación severa es del orden de 1/10 años, parece lógico pensar que debe existir un armónico de 100 años, solo que para comprobarlo harían falta series muy largas, tarea que va quedando para investigadores del futuro.

Otro aspecto a destacar de los años 2000-2022, es la ausencia de inundaciones generadas por sures y combinaciones de sistemas en el Atlántico, pero además las inundaciones por sistemas frontales ocurridas únicamente en La Habana, no clasifican como de gran severidad. En la [tabla 3](#) se listan los eventos más sobresalientes, que ocasionaron inundaciones en La Habana calificadas de ligeras a moderadas, o bien de moderadas a fuertes, pero todos en el entorno del nivel de moderados. Estos coinciden generalmente con etapas de fase ENOS positiva o bien

Tabla 1. Afectación por ciclones tropicales a Cuba en 2002-2022, que tocaron tierra o pasaron por las cercanías del país, diferenciando los que causaron inundaciones costeras.

Año	Total CT	Huracanes	TT	DP	El centro tocó tierra cubana	Causaron Inundaciones costeras
2000	1	0	0	1	1	
2001	1	1	0		1	1
2002	2	2	0		2	2
2004	2	2	0		2	2
2005	5	3	2		2	3
2006	3	0	3		1	0
2007	3	1	1	1	2	1
2008	5	4	1		4	4
2010	3	1	1	1	1	1
2012	2	1	1		2	2
2015	1	1	0		1	1
2016	3	2	1		1	2
2017	3	2	0	1	2	1
2018	2	1	1		1	0
2020	2		2		1	0
2021	3	1	2		3	1
2022	2	1	1		1	1
TOTAL	43	23	16	4	28	22

Leyenda: CT-Ciclones Tropicales TT-Tormentas Tropicales DT-Depresión Tropical

Tabla 2. Afectaciones por inundaciones costeras en 2000-2022

Evento tropical y año de afectación	Localidad afectada por inundación costera	(ΔZ)-Sobreelevación del nivel del mar (ΔX) alcance horizontal
1 Michelle, 2001	Sur de Isla de la Juventud	No se encontró información
	Cayo Largo del Sur	$\Delta Z=1$ m en el Aeropuerto
	Punta Castaño, Cienfuegos	$\Delta Z=3$ m
	Laguna del Cura y Bahía de Cienfuegos	$\Delta Z=1.5$ m
	Júcaro, Ciego de Avila	$\Delta Z=1$ m
	Cárdenas	$\Delta X=400-500$ m
	La Habana (casi alcanza calle Línea)	$\Delta X=1$ km $\Delta Z > 1$ m $\Delta X > 700$ m
2 Isidore, 2002	Costas del Golfo de Batabanó	No se encontró información
3 Lily, 2002	Sur de Pinar del Río	La inundación duró más de 72 horas
	Costas del Golfo de Batabanó	No se encontró información
	La Coloma	$\Delta Z = 1.8$ m
4 Charley, 2004	Ensenada de Cortés	ΔX hasta 1,5 km
	Sur de Pinar del Río	(cota de más de 1 m, probablemente $\Delta Z = 1,5$ m)
	El Cajío	ΔZ hasta 4 m
	Surgidero de Batabanó	$\Delta Z =$ hasta 2.8 m
5 Iván, 2004 (No tocó tierra)	La Habana	Inundación de ligera a moderada ($\Delta Z \leq 1$ m)
	Sur de las provincias Artemisa y Mayabeque, y sur de Pinar del Río	$\Delta Z = 1.5$ a 3.5 m
6 Dennis, 2005	Santiago de Cuba	ΔX hasta 30 m
	Sur de Santi Spíritus, Ciego de Ávila, Camaguey, Las Tunas	No se encontró información
	Santa Cruz del Sur	ΔX hasta 1300 m y ΔZ hasta 3m
7 Katrine, 2005 (No tocó tierra)	Playa Guanimar, Playa del Cajío, Playa Rosario y Surgidero de Batabanó	No se encontró información
8 Wilma, 2005 (No tocó tierra)	Tunas de Zaza	ΔZ hasta 1.5 m
	La Habana	$\Delta Z = 1.5$ a 2.5 m y $\Delta X > 700$ m
	Playa Guanimar	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 2500$ m
	Playa Cajío	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 1000$ m
	Playa Majana	$\Delta Z = 1.5$ m y $\Delta X = 1500$ m
	Surgidero de Batabanó	$\Delta Z = 1.5$ m y $\Delta X = 3000$ m
	Playa Rosario	$\Delta Z = 1.2$ m y $\Delta X = 1300$ m
	Playa Mayabeque	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 2000$ m
	Sur de Pinar del Río	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 800$ m
	Sur de Isla de la Juventud	No se encontró información
	Sur de Santi Spíritus, Ciego de Ávila, Camaguey, Ciénaga de Zapata	No se encontró información
9 Dean, 2007	Guantánamo - Baracoa en la localidad de Yateritas, Guantánamo.	$\Delta X = 30$ m
	Santiago de Cuba y municipio Guamá	$\Delta X = 50$ m
	Cabo Cruz, Granma	$\Delta X = 30$ m
	Playa de Punta del Este	No se encontró información
	Pinar del Río, en Punta de Cartas, Playa Boca de Galafre y Playa Bailén	No se encontró información
	La Bajada	No se encontró información
10 Gustav, 2008	Tunas de Zaza, Médano-Sancti Spíritus, Cienfuegos	$\Delta Z = 0.6$ m y $\Delta X = 15$ m
	Sur de Isla de la Juventud	$\Delta Z = 1$ m
	Playa Guanimar	$\Delta Z = 1$ m, $\Delta X = 1000$ a 3000m
	Playa Cajío	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 500$ m
	Playa Majana	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 1000$ m
	Sur de Pinar del Río	$\Delta Z = 1$ m y $\Delta X = 3000$ m
11 Hanna, 2008 (No tocó tierra)	Nordeste de Camaguey, Gibara, Holguín, Baracoa, Guantánamo.	$\Delta Z = 1$ m, $\Delta X = 1000$ a 4000m
	Uverito, Playa Caletones y Güirito del litoral Gibareño	No se tiene testimonio
		$\Delta X > 300$ m (cota de más de 1 m, probablemente $\Delta Z = 1$ m)

Evento tropical y año de afectación	Localidad afectada por inundación costera	(ΔZ)-Sobreelevación del nivel del mar (ΔX) alcance horizontal
11 Hanna, 2008 (No tocó tierra)	Nordeste de Camagüey, Gibara, Holguín, Baracoa, Guantánamo. Uverito, Playa Caletones y Güirito del litoral Gibareño	No se tiene testimonio ΔX >300 m (cota de más de 1 m, probablemente ΔZ =1 m)
12 Ike, 2008	Gibara, Baracoa Sur de Santi Spiritus, Ciego de Ávila, Camaguey, Ciénaga de Zapata	ΔX hasta 400 m ΔX más de 400 m ΔX entre 400 y 500 m (cota de más de 1 m, probablemente ΔZ =1 m)
13 Paloma, 2008	Santi Spiritus, Ciego de Ávila, Camaguey, Las Tunas	Entrada de 0.7 a 1,5 Km tierra adentro (cota de más de 1 m, probablemente ΔZ =1 m)
14 Tomás, 2010	Playa Herradura de Las Tunas	Ligera inundación (menos de 1m)
15 Issac, 2012	Baracoa, Guantánamo, el Güirito y Playa de Caletones, Holguín. Playa la Herradura en el municipio de Jesús Menéndez, Las Tunas, y en las inmediaciones de Santa Lucía y Puerto Piloto, Camagüey.	No se encontró información ΔZ <1 m, ΔX=100 a 120 m
16 Sandy, 2012	Guayabal y Santa Cruz del Sur Bahía Santiago de Cuba Siboney Mar Verde, playa Bueycabón, Jucarito y La Socapa, Ciudadamar, Playa de Aguadores	ΔZ =2.5 m ΔZ =2 m, ΔX=200 m ΔZ ≥ 2.5 m
17 Joaquín, 2015	Holguín En Granma, municipios Niquero y Manzanillo. En Niquero, en las comunidades La Marina y Los Tanques. En Manzanillo, barrio El Litoral, Guasimal, barrio Calixto García, Reparto Juvenil	ΔZ =0.6 m, ΔX=200 m ΔX= de 30 a 70 m ΔX=30 a 40 m ΔX=80 m ΔX=60 m ΔX=70 m
18 Hermine, 2016 (No tocó tierra)	Zonas bajas de las provincias de Mayabeque y Artemisa Surgidero de Batabanó	ΔZ =0,3 a 0,8 m, ΔX=50 m
19 Mattews, 2016	Santiago de Cuba Baracoa Imías, San Antonio de Sur y Maisí. Holguín	ΔZ =1.7 m, ΔX=200 m ΔZ =3.5 m, ΔX=300 a 500 m ΔZ =3 a 4 m, ΔX=100 m ΔZ =1 a 1.6 m, ΔX=100 a 250 m
20 Irma, 2017	Por el norte: Toda la costa norte oriental, la costa exterior de los cayos Sabana-Camaguey, Varadero-Cárdenas y La Habana. Por el sur: Sur de Camaguey , Ciego de Avila NOTA: Los testimonios proceden de especialistas de los CMPs	ΔZ =más de 2 m, ΔX=hasta 1000 m ΔZ =1 m, ΔX=200 a 800 m
21 Ida, 2021	Sur de Pinar del Río Sur de Isla de la Juventud Playa Guanimar	Inundaciones de ligeras a moderadas, pero en Playa Guanimar se consideraron fuertes, con entrada de más de 1 km
22 Ian, 2022	Norte de Pinar del Río Sur de Isla de la Juventud Playa Guanimar Playa Cajío Playa Majana Sur de Pinar del Río Norte de Pinar del Río	Inundaciones de moderadas a fuertes. En Playa Guanimar, el mar entró 5 km con 3m de altura. En playa Majana y Artemisa, más de 1 km con 1.75 m de altura

negativa pero cercana a neutra, según se pudo comprobar por los valores ONI del sitio web CPC(2020). Pueden presentarse años como 2017 (Figura 3), donde las fases se cambian varias veces y entonces se presentan inundaciones invernales y en temporada de ciclones tropicales.

Al sumar esta 7 inundaciones con las 21 registradas por huracanes en todo el país, da un total de 28 casos entre 2000 y 2022, para un promedio de 1.27 casos por año para el territorio cubano, por cualquier causa.

Grey et al. (1997) y Ballester et al. (2010) señalan que el período 1970-1994 se caracterizó por ser un período de baja actividad ciclónica, debido a las bajas temperaturas oceánicas y al desfavorable comportamiento de los patrones de circulación atmosférica, influidos por la frecuente ocurrencia del evento NIÑO, pero que a partir de 1995 aparece un auge en las temporadas ciclónicas porque comienza un calentamiento superficial y un aumento en la ocurrencia de la fase NIÑA o neutra del evento ENOS. Por otra parte, Pérez Parrado (1995) señala que el evento NIÑO promueve el desplazamiento de la circulación continental hacia el Golfo de México, de manera que se inhibe la actividad ciclónica; en esta situación, las bajas extratropicales provenientes del continente bajan en latitud y los sistemas frontales afectan con más fuerza a Cuba, generando intensas inundaciones costeras durante la temporada invernal.

Para integrar todas las partes, pudiera identificarse la década de los 90 del siglo XX como de transición hacia el auge de la actividad ciclónica del siglo XXI, tomando en cuenta que en 1992, 1993 y 1998 ocurrieron tres tormentas extratropicales muy intensas, que generaron inundaciones fuertes en la ciudad de La Habana, bajo la influencia de la fase NIÑO, siendo la de 1993, generada por la Tormenta del Siglo, la más intensa de que se tiene noticia por esta causa para la capital del país.

En el presente está transcurriendo un período de gran actividad ciclónica en el Atlántico, donde hay un par de aspectos que concurren:

1) Frecuencia en la ocurrencia de fases NIÑA y neutras del evento ENOS, que favorecen el

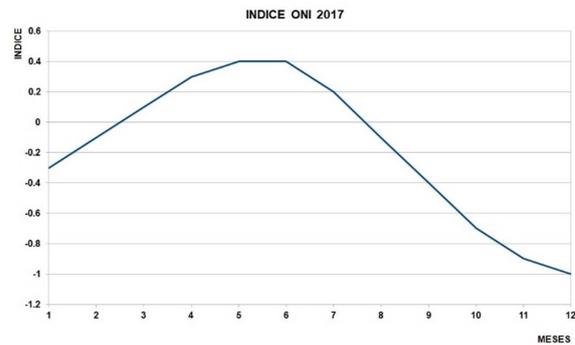


Figura 3. Índice ONI durante el año 2017; datos tomados de CPC (2020).

desplazamiento de la circulación tropical hacia latitudes medias. Un buen indicador es el índice ONI, el cual ha predominado en valores negativos o cercanos a cero (valores casi neutros), según muestra el gráfico de la Figura 3.

2) Predominio de altas anomalías de la temperatura oceánicas en el Atlántico, con énfasis en su mitad oriental.

Del gráfico publicado por Copernicus (2023), que se muestra en la Figura 4, se aprecia que las anomalías de la temperatura en el Atlántico Oriental, en general se han conservado positivas y muy altas en el siglo XXI (líneas rojas). Es una situación favorable a la ciclogénesis, especialmente en las cercanías de las costas africanas, por donde transitan los disturbios que habitualmente evolucionan como ciclones tropicales.

Estas anomalías son atribuibles al calentamiento global por el cambio climático previsto y dentro de ese contexto, los autores de la presente investigación consideran, como un aspecto más a tomar en cuenta, que hacia la región tropical central del Atlántico, en el entorno de los 45°W y entre 15-30°N, esta situación está fuertemente influida por el comportamiento de la circulación termohalina en el Atlántico, modulada por la interacción entre las descargas del Amazonas y las aguas del Atlántico Central Tropical. Se ha documentado que el caudal del Amazonas ha disminuido debido a los frecuentes episodios de sequía

Tabla 3. Frentes fríos que generaron inundaciones costeras moderadas en La Habana y coincidieron en el mismo año con afectación por ciclones tropicales que generaron inundaciones costeras.

Fecha de afectación por frentes fríos	Fase ENOS, según índice ONI (CPC, 2020)	Afectaciones por CT en La Habana, en los mismos años
1 2 /marzo/2009	Negativa, casi neutra; cambió a positiva en abril-mayo-junio	NO
2 3/marzo/2010	Positiva	NO
3 12/diciembre/2010	Negativa	NO, afectación "Paula" sin inundación costera
4 16/enero/2016	Positiva	NO
5 22/enero/2016	Positiva	NO
6 21/enero/2017	Negativa, casi neutra; cambió a positiva en marzo y a negativa en julio	SI, afectación "Irma" con inundación fuerte
7 19/diciembre/2018	Positiva	NO

OCEANIC NIÑO INDEX (ONI)

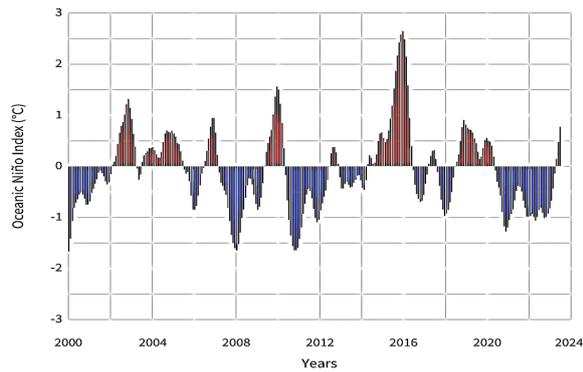


Figura 3. Comportamiento del índice ONI en el período 2000-2023 (tomado del sitio web de [Climate, 2023](#)). Las etapas en azul corresponden a la fase NIÑA y las rojas a la fase NIÑO.

([Nobre et al, 1991](#); [Ronchail et al. 2005](#)) y esta disminución del aporte de agua fresca al Atlántico ha colaborado con el aumento de la salinidad en el área tropical central y por tanto, de su capacidad calórica ([Mitrani et al. 2020](#)).

Por otra parte, las salidas de modelos acoplados globales indican un incremento de la salinidad y la temperatura en aguas aledañas a Cuba ([Mitrani et al. 2019](#)), de modo que el actual auge de la actividad ciclónica pudiera prolongarse unos años más.

CONCLUSIONES

- Durante el período 2000-2022, se aprecia un auge en la ocurrencia de inundaciones costeras de gran severidad, principalmente generadas por ciclones tropicales que tocaron tierra cubana (más del 65%) o pasaron por sus cercanías, de manera que la afectación a Cuba ha sido del orden de casi 2 eventos por año como promedio (más de la mitad en etapa de huracán) y de ellos, más del 50% han generado inundaciones costeras en algún punto del territorio cubano, con una frecuencia de al menos un evento por año.
- La serie cronológica de inundaciones costeras en La Habana, muestra un aumento desde 1901 hasta el presente, con alternancia de periodos de auge o depresión de 30 a 40 años, aunque la etapa 1980-2020 al parecer se prorrogaría, favorecida por el aumento de la temperatura superficial oceánica de gran influencia en la ciclogénesis.
- Se destaca que no hubo inundaciones notables por sures, que ocasionalmente afectan al Golfo de Batabanó, y tampoco por combinaciones de altas y bajas en el Atlántico, que ocasionalmente afectan a la región nor-oriental Gibara-Baracoa.
- Las inundaciones por sistemas frontales, de alguna importancia, fueron 7 en total y clasificadas en el entorno de moderadas, es decir, ninguna llegó a ser francamente intensa Sumadas con las generadas

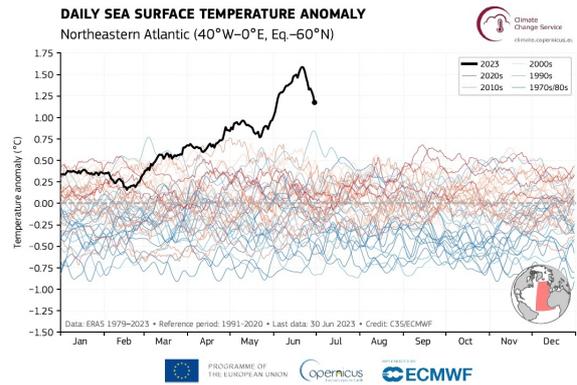


Figura 4. Anomalías de la temperatura superficial oceánica en los años 1970-2023, con periodo de referencia de 1991-2020 en la mitad oriental del Atlántico Norte ([Climate, 2023](#)).

por ciclones tropicales, da un total de 28 inundaciones con un promedio de 1.27 de ocurrencia por cualquier causa para el territorio cubano, en los años 2000-2022.

- El comportamiento de los ciclones tropicales, en frecuencia e intensidad, se muestran acordes con los valores negativos o cercanos a cero del índice ONI, que indican predominio de la fase NIÑA, lo cual favorece a los patrones de trayectorias hacia el oeste y que se inhiba la actividad de sistemas frontales, al mantenerse la circulación continental en latitudes medias y altas.
- El incremento de la temperatura superficial sobre el Atlántico, con anomalías positivas, ha sido también una potente fuente de energía para el desarrollo de los ciclones tropicales que han alcanzado el territorio cubano.
- Se manifiesta una repetición de sucesos con intervalos de casi 100 años, entre huracanes que afectaron a La Habana con intensas inundaciones costeras. Así, se han registrado uno en 1906 y otro en 2005, uno en 1919 y otro en 2017, pero además está documentado en el Centro del Clima del INSMET, uno en 1844 y otro en 1944.

REFERENCIAS

- Alvarez Capote, N., & Gómez Zamora, Y. (2023). Resumen del paso del huracán Ian por la provincia de Artemisa. *Revista Cubana de Meteorología*, 29(1), 1–8. <https://cu-id.com/2377/v29n1e05>
- Ballester, M., González, C., & Pérez, R. (2010). *Variabilidad de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte y su Pronóstico*. Editorial Academia.
- Climate. (2023). *Climate Dashboard-variability-Oceanic-Niño-Index-graph-20230824-1400px.png*. National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. <https://www.climate.gov/media/15551>

- Climate Center Prediction (CPC). (2020). *Cold and Warm Episodes by Seasons. ONI index*. Climate Center Prediction. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Copernicus. (2023). *Daily sea surface temperature anomaly (°C) averaged over the northeastern Atlantic region during 2023 and for previous years from 1979 to 2022*. Copernicus Climate Change Service/ECMWF. https://climate.copernicus.eu/site/default/files/custom-uploads/Page%20Uploads/June%2023%20CB/fig3a_plot_era5_daily_series_anomaly_stacked_blueed_sst_neatlantic.pdf
- General Bathymetry Chart of the Ocean (GEBCO). (2009). *Digital Bathymetry Atlas*. British Oceanographic Data Center, Intergovernmental Oceanographic Commission, International Hydrographical Organization, Environment Research Council. https://www.gebco.net/data_and_products/gebco_digital_atlas/
- Gray, W. L., Sheaffer, J. D., & Landsea, C. W. (1997). Climate Trends Associated with Multidecadal Variability of Atlantic Hurricane Activity. In *Hurricanes Climate and Socioeconomics Impacts* (p. 292). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-60672-4_2
- Hernández Capote, F., & Gómez Zamora, Y. (2021). Resumen del paso del huracán Ida por la provincia de Artemisa. *Revista Cubana de Meteorología*, 27(4), 1–8. <https://cu-id.com/2377/v27n4e10>
- Hidalgo Mayo, A., & Mitrani Arenal, I. (2022). Período de retorno de las inundaciones costeras en el archipiélago cubano. *Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 43(1), 3–11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382022000100003
- Instituto de Meteorología (INSMET). (2000). *Ciclones tropicales; Resúmenes de temporada*. Instituto de Meteorología. <http://www.insmet.cu>
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., Tomasella, J., Oyama, M. D., Sampaio de Oliveira, G., deOliveira, R., Lamargo, H., Alves, L. H., & Brown, I. F. (2008). The Drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 16. <https://www.researchgate.net/publication/47444386>
- Martínez, D., Borrajero, I., Bezanilla, A., & Centella, A. (2011). La ocurrencia de ciclones tropicales en el Caribe y México y el calentamiento global. Aplicación de un modelo climático regional. *Revista Ciencias de La Tierra y El Espacio*, 12, 17–30. <http://www.iga.cu/publicaciones/revista/index.htm>
- Mitrani, I., Díaz, O. O., Vichot, A., Hernández, I., Hidalgo, A., García, E., & Rodríguez, J. A. (2012). Tendencias climáticas de las inundaciones costeras severas en áreas de Cuba. *Revista Ciencias de La Tierra y El Espacio*, 13(2). <http://www.iga.cu/publicaciones/revista/index.htm>
- Mitrani, I., García, E., Hidalgo, A., Hernández, I., Díaz, O. O., Vichot, A., Pérez, A., & Rodríguez, J. A. (2016). The coastal flood regime around Cuba, the thermohaline structure influence and its climate tendencies. *Journal of Environment and Ecology Research*, 4(2), 37–49. <https://doi.org/10.13189/eer.2016.040201>
- Mitrani, I., García, E., Hidalgo, A., Hernández, I., Salas, I., Pérez, R., Díaz, O., Vichot, A., Pérez, A., Cangas, R., Álvarez, L., Pérez, O., Rodríguez, J. A., Rodríguez, C. M., Pérez, A. L., Morales, A., Viamontes, J., & Pérez, J. (2017). *Inundaciones costeras en Cuba. Estructura termohalina y su influencia en las inundaciones*. Editorial CITMA^{TEL}. <http://www.citmatel.cu>
- Mitrani-Arenal, I., Hidalgo-Mayo, A., Cabrales-Infante, J., & Vichot-Llamo, A. (2019). The coastal flood regime and its climate tendencies at the Havana City shore area. *Revista Cubana de Meteorología*, 25(3), 381–391. <http://opn.to/a/OIClb>
- National Hurricane Center Archives (NHC). (2000). *National Hurricane Center Archives*. <http://www.nhc.noaa.gov>
- Nobre, C. A., Sellers, P. J., & Shukla, J. (1991). Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. *Journal of Climate*, 4(10), 957–988. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1991\)004<0957:ADARCC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1991)004<0957:ADARCC>2.0.CO;2)
- Pérez Parrado, R., Rego, J., & García, O. (1995). Efectos del evento ENOS durante la temporada invernal en Cuba. *Boletín SOMETCUBA*, 1(2).
- Pérez Suárez, R., Ballester, M., González, C., & Limia, M. (1998). Los ciclones tropicales de Cuba. Variaciones y tendencias observadas. In *Memorias de la Conferencia Científica sobre Ciclones Tropicales "Rodríguez in Memoriam"* (pp. 30–33). WMO/SOMETCUBA/INSMET.
- PNUD. (1998). *Desarrollo de las técnicas de predicción y las inundaciones costeras, prevención y reducción de su acción destructiva* (p. 200) [Informe Técnico del Proyecto PNUD-Cuba/94/003]. Editora del Instituto de Planificación Física.
- Ronchail, J., Labat, D., Calde, J., Cochonneau, G., Guyot, J. L., Filizola, N., & De Oliveira, E. (2005). Discharge variability within the Amazon basin, Regional Hydrological Impacts of Climatic Change-Hydroclimatological Variability. In (pp. 21–29). IAHS Publ. 296.