

El cambio global y su influencia en la valoración del peligro por surgencia

Autores: ISIDRO SALAS GARCÍA
RAFAEL PÉREZ PARRADO
OMAR GARCÍA CONCEPCIÓN

Instituto de Meteorología de Cuba

Resumen:

Partiendo de un modelo dinámico bidimensional para el cálculo de la altura de la surgencia, se realiza un estudio de la influencia de los cambios globales en la valoración del peligro en dos zonas del país con interés económico y social.

Se efectúan los cálculos de los periodos de retorno para los escenarios actuales y pronosticados. Concluyéndose que la influencia del cambio global sobre la surgencia como fenómeno físico no es notable, pero aun así continua siendo el fenómeno más peligroso asociado a un ciclón tropical.

Introducción

Los ciclones tropicales y en particular los huracanes son calificados como el sistema meteorológico más destructivo que existe en la naturaleza. Típicamente, de los ciclones tropicales que se forman anualmente en el cinturón tropical, 80 alcanzan la categoría de tormenta tropical o huracán, afectan a unos 50 países, causan alrededor de 20 000 muertes y pérdidas económicas valoradas aproximadamente en 10 000 millones de USD. Gran parte de las calamidades señaladas anteriormente son consecuencias de alguno o de una combinación de los factores siguientes: fuertes vientos, torrenciales lluvias, enormes marejadas y la surgencia.

Para muchos estudiosos de la ciclonología tropical, la surgencia es el efecto más destructivo asociado a los huracanes, ya que como promedio ocasionan el 90 % de las pérdidas materiales y nueve de cada diez víctimas. La surgencia puede ser definida como una elevación anormal y temporal del nivel del mar, sobre la marea astronómica, debido a la tensión de los fuertes vientos, y en

menor grado, por la caída de la presión atmosférica, al paso de una tormenta, ya sea tropical o extratropical. Pero las surgencias más devastadoras que han ocurrido en el mundo están asociadas a intensas perturbaciones tropicales. En otras palabras a huracanes o tifones.

Los mayores desastres naturales ocurridos en la República de Cuba han sido de origen meteorológico, sobresaliendo entre ellos, las inundaciones ocasionadas por intensas lluvias asociadas a ciclones tropicales de muy variada intensidad e impresionantes surgencias debido al azote de huracanes, entre la que sobresale la ocasionada por el huracán del 9 de noviembre de 1932, considerada la mayor catástrofe natural ocurrida en Cuba. Esa surgencia barrió completamente al asentamiento costero de Santa Cruz del Sur, provincia de Camagüey, ocasionando más de 3 000 muertes cuando el nivel del mar ascendió más de 6,5 metros.

Las inundaciones costeras, entre las que sobresalen las provocadas por la surgencia asociada a los huracanes, constituyen una amenaza permanente a la vida humana y al desarrollo de las

zonas costeras de Cuba, donde transcurren las actividades de más de un millón de personas y donde como consecuencia del desarrollo económico vinculado a las actividades turísticas, portuarias, pesqueras e industriales se incrementan a un ritmo creciente las posibles pérdidas económicas.

El objetivo de la presente investigación es evaluar el grado de peligro debido a la surgencia, la altura que puede alcanzar la misma en dos zonas costeras del país y su conjugación con los periodos de retorno de este destructivo evento meteorológico, tanto en el escenario actual como en el escenario máximo pronosticado para Cuba de elevación del mar de 95,93 cm en 100 años (Centella et al 1999).

El cumplimiento del objetivo propuesto permitirá satisfacer los múltiples intereses de los organismos del Estado encargados de salvaguardar los cuantiosos recursos humanos y económicos situados en esas zonas y la incorporación de la probabilidad de ocurrencia de estos desastres al proceso de planificación y desarrollo de esas franjas costeras. A la vez, permite establecer una metodología para estudios futuros similares.

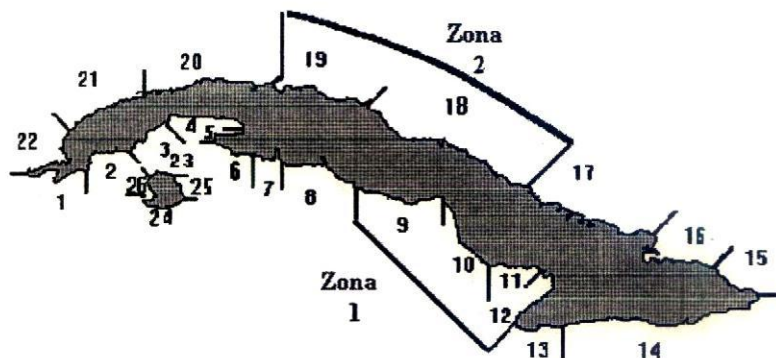


Figura 1. Mapa de sectores costeros según las características físico-geográficas de la zona costera

Antecedentes

Salas, et. al. (1998) analizó las características físico - geográficas de las zonas costeras de Cuba, incluyendo la Isla de la Juventud y concluyó que estas pueden ser divididas en 26 sectores,

"Fig. 1". Dentro de esa figura se señalan las dos zonas que se estudiarán en la presente investigación. La zona 1 abarca los sectores 9,10,11 y 12, mientras que la zona 2 incluye los sectores 18 y 19.

La inundación potencial de una zona debido a la surgencia, puede ser especificada a través del estudio de los eventos pasados ocurridos en dicha región, siempre y cuando se disponga de una muestra lo suficientemente amplia y confiable, con registros de presión, viento y altura del mar alcanzadas al paso de una gran cantidad de huracanes de variada intensidad, movimiento y velocidad de traslación, Jarvinen y McDuffie, (1987). En realidad, los huracanes son fenómenos de rara ocurrencia para cualquier región específica a lo largo de las costas cubanas, por lo cual una climatología acerca de las inundaciones

ocasionadas por la surgencia asociada con los huracanes es muy limitada.

Para compensar esa falta de datos Pérez Parrado y García, (1994) y García y Pérez Parrado (1999) crearon un modelo dinámico bidimensional capaz de pronosticar la altura alcanzada por la surgencia cuando un huracán afecta a Cuba. El modelo, entre otras posibilidades, permite simular el comportamiento de la surgencia para una serie de huracanes hipotéticos de variada intensidad, dirección y velocidad de traslación.

Períodos de retorno

Los registros históricos demuestran que las inundaciones costeras producidas por los huracanes son muy peligrosas para algunos sectores de costa, sobre todo para aquellos en que la pendiente submarina es muy suave y las aguas poco profundas. Bajo esas condiciones suelen producirse inundaciones costeras excepcionalmente grandes, como sucedió con el huracán de octubre de 1944, cuando el agua penetró 12 km tierra adentro en la zona de Guanimar, sur de la provincia de La Habana, o como ocurrió el 9 de

noviembre de 1932 en Santa Cruz del Sur, suceso ya descrito con anterioridad, así se puede citar alrededor de 10 huracanes con mareas muy notables en los últimos 150 años.

Utilizando el modelo diseñado por García y Pérez Parrado, (1999) se obtuvieron las alturas máximas y los perfiles de la altura alcanzada por la surgencia para cada sector costero involucrado en las dos zonas de estudio.

Se consideró una tormenta standard con velocidad de traslación de 20 km/h y radio de viento máximo de 20 km, mientras que los valores de la presión central y viento máximo sostenido fueron introducidos para siete intervalos de intensidades, también fue tomada la base batimétrica real confeccionada para cada sector costero confeccionada por Salas y Mitrani, (1995). El escenario máximo pronosticado para Cuba de 95,93 cm (Centella et al, 1999) se aproximó a un metro para facilitar la información y se le sumó a cada punto de la base de datos batimétricos, tomándose en cuenta los cambios que esto ocasionaría en la línea costera y en el relieve tierra adentro.

Los períodos de retorno se estimaron a través del método de la frecuencia de picos para valores extremales, (SNIP, 1983):

$$PR = \frac{n.m}{NM}$$

- n Cantidad de ciclones tropicales dentro de un círculo de 100 km de radio, centrado en el punto medio de cada sector.
- m Número de ciclones tropicales para cada categoría (en orden descendente y acumulativo).
- N Cantidad total de ciclones tropicales en la cuenca (10-30N), (60-100W).

M Cantidad de años de la serie (100 años).

Análisis del peligro

Se define como peligro la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno dañino en un determinado tiempo y espacio (UNDRO, 1991). En este estudio el peligro viene dado por una combinación de los factores meteorológicos y físicos - geográficos; los primeros se reducen en esta ocasión a la surgencia, mientras que los últimos incluyen la morfología de la costa (tipo de costa y pendiente costera) y la batimetría. Por lo tanto, el peligro puede ser representado por la siguiente expresión:

PELIGRO = SURGENCIA + [MORFOLOGIA DE LA COSTA + BATIMETRIA]

Para evaluar la componente del peligro dada por la surgencia se establecieron los criterios siguientes:

Muy significativa: La altura de la surgencia puede ser ≥ 5 m, mientras que la cota inferior de 0,5 m mantiene periodos de retorno bajos, entre 5-8 años.

Significativa: La altura de la surgencia puede ser ≥ 4 m, < 5 m, mientras que en la cota de 0,5 m. los periodos de retorno están entre 8-10 años.

Medianamente significativa: La altura de la surgencia puede ser ≥ 3 m, < 4 m, manteniendo periodos de retorno no mayores de 19 años en la cota de 0,5 m.

Poco significativa: La altura de la surgencia puede ser ≥ 0.5 m. < 3 m., con periodos de retorno iguales o menores a los 25 años en la cota de $\geq 0,5$ m.

Por otra parte, al analizar la morfología de las costas de Cuba (Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989) se asumieron, según el grado de la pendiente costera, cinco categorías, Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de acuerdo a los grados de la pendiente costera

Categorías	Grados
Muy baja	$< 0,5$
Baja	$0,5 - 1,0$
Moderada	$1,0 - 3,0$
Alto	$3,0 - 5,0$
Muy alto	$> 5,0$

Resultados

Al combinar los factores meteorológicos con los físicos geográficos se obtuvo la valoración del peligro para cada uno de los sectores incluidos en las dos zonas de estudio, obteniéndose:

Zona 1

Sector 9

Altura de la surgencia significativa.

Costa baja acumulativa biogénica de manglar, con tramos de costa deltaica y acumulativa y abrasivas acumulativas, pendientes muy bajas.

La plataforma amplia que contiene parte del golfo de Ana María, cayos y barreras coralinas lejos de la costa, en sentido general tiene poca profundidad.

Valoración del peligro: Alto

Tabla 2. Períodos de retornos, altura de la surgencia para el escenario anual y el pronosticado, presión mínima y viento máximo sostenido (Zona 1)

Períodos de Retorno (casos/años)	Surgencia Escenario Actual (m)	Surgencia Escenario Pronosticado (m)	Presión Mínima (hPa)	Viento Máximo (m/s)
1/500	7,5	7,7	900	86,32
1/333	6,7	6,9	920	78,08
1/100	3,7	3,8	960	58,19
1/10	0,5	0,7	1006	16,50

Al realizar los cálculos para la zona 2 se observó una diferencia apreciable en los valores de los dos sectores involucrados, por lo tanto estos se presentan separadamente en las tablas 3 y 4 respectivamente.

Tabla 3. Similar a la "tabla 2" pero para el sector 18 (zona 2)

Períodos de Retorno (casos/años)	Surgencia Escenario Actual (m)	Surgencia Escenario Pronosticado (m)	Presión Mínima (hPa)	Viento Máximo (m/s)
1/500	6,6	6,8	910	82,30
1/300	5,8	6,0	916	79,80
1/100	3,1	3,3	960	58,19
1/10	0,6	0,7	1000	26,00

Un análisis similar se realizó para el resto de los sectores, con los resultados siguientes:

Sector 10

Valoración del peligro: Alto

Sector 11

Valoración del peligro: Alto

Sector 12

Valoración del peligro: Alto

Zona 2

Sector 18

Valoración del peligro: Alto

Sector 19

Valoración del peligro: Alto

Dada la similitud en los resultados al calcular la altura de la surgencia y sus respectivos periodos de retorno en los cuatro sectores que componen la zona 1, se decidió presentar los mismos agrupados en una sola cuenca, Tabla 2.

Tabla 2. Períodos de retorno, altura de la surgencia para el escenario anual y el pronosticado, presión mínima y viento máximo sostenido (Zona 1)

Tabla 4. Similar a la "tabla 2" pero para el sector 19 (zona 2)

Periodos de Retorno (casos/años)	Surgencia Escenario Actual (m)	Surgencia Escenario Pronosticado (m)	Presión Mínima (hPa)	Viento Máximo (m/s)
1/500	6,5	6,7	888	90,90
1/333	5,4	5,6	910	82,30
1/100	3,4	3,5	947	65,30
1/10	0,5	0,6	1000	26,00

Conclusiones

En los sectores costeros estudiados pueden producirse surgencias extraordinarias. En la zona 1 la plataforma marina tiene 40 km de anchura media, con una profundidad de 15 m como valor promedio. La zona 2 presenta una plataforma insular irregular, con valores que oscilan desde 6 hasta 35 km y con una profundidad de 2 a 3 m como valor medio, todo lo cual ocasiona amplificaciones de la surgencia con valores de consideración.

El escenario máximo pronosticado para Cuba por Centella et. al 1999 no tiene gran repercusión en lo referente a la surgencia como fenómeno físico, ya que la altura de la misma sólo se incrementará en un 4% sobre los valores actuales.

La cota cero en el escenario pronosticado estará donde en la actualidad se encuentra la cota de 1 metro y a partir de esa nueva línea comenzará la inundación, lo que desplazaría la franja de peligro tierra adentro. A pesar de que la surgencia será algo mayor que en la actualidad, su penetración será menor, ya que a partir de la nueva línea de costa la pendiente va aumentando rápidamente, limitando la inundación tierra adentro.

Independientemente de la moderada influencia que ejerce el cambio del nivel del mar pronosticado sobre la surgencia, este fenómeno seguirá siendo muy peligroso al azotar un huracán a Cuba y se le debe continuar prestando gran interés.

Referencias

Centella A., T. Gutiérrez, M. Limía y R. Rivero (1999): Proyecciones del clima futuro en: UNEP/INSMET, Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Proyecto No. SP/cp/2200-97-12. Habana.

García, O. y R. Pérez Parrado (1999): Modelo numérico para pronosticar la surgencia que provocan los huracanes en las costas de Cuba. Segunda versión. Rev. Cub. de Met. Vol. 6, No. 1, pp 8-10.

Jarbinen, B. Y A. McDuffie (1987): Observed versus SLOSH model storm surge for North Carolina in Hurricane Gloria, September 1985. NOAA Tech. Mem. NWS, NHC 37, 21 pp.

Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989): Ed. Instituto de Geografía de la ACC.

Pérez Parrado R. y O. García (1994): Modelación numérica de las surgencias provocadas por los huracanes en los alrededores

de Cuba. Primera Versión, MONSAC 1. En Memorias del VIII Congreso Brasileiro de Meteorología, II Congreso Latino-Americano e Ibérico de Meteorología. "La Meteorología en la Prevención de Desastres". Vol. 2, pp 502-509.

Salas, I., y I. Mitrani (1995): BATIMET (base de datos batimétricos para la plataforma insular de Cuba). Informe Final de Tema de Investigación, UDICT, Instituto de Meteorología.

Salas, I., R. Pérez Parrado, O. García, C. Rodríguez y A. L. Pérez (1998): Mapa de peligro por surgencias de ciclones tropicales. En Memoria de la Conferencia Científica sobre Ciclones Tropicales "Rodríguez Ramírez in Memoriam". La Habana, 1998 pp 86-91.

SNIP (1983): Normas y reglas de construcción, cargas y acción sobre las obras hidrotécnicas [en ruso]. SNIP 0604-82, Moscú, Stroizdat. 38 pp.

UNDRO (1991): Oficina para Casos de Desastres de las Naciones Unidas. Vulnerabilidad y evaluación del riesgo. Programa de entrenamiento para el manejo de desastres. 61 pp.

Abstract:

Modeling the Storm Surge in two social-economic Cuban coastal zones, a study about the role of global change in hazard evaluation is performed. Recurrence periods for actual and future scenarios are estimated. Results show that the influence of global changes in the storm surge as a physical phenomenon is minor, nevertheless storm surge remain as the most dangerous event associated to tropical cyclones.