

Aplicación del Modelo Dinámico de Alta Resolución MONSAC3.1. Temporada ciclónica del año 2004

Autores: RAFAEL PÉREZ PARRADO, ISIDRO SALAS GARCÍA, SANDRA SAMPER TRIMIÑO Y JESÚS DOLE CHÁVEZ

Instituto de Meteorología. Centro de Automatización.

Resumen

La investigación realizada constituye un testimonio de las afectaciones ocurridas por surgencia en el Archipiélago Cubano al paso de los huracanes Charley e Iván del año 2004. La Modelación Matemática se realizó con el Modelo de Alta Resolución MONSAC3.1, perteneciente al Instituto de Meteorología. Se analizan las condiciones físico-geográficas de las regiones afectadas y su influencia en el desarrollo del fenómeno analizado, presentándose información gráfica del desastre ocurrido en Playa del Cajío en el sur de la provincia La Habana y la costa sur de la provincia de Pinar del Río, las cuales atestiguan el impacto devastador que ocasiona la surgencia al llegar a una zona costera. Se ha puesto de manifiesto la confiabilidad de los pronósticos elaborados a partir del Modelo MONSAC3.1.

Palabras claves: Ciclones tropicales, Huracanes, Surgencia.

Introducción

En Cuba los desastres naturales de mayor importancia son de índole meteorológicos, destacándose las intensas precipitaciones y las surgencias asociadas a los ciclones tropicales (CT), siendo el último evento mencionado la causa de notables inundaciones costeras por penetraciones del mar en zonas bajas del litoral.

La surgencia a pesar de ser la menos conocida es para muchos especialistas el efecto más destructivo, causante, como promedio, del 90 % de las pérdidas materiales y de nueve de cada diez víctimas (Primer Taller Internacional sobre ciclones tropicales, 1985).

Definiéndola en una forma sencilla, la surgencia consiste en una onda gravitacional larga con una longitud similar al tamaño del CT que la genera, y durabilidad de algunas horas, afectando como promedio de 100 a 200 km. de costas. Alcanza los mayores valores a la derecha de la trayectoria del organismo en la región de los vientos máximos cuando el meteoro impacta la línea de costa.

Entre los factores que más favorecen la sobre elevación del nivel medio del mar por surgencia están:

- Tamaño del CT y velocidad de traslación
- Angulo de entrada del organismo a tierra con respecto a la costa
- Viento máximo sostenido
- Presión atmosférica mínima
- Radio de vientos máximos

- Batimetría
- Morfología de la costa
- Estructuras existentes en el litoral, ya sean naturales o edificadas por el hombre

La respuesta del océano a la presencia de un CT es diferente en aguas profundas y en aguas someras. En el primer caso, lejos de la costa, el primer factor que provoca la sobreelevación del nivel medio del mar es la tensión del viento sobre la superficie oceánica. En el segundo caso de elevación se produce por la diferencia de presión entre el centro y la periferia del CT; esta elevación es pequeña y responde al efecto conocido como de barómetro invertido. Como primera aproximación, la línea del nivel del nivel medio del mar será de 1cm por cada hpa. que desciende la presión por debajo del nivel de 1013 hpa.

Con respecto a la segunda situación la altura que desarrolla la onda, según se va acercando el organismo a tierra, va alcanzando mayores valores al ir «sintiendo» los efectos del fondo marino, comenzando a amplificarse hasta alcanzar su mayor expresión al llegar el CT a la costa. La mayor altura ocurre en zonas de plataformas continentales o insulares extensas y de poca profundidad. Así se puede señalar que en Cuba las regiones geográficas más idóneas para generar surgencias devastadoras son las plataformas insulares suroccidental y suroriental. La primera de ellas se corresponde con el Golfo de Batabanó, mientras que en la segunda están los Golfos de Ana María y Guacanayabo, siendo regiones valoradas con Peligro Muy Alto y Alto respectivamente a las surgencias provocadas por los CT (Salas et. al., 1999).

Registros históricos en Cuba

Los registros históricos señalan que el archipiélago cubano se ha visto afectado por la surgencia provocada por los CT en forma periódica. Así se pueden citar como ejemplos de estas, las producidas por algunos ciclones tropicales del siglo XX: huracán de octubre de 1926, huracán del 9 de noviembre de 1932 que ocasionó el mayor desastre natural de Cuba al provocar la muerte de 3 033 personas con una surgencia superior a los 6.5 m. (Salas et. al., 2004) , huracán de septiembre de 1933, huracán de octubre de 1944 y el huracán Kate de noviembre de 1985.

Ya en la década de los años 90 el huracán Lili de octubre de 1996 provoca una surgencia que afecta a Cayo Largo del Sur, Archipiélago de los Canarreos. Mientras que la tormenta tropical Irene de 1999 impactó con la surgencia asociada a este organismo la costa sur de la provincia La Habana, destruyendo el 18 % de las viviendas en Playa Rosario.

Durante el corto tiempo que ha transcurrido del siglo XXI el archipiélago cubano ha sido afectado severamente por CT que han provocado surgencias devastadoras, tales son los casos de los huracanes Michelle del 2001 que afectó a Cayo Largo del Sur y parte de la costa sur de la Isla de Cuba, desde Bahía de Cochinos hasta el Golfo de Ana María.

Durante la temporada ciclónica del año 2002 las trayectorias de los huracanes Isidore y Lili los lleva a cruzar próximos al Archipiélago de los Canarreos, provocando surgencias en esa región geográfica y en el extremo más occidental de la costa sur de la provincia de Pinar del Río, donde son afectados los asentamiento costeros de La Coloma, Cortes y Playa Bailén, entre otros.

El año 2004 ha sido impactante en cuanto a los efectos de la surgencia en el archipiélago cubano. Los daños ocasionados por la surgencia son expuestos en el presente trabajo.

Objetivos

El objetivo fundamental de este estudio consiste en presentar los resultados de la Modelación Matemática de la surgencia, con la nueva versión del Modelo MONSAC3.1 (Pérez Parrado et. al., 2004) para el pronóstico de este dañino fenómeno, así como recoger los testimonios de los efectos ocasionados.

Metodología y Bases de datos utilizadas

En relación al cálculo de la surgencia fue utilizado el Modelo Matemático de Alta Resolución «MONSAC3.1» (Pérez Parrado et al., 2004), el cual

fue obtenido durante la ejecución del Proyecto de investigación «Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando los cambios climáticos», del Programa Nacional de Ciencia y Técnica de los Cambio Globales en Cuba (Salas et. al., 2004).

En lo que respecta a la batimetría, fue utilizada la base de datos perteneciente al Modelo MONSAC3.1, la cual está compuesta por Cartas batimétricas en Proyección Cónica de Lambert 1: 500 000, 1: 250 000, 1: 50 000 y 1:10 000 pertenecientes a la base de datos «BATIMET» (Salas et. al., 1995), además se ha utilizado la batimetría del National Geophysical Data Center and World (W. Row., L. y D. Hasting 1994).

En general la base de datos ha quedado conformada de la siguiente forma:

- Rejilla rectangular de 241 filas y 561 columnas
- Cubre el área entre los 18 y 24° de latitud norte y los 74 y 87° de longitud oeste
- Contiene un total de 135 201 puntos
- La rejilla de trabajo en tiempo real es de 120 por 120 puntos, con el CT. en el centro
- Paso espacial de 0.025 grados de latitud, equivalente a 2.775 km.
- Paso temporal de 5 segundos

Región de estudio

Cuba está rodeada por una plataforma insular con superficie estimada en 52 926 km² que incluye los espacios entre la isla principal y las cayerías y de estas hasta el borde exterior del archipiélago cubano con un ancho variable, que va desde unos pocos metros en tramos de costas abrasivas, hasta el territorio más amplio representado por el espacio existente entre las islas de Cuba y de la Juventud en la región occidental del Golfo de Batabanó, en áreas del Archipiélago de los Canarreos. Esta plataforma morfológicamente está representada por llanuras abrasivo-acumulativas con profundidades de hasta 5, 10 y 20 m, encontrándose sectores muy acumulativos donde los valores son inferiores. El talud insular cae abruptamente desde profundidades que están a 10, 20 y 50 m. y se caracteriza por ser un extenso y abrupto escalón de estructura tectónica que limita al Mega Bloque Cubano del continental con una profundidad de hasta 5 km, a modo de depresiones y fosas profundas.

Desde el punto de vista físico-geográfico, la plataforma insular es poco profunda, como promedio alcanza los 6 a 7 m. El borde externo en su caída a mar abierto aloja en general barreras arrecifales, es

zona de alimentación de las especies marinas y sirve a su vez como franjas de protección a zonas interiores de la acción de las olas producidas por el viento mar afuera.

La plataforma insular cubana se subdivide en cuatro regiones independientes, que reciben su nombre de acuerdo a su posición geográfica con

respecto a la Isla de Cuba (Claro et. al, 1994) citado por Hernández et. al, 1999). De ellas la que sufrió los efectos de la surgencias provocadas por los CT, durante la temporada ciclónica del año 2004, es la denominada Suroccidental (Tabla 1 y Figura 1). Como puede apreciarse reúne condiciones muy favorables para amplificar la onda de la surgencia a su paso por la región.

Tabla 1. Algunas de las características de las regiones de la plataforma insular cubana

Regiones de la Plataforma Insular Cubana	Area (km ²)	Ancho Medio (km)	Profundidad Media (m)
Noroccidental	3 949	50 en su parte más ancha	hasta 23
Nororiental	10 115	6 a 35	2 a 3
Suroccidental	20 870	90 a 140	5 a 6
Suroriental	17 992	90 en su parte más ancha	15

Fuente: Claro et. al., 1994, citado por Hernández et. al., 1999

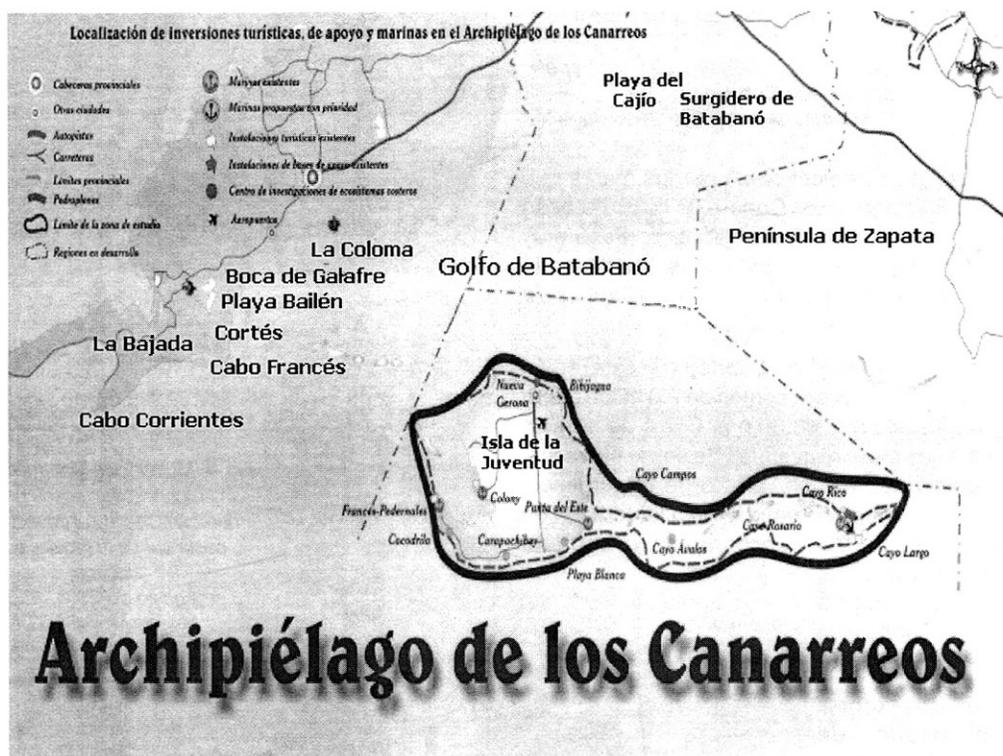


Fig.1. Región de la plataforma insular afectada por la surgencia asociada a los huracanes de la temporada ciclónica del año 2004, algunos de los cayos y asentamientos costeros ubicados en la zona geográfica

Mapa Base a Escala 1: 1 000 000

Fuente: Instituto de Planificación Física

Resultados

Dos huracanes, con solo una diferencia de 30 días afectan al archipiélago cubano durante la temporada ciclónica del año 2004. La trayectoria del huracán Charley a través del Mar Caribe lo llevó a cruzar por el Archipiélago de los Canarreos el día 12 de agosto del 2004 (Figura 2), para posteriormente impactar la costa sur de la provincia La Habana por un punto entre Playa Guanímar y Playa del Cajío.

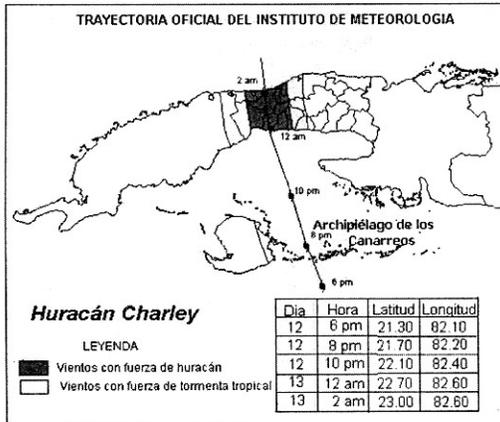


Fig.2. Trayectoria del huracán Charley a su paso por el Archipiélago Cubano.

Fuente: Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología

Este organismo tropical cruzó por los mares que bañan el Archipiélago de los Canarreos como huracán categoría 2 en la Escala Saffir-Simpson. Pasó muy próximo a los Cayos Avalos y Campos, quedando la región de vientos máximos en las inmediaciones de los Cayos Cantiles y Rosario (Figura 1).

La surgencia que originó «Charley» en esta región oceánica alcanzó valores máximos de 2.8 m. de altura el día 12 de Agosto a las 8:00 pm. Como se aprecia en la figura 3, los mayores valores de sobre elevación del nivel medio del mar por efecto de la surgencia provocada por «Charley», ocurrieron a la derecha de la trayectoria del organismo e impactó fundamentalmente a los cayos desde Campos hasta Cayo Guano del Este.

En su trayectoria hacia el Golfo de Batabanó este dañino fenómeno también afectó a la Isla de la Juventud (Figura 3).

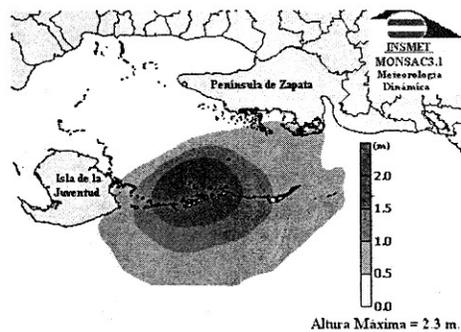


Fig.3. Modelación Matemática de la surgencia provocada por el huracán Charley el 12 de Agosto del 2004 a su paso por el Archipiélago de los Canarreos

Modelo MONSAC3.1 Instituto de Meteorología

Posteriormente «Charley» continua con su trayectoria adentrándose en el Golfo de Batabanó, para penetrar por el sur de la provincia La Habana el día 13 de Agosto a las 12:00 am, ya muy próximo a la categoría 3 (Figura 2).

El impacto de la surgencia provocada por este organismo alcanzó valores máximos pronosticados por el Modelo «MONSAC3.1» de 3.8 m. de altura (Figura 4), ocasionando por segunda vez la destrucción de Playa del Cajío (Figuras 5 y 6). La primera ocasión que «Cajío» fue destruido es por el huracán de Octubre de 1944 con una surgencia de 6 m. de altura, el segundo mayor desastre por surgencia ocurrido en Cuba (Salas et. al., 2004).

El mar penetró en la región 2.5 km, provocando cuantiosos daños a la flora y fauna en toda el territorio (Figura 7).

Estos dos desastres ocurridos en «Cajío» solo han sido superados en el Archipiélago Cubano por el de noviembre de 1932 en Santa Cruz del Sur, provincia de Camagüey, con una altura de más de 6.5 m, luego el evento ocurrido en la madrugada del día 13 de Agosto del 2004 en este Asentamiento Humano es el tercer en magnitud ocurrido en Cuba provocado por la surgencia.

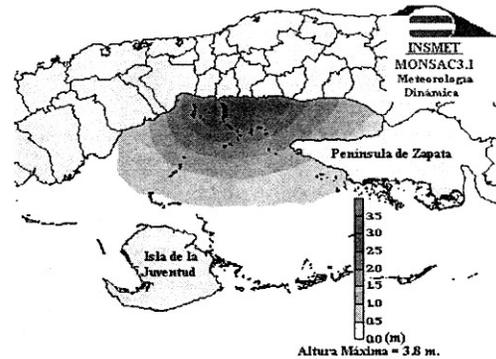


Fig.4. Modelación Matemática de la surgencia provocada por el huracán Charley al impactar la costa sur de la provincia La Habana.

13 de Agosto del 2004, 12:00 am.
Modelo MONSAC3.1
Instituto de Meteorología

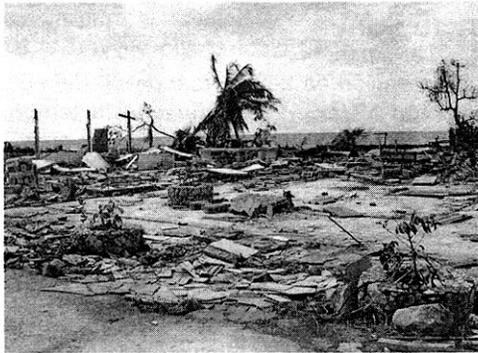


Fig.5. La surgencia asociada al huracán Charley destruye por segunda ocasión en 60 años, el asentamiento costero de Playa del Cajío, sur de la provincia La Habana

Fuente: Autores



Fig.6. Consultorio del Médico de la Familia, una de las pocas viviendas que quedó en pie en «Cajío». La vara señala la altura de 4.0 m. que alcanzó la surgencia; el pronóstico emitido fue de 3.8 m.

Fuente: Autores



Fig. 7. El mar penetra, por efecto de la surgencia, en el territorio de Playa del Cajío hasta 2.5 km, dañando severamente el bosque natural de la región

Fuente: Autores

El impacto de la surgencia en Playa del Cajío ocasionó severos daños a toda su infraestructura, sólo con el pronóstico oportuno y preciso del fenómeno se logró una rápida y efectiva evacuación, permitiendo que no hubiera que lamentar la pérdida de vidas humanas entre los pobladores del Asentamiento. Si se compara con lo ocurrido en el año 1944, cuando no existían estas técnicas de predicción, se nota una gran diferencia ya que en esa ocasión ocurrieron 310 muertes por este dañino fenómeno, mientras que esta vez no hubo que lamentar pérdidas de vidas humanas.

En el mes de septiembre, a solo 30 días del azote de «Charley», el huracán Iván en su tránsito por el Mar Caribe cruza muy próximo al extremo más occidental de la Isla de Cuba, el Cabo de San Antonio (Figura 8).

La surgencia provocada por este organismo tropical con una altura máxima de 3.8 m. (Figura 9), a pesar de no haber tocado tierra su región central, ocasionó una extensa sobre elevación del nivel medio del mar que afectó grandes extensiones de territorio de la Isla de Cuba, desde la Ensenada de Corrientes hasta el Golfo de Batabanó.

Los mayores daños ocurrieron en los asentamientos costeros de La Bajada, Cortés, Playa Bailén, Playa Galafre, Punta Cartas y La Colma, además de severos daños a la flora y fauna del territorio afectado (Figuras 10, 11 y 12).

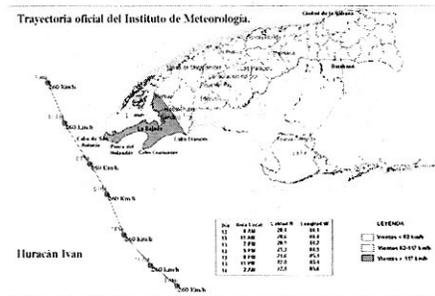


Fig.8. Trayectoria del huracán Iván a su paso por las proximidades de la Isla de Cuba los días 13 y 14 de septiembre del 2004

Fuente: Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología

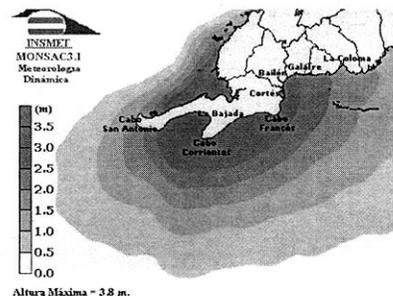


Fig.9. Modelación Matemática de la surgencia provocada por el huracán Iván a su paso por las proximidades del Cabo de San Antonio. 13 de Septiembre del 2004. Modelo MONSAC3.1. Instituto de Meteorología



Fig.10. Las viviendas en Playa Bailén, sur de la provincia de Pinar del Río, fueron severamente dañadas por la surgencia provocada por «Iván».
Fuente: Cortesía de la Dirección Provincial de Meteorología de Pinar del Río



Fig.11. Afectaciones a las Instalaciones Turísticas de María la Gorda, Ensenada de Corrientes al sur de la provincia de Pinar del Río.
Fuente: Cortesía de la Dirección Provincial de Meteorología de Pinar del Río



Fig.12. Vista aérea de las afectaciones al bosque natural en la zona costera de la Península de Guanahacabibes, provincia de Pinar del Río.
Fuente: Cortesía de la Dirección Provincial de Meteorología de Pinar del Río

Conclusiones

La aplicación en tiempo real del Modelo de Alta Resolución MONSAC3.1, durante la temporada ciclónica del año 2004, ha demostrado la efectividad de los pronósticos emitidos por el Instituto de Meteorología sobre la surgencias provocadas por los huracanes Charley e Iván, ello unido al trabajo coordinado con el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil de Cuba, permitió no tener que lamentar la pérdida de vidas humanas en los territorios afectados por tan dañino fenómeno.

El Modelo MONSAC3.1, obtenido durante el año 2004 como uno de los objetivos del Proyecto de Investigación «Impacto de la Surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos», se encuentra listo para ser aplicado en las difíciles condiciones físico-geográficas de la cayería insular cubana, y partiendo de la adquisición de la batimetría correspondiente, puede ser aplicado en cualquier territorio, además del Archipiélago Cubano.

Bibliografía

Claro R. G. Bustamante, J. P. y Col. (1994): Ecología de los peces marinos en Cuba. 525 pp. Editado en México Coffroth, M. A. 1984. Ingestion and incorporation of coral mucus aggregates by a porgonian soft coral. Marine Ecology Progress Series, 17(2):193-199

Hernández M., P. García, M. Izquierdo (1999): Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Proyecto . FP/CP/2200-97-12. La Habana, Cuba. 206 pp.

Pérez Parrado R., I. Salas y J. Dole (2004): Informe Técnico del Proyecto de Investigación «Impacto de la surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos». Capítulo 3 «Metodología y Bases de Datos». INSMET, Cuba. pp.113-137

Primer Taller Internacional sobre ciclones tropicales (1985): Primer Taller Internacional sobre ciclones tropicales. Bangkok 1985, IWTC-I

Salas I., R. Pérez Parrado, O. García, A. L. Pérez y C. Rodríguez (1999): Mapa de peligro por surgencia de ciclones tropicales. Rev. Cub. de Met. V. 6, N. 1. 33-37 pp.

Salas I., R. Pérez Parrado, S. Samper, J. Dole, A. Pérez y C. Rodríguez (2004): Informe Técnico del Proyecto de Investigación «Impacto de la surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos». Capítulo 4 «Mapas de Peligro por

surgencia para el Archipiélago Cubano. Escenario Actual y Previsto por Cambio Climático». INSMET, Cuba. pp. 138-236

Salas I., I. Mitrani y J. Dole (1995): «BATIMET». Base de datos batimétricos para la plataforma insular de Cuba. Informe Final de Proyecto de Investigación. UDICT. INSMET

W. Row., L. y D. Hasting (1994): National Geophysical Data Center and World. 5-minutes Global DTM (Terrain Base). Boulder, Colorado

Abstract

The hurricane Charley and Ivan impact on the Cuban archipelago is analyzed. The mathematical surge modeling was performed with the MONSAC 3.1 high resolution model, in the Cuban Institute of Meteorology. The Physical geographical attributes of the affected regions and its influence on the development of the surge are taken into account. Graphical information about the disaster happened due to the storm surge is shown. The reliability of the MONSAC3.1 model is confirmed.