

Cronología de inundaciones costeras por penetración del mar, en la provincia Cienfuegos

Chronology of coastal flooding by penetration of the sea, in the Cienfuegos province



<http://opn.to/a/5Ug49>

Virgilio Alberto Regueira-Molina ^{1*}, Sinaí Barcia-Sardiñas ¹

¹Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba

RESUMEN: Se presentan por primera vez la creación de una red de observadores voluntarios, para estimar el estado de la superficie marina bajo la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos en la provincia Cienfuegos. Se confecciona la cronología de las inundaciones ocurridas en la provincia, así como la clasificación de las mismas. Para ello se utiliza la metodología destinada al estudio climático de las inundaciones costeras en Cuba; desarrollada en el marco del proyecto Nacional “Procedimiento para la ejecución y uso de las observaciones del estado de la superficie marina desde estaciones costeras, en la predicción del oleaje e inundaciones costeras en territorio cubano”. Como fuentes de información se consultaron reportes de prensa provincial y nacional, documentos del Archivo Histórico Provincial, datos históricos del Centro Meteorológico Provincial, testimonios de pobladores de diferentes zonas costeras, así como la cronología de ciclones tropicales del Instituto de Meteorología y *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Se concluye de forma confiable que las inundaciones costeras en Cienfuegos, han ocurrido en siete ocasiones y son producidas por el impacto directo de los ciclones tropicales que provienen del mar Caribe en su estadio superior, el huracán. Esta información se pone a disposición de la investigación científica para mejorar el conocimiento anticipado de las condiciones propicias que podrían provocar inundaciones en las zonas bajas del litoral cienfueguero. Se recomienda el uso de los resultados alcanzados, en el trabajo operativo del Centro de Meteorología Marina del Instituto de Meteorología y del Centro Meteorológico Provincial, en el pronóstico a nivel local de estos eventos meteorológicos y con el propósito de mitigar al máximo, los peligros que pudieran originarse en la zona costera.

Palabras Clave: observadores voluntarios, cronología, inundaciones costeras, surgencia, Cienfuegos.

ABSTRACT: The creation of a network of volunteer observers is presented for the first time, to estimate the state of the marine surface under the occurrence of extreme weather events in the Cienfuegos province. The chronology of the floods occurred in the province is made, as well as the classification of them. To this end, the methodology for the study of coastal floods in Cuba is used; developed within the National Project "Procedure for the execution and use of the observations of the state of the marine surface from coastal stations, in the prediction of the swell and coastal floods in Cuban territory". Information sources included provincial and national press reports, documents from the Provincial Historical Archive, historical data from the Provincial Meteorological Center, testimonies from settlers from different coastal areas, as well as the chronology of tropical cyclones from the Institute of Meteorology and National Oceanic and Atmospheric Administration. It is reliably concluded that the coastal floods in Cienfuegos have occurred on seven occasions and are produced by the direct impact of tropical cyclones that come from the Caribbean at its highest stage, the hurricane. This information is made available to scientific research to improve the anticipated knowledge of the favorable conditions that could cause flooding in the lower areas of the Cienfuegos coast. It is recommended the use of the results achieved, in the operative work of the Center of Marine Meteorology of the Institute of Meteorology and the Provincial Meteorological Center, in the local forecast of these meteorological events and with the purpose of mitigating to the maximum, the dangers that could originate in the coastal zone.

Key words: volunteer observers, chronology, coastal floods, upwelling, Cienfuegos.

*Autor para correspondencia: *Virgilio Alberto Regueira-Molina*. E-mail: vily@cfg.insmet.cu

Recibido: 01/02/2019

Aceptado: 15/04/2019

INTRODUCCIÓN

A partir de la segunda mitad del siglo XX, los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, han presentado un incremento sustancial, tanto en frecuencia como en intensidad, en diferentes regiones del planeta, lo que ha provocado pérdidas de vidas humanas, así como múltiples daños materiales y de infraestructura provocando consecuencias económicas adversas en un sinnúmero de países (Organización Meteorológica Mundial, [OMM, 2015](#)).

La variabilidad y el cambio climático han incrementado la tendencia de los peligros naturales desde inicios del siglo XXI, destacándose las inundaciones costeras en los pequeños estados insulares, fundamentalmente al paso de ciclones tropicales, los que se han visto afectados, además, por el retroceso de la línea costera producto del ascenso del nivel del mar a partir del calentamiento global actual (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, [IPCC, 2013](#)).

Cuba se encuentra entre las naciones que más se afectarían por el incremento del nivel del mar, tomando en cuenta su condición insular, su configuración físico- geográfica y la existencia de zonas bajas en gran parte de su perímetro costero. Estudios recientes indican una tendencia lineal de crecimiento del nivel del mar entre 0 y 0.214 cm/año en las costas cubanas ([Hernández et al., 2010](#)), valores que son cercanos al escenario mínimo de [IPCC \(2013\)](#), pero no deben descartarse los cambios desfavorables que generaría la ocurrencia del peor escenario.

En Cuba, las inundaciones costeras más severas de que se tienen noticias, han sido producidas por el paso de los ciclones tropicales, fundamentalmente huracanes, no solo por el efecto de la surgencia cuando han tocado tierra, sino también por el arrastre del viento y la rompiente de oleaje, al desplazarse por los mares aledaños al territorio nacional ([Mitrani et al., 2014](#)). Otras inundaciones de significación han sido producidas por sistemas frontales y vientos de región sur asociados a bajas extratropicales (Mitrani et al.,

1997; [Moreno et al., 1998](#); [Mitrani et al., 2000](#); [Mitrani et al., 2001](#)).

En respuesta a la preocupación e interés del estado cubano, desde mediados de la década de los ochenta, aunque con mayor intensidad desde inicios de los años noventa, varios investigadores se han dado a la tarea de estudiar el régimen de las inundaciones costeras en las costas cubanas y las afectaciones que estas pudieran ocasionar en las zonas más proclives a este tipo de evento meteorológico. Se han identificado las zonas del país más afectadas por estos eventos y los sistemas que los generan. Los principales resultados aparecen en las publicaciones del [Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo \(1998\)](#), [Mitrani et al. \(2001\)](#), [Mitrani y Díaz \(2008\)](#) e [Hidalgo \(2016\)](#).

En el año 2015, el Centro Meteorológico de Holguín lideró un Proyecto Nacional con el objetivo de darle seguimiento y profundidad a toda la investigación realizada anteriormente en Cuba sobre inundaciones costeras y para ello se integró los centros meteorológicos del país, enfocados en un objetivo esencial:

Crear una cronología de inundaciones costeras en cada provincia del país, con un criterio de clasificación de la inundación de acuerdo a su alcance horizontal o tierra adentro, adecuado a cada territorio y basado en sus características físico- geográficas.

En este sentido se desarrolla el presente trabajo el cual además de crear la cronología de inundaciones costeras para la provincia Cienfuegos, pretende describir el proceso de creación de la red de observadores voluntarios que informen al grupo de pronósticos bajo condiciones de eventos meteorológicos que provoquen inundaciones costeras, las características de la superficie marina (altura de las olas) en dicha zona litoral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características físico-geográficas de la zona objeto de estudio

La provincia de Cienfuegos, se ubica en el centro sur de Cuba; limita al norte con las

provincias de Matanzas y Villa Clara, al este con esta última y Sancti Spíritus, al oeste con Matanzas y al sur con el mar Caribe. Su costa sur, única que presenta, está contorneada por el mar Caribe combinándose las zonas abrasivas y las acumulativas, con presencia de algunas playas. Aparecen sectores de terrazas marinas y zonas estuarinas asociadas a las desembocaduras de algunos ríos, pero una gran longitud de su costa está caracterizada por ser de pendiente acantilada y abrupta, de pequeña plataforma insular, estando el veril cerca del litoral (tipo a). En estos sectores de costa las inundaciones costeras no son favorecidas por el arrastre del viento, sino por acumulación de agua por rompiente de oleaje (wave setup) y por el efecto de surgencia producidas por ciclones tropicales cuando han tocado tierra o al desplazarse cerca de la costa.

Se destaca como accidente natural relevante la Bahía de Cienfuegos, el cual constituye el principal estuario del territorio y el recurso natural más significativo para el desarrollo socioeconómico de la provincia, pero que además forma parte del escenario donde se manifiestan las inundaciones. Está localizada en los 22° 09' Latitud Norte y 80° 27' Longitud Oeste en la costa sur de Cuba. Su canal de entrada se encuentra limitado por dos puntas, al este por Punta Los Colorados y al oeste por Punta Sabanilla ([Anónimo, 1991](#)), [Figura 1](#). Posee un área de 88.46 km² y un volumen total de 1.84 km³. Su forma es ovalada y está orientada de noroeste al sudeste. Posee 19 km de longitud máxima y 7.5 km en su parte más ancha, con profundidad promedio entre 12-13 m. De forma natural está dividida en dos lóbulos delimitados por el bajo "La Cueva" que tiene una profundidad promedio de 1.5 m el cual ejerce gran influencia en la circulación de las masas de agua dentro de la bahía. Presenta un estrecho y sinuoso canal de acceso con una longitud de 3 600 m y profundidades entre 30 y 50 m en el centro, con ciertos límites para la navegación por la sinuosidad que forma Punta Pasacaballo; el mismo forma un cañón con arrecife y costas acantiladas y abrasivas con vegetación degradada hacia el sector este.

En toda su extensión existen 50 puntas y 20 ensenadas o caletas, tres de ellas usadas como resguardo para embarcaciones pequeñas y de mediano porte en caso de vientos fuertes. Las formaciones costeras más características de la bahía son: playa rocosa, playa arenosa, manglares, margas y uverales y formaciones boscosas como manigua costera y monte seco. También existen dentro de la Bahía catorce cayos, siendo tres los más importantes ([Anónimo, 1987](#)).

Creación de la Red de Observadores Voluntarios

Para la creación de la red de observadores voluntarios, se estableció contacto con la Agencia "Ayuda a la Navegación" perteneciente a la Empresa GEOCUBA de Cienfuegos y su director Ing. José E. Padrón Valladares, responsable del funcionamiento y atención al Faro "Los Colorados", ubicado en el litoral, al este de la entrada de la bahía cienfueguera. Además, se contactaron con otros centros de la provincia ubicados en la zona costera que estuvieran dispuestos a cooperar en la observación y vigilancia del estado de la superficie marina, como el caso de la camaronera "Yaguacán", localizada muy cerca del límite costero entre Cienfuegos y Sancti Spíritus. Basado en los diferentes estados de la mar que sugiere la escala Douglas, a todas estas personas se les impartió, por parte de especialistas del Centro Meteorológico de Cienfuegos (CMPCF), una capacitación sobre las características y propiedades de las olas y la forma de estimación del oleaje cuando no se cuenta con el instrumento adecuado para medir su altura.

Finalmente se estableció un procedimiento mediante el cual se realizan las observaciones del estado de la superficie marina y se establecen las pautas de la transmisión de dichas observaciones hacia el CMPCF.

Cronología de inundaciones costeras en Cienfuegos

Para identificar los huracanes que generaron inundaciones costeras en el litoral cienfueguero, se consultaron varias fuentes de información:



Figura 1. Mapa de localización de la Bahía de Cienfuegos, Cuba.

- Cronología de Huracanes del *Nacional Hurricane Center* de los Estados Unidos (EEUU) desde 1851 hasta 2014 ([Landsea et al., 2014](#)).
- Cronología de Ciclones Tropicales del Instituto de Meteorología (INSMET), desde 1871 hasta la actualidad ([Pérez, 2013](#)).
- Cronología de Ciclones Tropicales que han afectado a la provincia Cienfuegos ([Barcia et al., 2012](#)).

En tanto para describir las particularidades de cada evento meteorológico seleccionado, se consultó el Atlas Climático de la Provincia de Cienfuegos ([Barcia et al. 2015](#)), los Resúmenes de Temporada Ciclónica que confecciona cada año el Centro Nacional de Pronósticos del INSMET, Mapas Sinópticos, Informes de Satélites y Estados Generales del Tiempo, disponibles en los archivos de esta institución, además de los testimonios de pobladores de las zonas afectadas por estos eventos, información de indudable valor.

Se elaboró un criterio para clasificar la inundación costera según su alcance horizontal

teniendo en cuenta la relación entre las características físico-geográficas de la costa cienfueguera y su relación con los huracanes provenientes del mar Caribe. Siguiendo este criterio fue posible elaborar una cronología de las inundaciones costeras en la provincia Cienfuegos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Creación de la Red de Observadores Voluntarios

La Red de Observadores Voluntarios creada en la provincia Cienfuegos está compuesta por los torreros del Faro “Los Colorados”, ubicado al Este de la entrada a la bahía cienfueguera, [Figura 2](#). Además la misma se integra por otros observadores dispuestos a cooperar en la observación y vigilancia del estado de la superficie marina, como es el caso de los trabajadores de la Camaronera “Yaguacán”, enclavada en la costa y al Este de la desembocadura del río Yaguanabo, cerca del límite costero entre Cienfuegos y Sancti Spiritus, [Figura 3](#).

El procedimiento de observación y transmisión de la información se basa en los siguientes puntos:



Figura 2. Faro "Los Colorados".



Figura 3. Centro de desove del camarón "Yaguacán"

- Observación: Se estimará la altura de la ola de forma visual, basado en los conocimientos teóricos adquiridos en la capacitación y aplicando la comparación del oleaje, con alturas predeterminadas y conocidas sobre distintos puntos de la costa. Además, en presencia de inundaciones costeras, también se estimará el alcance horizontal del agua tierra adentro, comparándolo con distancias ya conocidas desde la línea costera y en caso posible, la medición de la altura alcanzada.
 - Transmisión: La información será transmitida en dos horarios del día (final de la mañana y final de la tarde). En el caso del Faro "Los Colorados", será a través de sus cuatro operadores o torreros por la vía telefónica hacia el Jefe de Turno Operativo del Grupo Provincial de Pronóstico (GPP), perteneciente al Centro Meteorológico Provincial. Las personas encargadas de enviar dicha la información, se agrupan en dos turnos de trabajo.
Los teléfonos que se utilizarán para la comunicación serán:
 - Faro con Vigilancia Los Colorados: (43) 548105.
 - Puesto de Mando Empresa GEOCUBA Cienfuegos: (43) 515913.
 - Grupo Provincial de Pronóstico del CMP de Cienfuegos: (43) 517008 y (43) 525650.
- En el caso de los trabajadores de la Camaronera "Yaguacán", la observación se realizará de idéntica forma, pero la comunicación partirá de una llamada telefónica desde el Grupo de Pronósticos del CMPCF, cuando se considere oportuno y necesario y siempre a su director.

Cronología de inundaciones costeras en Cienfuegos

El estudio de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo por penetraciones del mar, lluvias intensas y fuertes vientos en la provincia, muestra que los municipios de Cienfuegos y Cumanayagua son los que presentan el mayor peligro de inundación por penetraciones del mar asociadas a ciclones tropicales (Gómez *et al.*, 2011). En el municipio de Cienfuegos pueden ser inundados los barrios de Las Minas, Punta Gorda, Punta Cotica, Reina y O' Bourke y asentamientos de pescadores enclavados en el tramo costero del cañón de entrada a la bahía, como: El Perché, El Castillo y La Milpa en las diferentes categorías de huracanes. La afectación en este territorio se debe a las características físicas de su litoral, especialmente la zona de la bahía donde se ubica la ciudad cabecera. Se inundan principalmente las zonas estuarinas, las terrazas bajas y las áreas urbanizadas ubicadas sobre la línea de costa o muy próximas a ella.

Los Consejos Populares de Arima, La Sierrita y Camilo Cienfuegos en el municipio de Cumanayagua también pueden ser afectados por las penetraciones marinas. Los tramos de inundación determinados por este estudio, aunque abarcan casi todo el litoral municipal ocupan áreas estrechas a causa de la topografía de la zona.

En todos estos casos las mayores áreas de afectación ocurren bajo el azote de huracanes intensos (categoría 3 o mayor).

Teniendo en cuenta las características propias de los huracanes estudiados, la batimetría de la zona

marítima de la provincia, la configuración de su costa, así como todo el material testimonial y de archivo, se propone una nueva y particular clasificación de inundaciones costeras, según el alcance horizontal del mar sobre tierra, adaptada a las características físico-geográficas de las costas de Cienfuegos, la que se muestra en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Clasificación de la inundación costera para Cienfuegos, según su alcance horizontal en metros.

Clasificación	Alcance (m)
Ligera	<100
Moderada	100-200
Fuerte	>200

A partir de dicha propuesta se elaboró la Cronología de Inundaciones Costeras, asociadas a huracanes en la provincia Cienfuegos ([Tabla 2](#)).

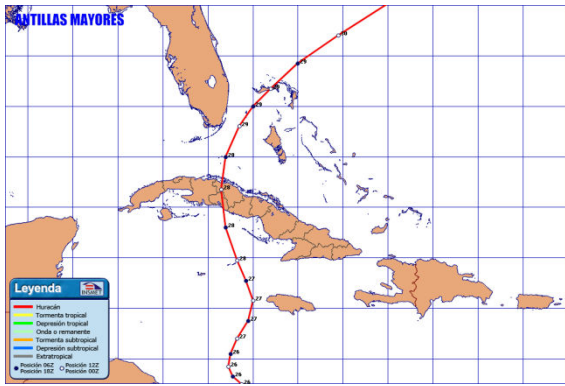
A continuación, se describen las características de cada una de las mismas:

1- Huracán del 35 ó Huracán de Cienfuegos

Particularidades de la inundación. Testimonios de la época arrojaron inundaciones en zonas bajas de los asentamientos pesqueros de la bahía, como El Castillo, El Perché y la Milpa, así como en la zona de Punta Gorda, con el mar penetrando en esta última entre 50 y 100 m de la línea costera, [Figura 4](#). Los barcos surtos en puerto fueron protegidos excepto el Magna y Wagner que fueron arrojados contra la costa perdiendo parte de sus mercancías ([Figura 5](#)), ([El Comercio, 29 septiembre 1935](#)).

Tabla 2. Cronología de inundaciones costeras en el litoral cienfueguero.

Sistema Meteorológico	Fecha/Duración (h)	Alcance Horizontal(m)	Alcance Vertical (m)	Clasificación de la inundación
Huracán de Cienfuegos	28/sep./1935	50 - 100	--	Ligera
Huracán Fox	24/oct./1952	100 - 150	--	Moderada
Huracán Lili	18/oct./1996	50	--	Ligera
Huracán Michelle	4/nov./2001	100	1.5	Ligera
Huracán Iván	12/sep./2004	<100	--	Ligera
Huracán Dennis	08/jul./2005	> 200	--	Fuerte
Huracán Wilma	20/oct./2005	50 - 100	--	Ligera



Características sobre Cienfuegos:

Día de entrada: 28 de septiembre de 1935

Punto de entrada: Ciudad de Cienfuegos (Figura 3).

Zonas afectadas directamente: Cienfuegos y localidades aledañas.

Presión mínima: 956.3 hPa.

Vientos máximos sostenidos: 202 km/h

Categoría: 3 sobre Cienfuegos.

Velocidad de traslación: 15-20 km/h.

Diámetro del ojo: 25-30 km.

Precipitaciones: 58 mm (en la ciudad de Cienfuegos.)

Figura 4. Trayectoria del Huracán de Cienfuegos o Huracán del 35.

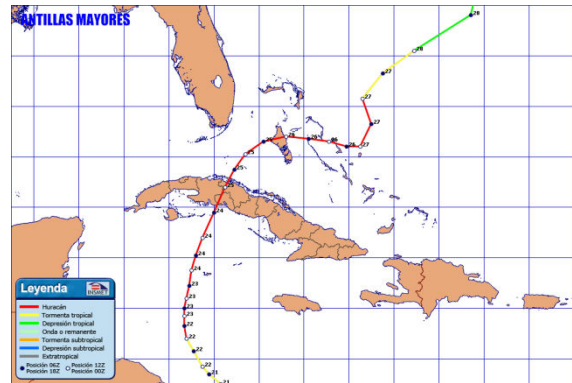
2- Huracán Fox

Particularidades de la inundación. Se produjeron inundaciones en zonas bajas de los asentamientos pesqueros de la bahía, como El Castillo, El Perché y la Milpa, así como en la zona de Punta Gorda, con el mar penetrando en esta última entre 100 y 150 m de la línea costera, Figura 6. La fuerte marejada que se registró al paso del ciclón por el Suroeste de Cienfuegos, produjo estragos en los muelles. Tubos de mieles de 14 y 16 pulgadas



Figura 5. Ejército auxiliando un barco con heridos en la bahía de Cienfuegos (izquierda) y embarcación ligera sobre tierra, cerca de la bahía de Cienfuegos (derecha) después del azote del Huracán del 35.

fueron rotos igual que el soporte de 7 cuadras en que se sostenían desde los tanques al lugar de embarque, (Revista Hora).



Características sobre Cienfuegos:

Día de entrada: 24 de octubre de 1952

Punto de entrada: Ciénaga de Zapata (Figura 6).

Zonas afectadas directamente: Abreus, Aguada de Pasajeros, Rodas.

Presión Mínima: 990.5 hPa (en la ciudad de Cienfuegos).

Vientos máximos: 144-160 km/h de región suroeste en la ciudad de Cienfuegos).

Categoría: 4 sobre Cienfuegos (Aguada de Pasajeros).

Velocidad de traslación: 15-20 km/h.

Precipitaciones: 350 mm (en la ciudad de Cienfuegos).

Extensión: 100 km de diámetro.

Diámetro del Ojo: 15-20 km.

Figura 6. Trayectoria del Huracán Fox.

3- Huracán Lili

Particularidades de la inundación. Inundaciones en zonas bajas de las zonas de Punta Gorda, Reina



y Las Minas, donde el agua pudo llegar hasta los primeros 50 metros de la costa, [Figura 8](#).

4- Huracán Michelle

Particularidades de la inundación. En la zona de Punta Castaño ([Figura 10](#)), en Punta Gorda, las olas del mar alcanzaron alturas estimadas por los habitantes del lugar, por encima de tres metros. Entre las 9 y 10 de la noche del día 4 de noviembre, una vez que se implantaron los vientos

del Suroeste con rachas superiores a 100 km/h, se afectó toda el área del Malecón de Cienfuegos, arrancando y tirando al suelo gran parte del mismo. Se produjeron inundaciones costeras en los barrios de Reina, O´Bourke y Las Minas, con inundaciones que alcanzaron los 100 metros tierra adentro. En la Laguna del Cura y en la Bahía de Cienfuegos el nivel medio del mar aumentó en 1.5 m, tomando como referencia a los muelles Real y el de GeoCuba, en Cayo Loco, [Figura 9](#).

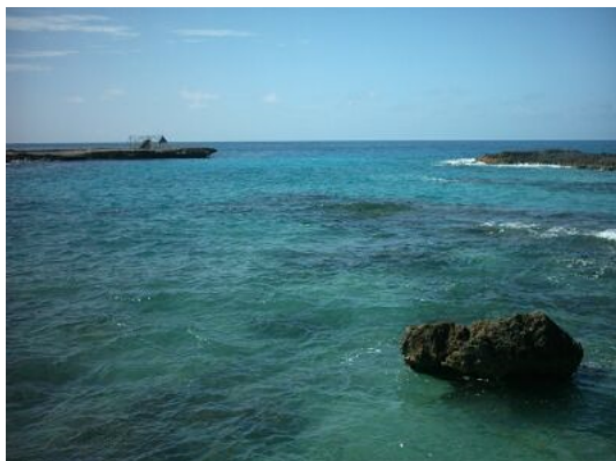
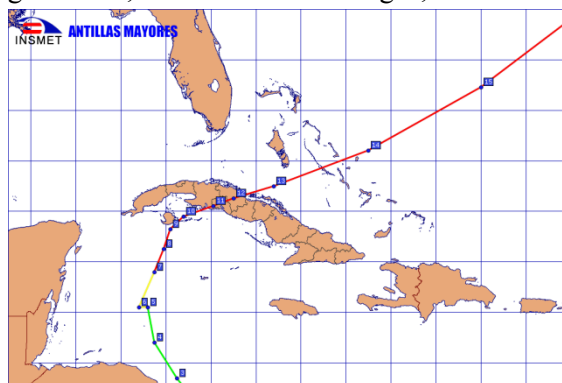


Figura 7. Caleta por donde penetró el centro del huracán Fox, según testimonios de este lugareño, que en esa época vivía en el lugar y sintió el azote directo del meteoro. Caleta del Toro, ubicada entre Punta Sabanilla y Punta Mangles Altos, costa sur de Cienfuegos, al oeste de la entrada a la bahía.



Características sobre Cienfuegos:

Día de entrada: 18 de octubre de 1996, entre las 16:00-17:00 UTC.

Punto de entrada: Zona entre Punta Perdiz y Caleta del Rosario, Ciénaga de Zapata.

Zonas afectadas directamente: Abreus, Aguada de Pasajeros, Palmira, Lajas y Cruces.

Presión Mínima: 980.9 hPa (en la ciudad de Cienfuegos).

Racha máxima: 166 km/h del sursuroeste en la estación meteorológica de Cienfuegos.

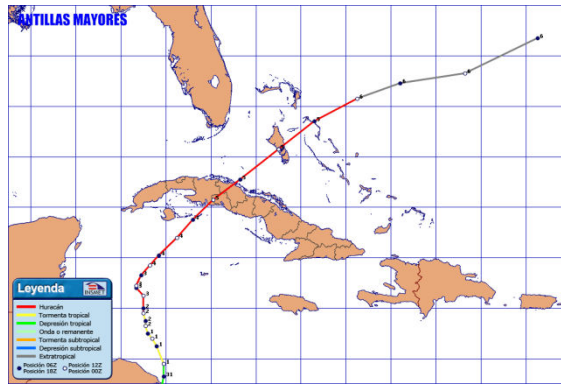
Categoría: 2 sobre Cienfuegos.

Velocidad de traslación: 17 km/h.

Precipitaciones: Caledonia, Municipio Cienfuegos: 345 mm

Extensión: 250 km de diámetro.

Figura 8. Trayectoria del Huracán Lili (1996).



Características sobre Cienfuegos:

Día de entrada: 4 de noviembre de 2001, entre las 02:00-03:00 UTC.

Punto de entrada: Zona entre Playa Larga y Playa Girón.

Zonas afectadas directamente: Abreus, Aguada, Palmira, Rodas, Lajas y Cruces.

Vientos máximos sostenidos: 140 km/h y una racha máxima de 167 km/h (SSE) en la estación de Cienfuegos.

Categoría: 1 sobre Cienfuegos.

Velocidad de traslación: 20-25 km/h.

Precipitaciones: Entre 120-190 mm en la provincia.

Extensión: 500 km de diámetro.

Diámetro del ojo: 40 km

Figura 9. Trayectoria del Huracán Michelle.



Maleconcito "La Punta", Punta Gorda.



Ave 2 y calle 37, Punta Gorda.



Muelle "Marina Marlin", Punta Gorda.



"La Rotonda", Punta Gorda.

Figura 10. Afectaciones por penetraciones del mar e inundaciones costeras en áreas del litoral de la Ciudad de Cienfuegos.

5- Huracán Iván

Particularidades de la inundación. La mar de leva asociada a Iván (categoría 4 de la escala Saffir-Simpson) cuando este pasaba por los mares al suroeste de Jamaica en la noche del 11 de septiembre y el día 12 (Figura 11), produjo inundaciones costeras por penetraciones del mar en casi todo el litoral de Cienfuegos, desde Yaguababo a Punta Sabanilla. Las olas se estimaron con alturas de hasta 5 metros, produciendo inundaciones en este tramo de costa de hasta 100 metros, destruyendo los estanques de la Camaronera Yaguacán, ubicada en la línea costera de Yaguababo. También en la playa Rancho Luna y en la carretera entre el faro Los Colorados y el hotel Pasacaballo, donde colocó una enorme y pesada

bala de cañón de la época de los españoles, arrancada del fondo marino.

6- Huracán Dennis

Particularidades de la inundación. El ángulo de incidencia en tierra de este huracán, limitó su surgencia y con ella los efectos de las inundaciones, Figura 12.

No obstante, se pudo apreciar inundaciones costeras donde la combinación del agua de mar y la lluvia, inundaron más de 200 metros tierra adentro en la zona de Reina y el muelle Real de La Aduana, así como toda la calle 37 o avenida del Malecón cienfueguero, desde su inicio en la avenida 40, hasta el final en la avenida cero en Punta Gorda, Figura 13.



Afectaciones en Cienfuegos.

Día de afectación: 12 de septiembre de 2004.

Zona afectada: Gran parte del litoral de la provincia, con olas de hasta 5 metros de altura.

Figura 11. Trayectoria del Huracán Iván.



Características sobre Cienfuegos:

Día de entrada: 8 de julio de 2005, entre las 19:00-20:00 UTC.

Punto de entrada: Punto al oeste de Punta Mangles Altos, límite entre Matanzas y Cienfuegos.

Zonas afectadas directamente: Abreus, Aguada de Pasajeros, Palmira y Rodas.

Velocidad de traslación: 21 km/h

Diámetro del Ojo: 18 km, según radar Pico San Juan.

Vientos máximos sostenidos: 220 km/h al sur de Cienfuegos, según avión y de 200 km/h de región sur en la bahía de Cienfuegos, según tanquero Shark, surto en bahía.

Presión mínima: 941 hPa al sur de Cienfuegos, según avión de reconocimiento.

Lluvia máxima para 24 horas en la provincia: 1000.9 mm en Cuatro Vientos, municipio Cumanayagua.

Figura 12. Trayectoria del Huracán Dennis (2005).



Ave 8 y calle37, Punta Gorda.



Crecida del río Lagunillas



Avenida del malecón cienfueguero.



Avenida del malecón cienfueguero.



Oleaje rompiendo en el litoral, entre faro Los Colorados y hotel Pasacaballos.



Penetración del mar entre el muelle Real de La Aduana y el barrio de Reina.

Figura 13. Inundaciones costeras por penetraciones del mar asociadas al Huracán Dennis en zonas del litoral de la ciudad de Cienfuegos.

7- Huracán Wilma

Particularidades de la inundación. Las inundaciones por penetración del mar en el litoral cienfueguero se concentraron fundamentalmente en el litoral exterior, desde Yaguanabo a Punta Mangles Altos, [Figura 14](#). En esta zona provocó la destrucción nuevamente en los estanques de alevines de la Camaronera Yaguacán y en la carretera desde el faro Los Colorados hacia Pasacaballos, donde la mar de leva produjo olas de hasta 7 m de altura, [Figura 15](#). La fuerza del mar arrancó del fondo marino un pedrusco gigantesco que depositó encima de la carretera hacia Pasacaballos, muy parecido a lo hecho por Iván un año atrás, [Figura 16](#). Las inundaciones entre estos puntos del litoral alcanzaron entre 50 y 100 m tierra adentro.



Figura 14. Trayectoria del Huracán Wilma.



Figura 15. Salpicadura de la ola asociada al mar de leva con alturas entre 5-7 metros, entre faro Los Colorados y hotel Pasacaballos. Cienfuegos, octubre de 2005.

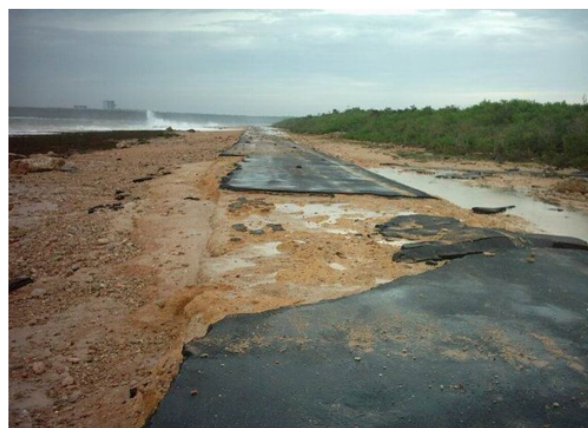


Figura 16. Efectos del oleaje por mar de leva provocado por el Huracán Wilma en el Caribe occidental. Tramo de Carretera desde Faro Los Colorados y Hotel Pasacaballo. Cienfuegos 2005.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se crea en la provincia una red de observadores voluntarios para estimar el estado de la mar bajo la influencia de fenómenos meteorológicos extremos, que pudieran producir inundaciones costeras por penetración del mar en tierra.

Se establece una nueva clasificación para las inundaciones costeras, según su alcance horizontal, producidas por la penetración del mar tierra adentro, basado en las características físico-geográficas de las costas de Cienfuegos.

Se confirma que los ciclones tropicales son los únicos fenómenos que hasta el presente son capaces de producir inundaciones costeras en Cienfuegos.

La cronología de inundaciones costeras en Cienfuegos constituye una información de gran utilidad para mejorar el conocimiento anticipado de las condiciones propicias que podrían provocar

inundaciones en las zonas bajas del litoral cienfueguero.

Se recomienda el uso de los resultados alcanzados en esta investigación, en el trabajo operativo del Centro de Meteorología Marina del INSMET, así como del grupo de pronósticos del Centro Meteorológico Provincial en la predicción a nivel local de estos eventos meteorológicos.

REFERENCIAS

- El Comercio, 1935. "El Tiempo", *Periódico "El Comercio"* (29 septiembre), pág. 1.
- Revista Hora, 1952. "Ayuda inmediata! Reclaman los damnificados de las Villas y Matanzas", *Revista Hora*, Año III, No. 39.
- Anónimo, 1991. "Geografía Marítima del Puerto de Cienfuegos". Distrito Marítimo del Centro. Cienfuegos. Cuba, 46 p.
- Barcia, S.; Orbe, G.; Regueira, V.; Rodríguez, C.; Millán, J. 2012. *Nueva Guía Climática de la provincia Cienfuegos*. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, INSMET.

- Barcia, S y Castillo, C. 2015. Atlas Climático de la Provincia Cienfuegos. Cienfuegos: Centro Meteorológico Provincial, INSMET, 105 p.
- Gómez, R.; Caravaca, L.; Muñoz, A.; Alonso T.; Olalde, E.; Gómez, F.; Estupiñán, L.; Barcia, S. y González, O. 2011. *Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por desastres de inundación por penetraciones del mar, inundación por intensas lluvias y afectaciones por fuertes vientos*. Cienfuegos: CITMA, 110 p.
- Hernández M.; Marzo, O.; Acanda, A. 2010. "Tendencia lineal del nivel del mar en algunas localidades del Archipiélago Cubano", *Serie Oceanológica*, No. 7, ISSN 2072-800x, consultado el 1 de junio del 2011, Available: <Available: http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/nivel_medio_del_mar_72.pdf > Consulted: septiembre 18, 2017].
- Hidalgo, A. 2016. *Metodología para el estudio climático de las inundaciones costeras en Cuba*. Tesis de Maestría. La Habana: Instituto de Ciencias y tecnologías Aplicadas e Instituto de Meteorología, 73p.
- Landsea, C.; J. Franklin & J. Beven 2014. *The revised Atlantic hurricane database (HURDAT2)*. April 2014. The National Hurricane Center (NHC), Miami, Florida, USA. Available: <<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/newhurdat-format.pdf>> [Consulted: junio 26, 2016].
- IPCC 2013. *Cambio climático 2013. Bases físicas*. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press.
- Mitrani, I.; Pérez, R.; García, O.; Salas, I.; Juantorena, J.; Ballester, M.; Beauballet, P.; Pérez, A. L. y Rodríguez, C. 2000. "Las zonas más expuestas a las inundaciones costeras en el territorio cubano y su sensibilidad al posible incremento del nivel medio del mar por cambio climático". *Revista Cubana de Meteorología*, 7(1): 45-50.
- Mitrani, I.; Pérez, R.; García, O.; Salas, I.; Juantorena, Y.; Ballester, M. y Beauballet, P. 2001. "The coastal floods in the Cuban territory, the most sensitive areas and the possible impact of the climate change" Proceeding of the 2001 Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community, Río de Janeiro, Brasil, 6-8 octubre 2001. Available: Available: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/openmeeting/1mtg/01info.html> [Consulted: marzo 25, 2017].
- Mitrani, I.; García, E.; Hidalgo, A.; Hernández, I.; Salas, I.; Pérez, R.; Rodríguez, C. M. y Pérez, A. L. 2014. Inundaciones costeras en Cuba y sus tendencias climáticas. En: *Inundaciones costeras en Cuba. Estructura termohalina y su influencia en las inundaciones*. (pp. 9-58). La Habana: Agencia de Medio Ambiente.
- Mitrani I. y Díaz O. 2008. "Particularidades de la estructura termohalina y sus tendencias en aguas cubanas". *Revista Cubana de Meteorología*, 14(1): 54-73.
- Moreno, A. (ed.). 1998. *Desarrollo de las Técnicas de Predicción de las inundaciones costeras, Prevención y Reducción de Acción Destructiva*. Informe Final del Proyecto Cuba 94/003, La Habana: Instituto de Meteorología, 172 p.
- OMM 2015. *Directrices de la OMM sobre servicios de predicción y aviso multirriesgos que tienen en cuenta los impactos*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- Pérez, R. 2013. *Cronología de los Huracanes de Cuba*. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 7 pp.
- PNUD 1998. *Desarrollo de las técnicas de predicción y las inundaciones costeras, prevención y reducción de su acción destructiva*. Informe Técnico del Proyecto Cuba/94/003, La Habana: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 200 p.

M.Sc. Virgilio Alberto Regueira Molina. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. E-mail: vily@cfg.insmet.cu

M.Sc. Sinai Barcia Sardiñas. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. E-mail: sinai@cfg.insmet.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

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/)