

# Cronología de las inundaciones costeras ocurridas en el sur de la provincia La Habana.

Autor: REYNALDO CASALS TAYLOR

Departamento de Meteorología Marina, Instituto de Meteorología. E-mail: king601115@yahoo.com

## Resumen.

*El trabajo muestra una cronología de casos de inundaciones costeras ocurridas en el sur de La Habana, que se basa en el análisis de los vientos del sur muy fuertes que se han registrado en la estación meteorológica Casa Blanca, el análisis de la situación sinóptica en las cartas de superficie del archivo del INSMET y los testimonios de residentes de la zona. Se incluye también el análisis de la inundación ocurrida del 14 al 15 de octubre de 1999 asociada al huracán Irene, en el que se muestra la metodología de corrección de los vientos medidos en la estación meteorológica Batabanó, los resultados del cálculo de la sobre elevación del nivel del mar y las reseñas de daños producidos por la inundación en las localidades que fueron visitadas durante la expedición realizada al área los días 21 y 23 de octubre.*

## Introducción

La costa de sur de la provincia La Habana sufre con frecuencia eventos de inundaciones costeras por la incidencia de fenómenos meteorológicos que vienen acompañados de vientos de dirección sur muy fuertes (superiores a 18 m/s), como son los casos de áreas de gradiente de presión intenso asociados a bajas extratropicales y sectores delanteros de sistemas frontales clásicos o huracanes que se desplazan cerca de la zona de estudio.

Según los estudios cronológicos acerca de los "sures" (Ballester, 1997), son los meses de enero a abril cuando se presentan estos fenómenos con mayor frecuencia en cada año, los cuales bajo condiciones específicas de velocidad y persistencia del viento generan inundaciones costeras por la invasión del agua de mar que ya están constituyendo importantes fenómenos modificadores de la morfología costera por la erosión en el sur de la provincia debido a la fragilidad del ecosistema.

La costa sur de la provincia La Habana es baja y cenagosa con algunos sectores arenosos. Su vegetación original de manglar costero ha sido bastante degradada, lo que constituye un elemento favorecedor de la erosión costera que actualmente es muy visible en algunas localidades, por ejemplo Playa Rosario y Playa Mayabeque. Adyacente a la costa sur de La Habana está el Golfo de Batabanó, amplio acuatorio cuyas profundidades no exceden de los 8.0 metros en su mayor parte y fluctúan entre los 2.0 y 4.8 metros en la parte sudeste, ocupada por los denominados bancos de Los Jardines y Jardínillos. Numerosos cayos y bajos cubiertos de mangles se

observan formando grupos o dispersos en diferentes lugares, encontrándose dentro de los límites de la isobata de 5.0 metros que bordea las costas del Golfo (ICH, 1989).

La presentación de una cronología de inundaciones costeras responde a la importancia de agrupar los datos y características de cada caso para que sirvan como base para la preparación de un método sinóptico - estadístico del pronóstico de su ocurrencia y así contribuir al aviso oportuno a las localidades costeras que pueden estar bajo su amenaza.

## Materiales Y Métodos

Dos fuentes de información principales fueron empleadas para hallar los casos que se presentan en la tabla 1, que son la cronología de "sures" de Ballester (2001), la cual está referida a los registros de vientos de la estación meteorológica Casa Blanca, y los resultados de la encuesta sociológica realizada a residentes de las localidades costeras del sur de La Habana, contenidos en una investigación de Carreras y Rodríguez (1999).

Posteriormente, se realizó una búsqueda de información sinóptica en los mapas de superficie del archivo del Instituto de Meteorología, con el fin de establecer cuáles casos de la cronología de Ballester pudieron producir inundaciones, y a la vez, confirmar los testimonios ofrecidos en la encuesta mencionada.

También se presenta un caso de estudio de las inundaciones costeras ocurridas el 15 de octubre de 1999 en ocasión de la penetración del huracán Irene por el sur de La Habana.

Se realizó un análisis de las observaciones del viento en la estación meteorológica Batabanó que fueron tomadas en los días 14 y 15 de octubre de 1999.

Esta estación se localiza a unos 5 kilómetros de la costa y una altitud de 7 metros sobre el nivel del mar, por lo que fue necesario corregir los datos de velocidad del viento para emplearlos en la simulación del incremento del nivel del mar.

La metodología expuesta en CERC (1984) plantea que los vientos medidos deben ser corregidos en base a los parámetros específicos exigidos para el trabajo con modelos de cálculo de oleaje y niveles del mar.

Inicialmente, las mediciones de vientos debieron normalizarse hasta el nivel de 10 metros sobre la superficie marina según la fórmula:

$$U_{10} = U_{(z)} \times \left(\frac{10}{z}\right)^{\frac{1}{7}} \quad (\text{si } z \leq 20 \text{ metros}) \quad (1)$$

para  $z = 17$  metros, ya que a la altitud de la estación se suma la altura a la que se sitúa el anemómetro (10 metros); con posterioridad se aplicó la corrección del efecto de situación, lo cual es válido pues la estación se sitúa a menos de 16 kilómetros de la costa, la topografía es suave y el viento medido es resultado del mismo gradiente de presión, siendo esta corrección la siguiente:

$$U_w = R_L \times U_L \quad (2)$$

donde  $U_L$  es la velocidad del viento sobre el agua,  $R_L$  es el factor de corrección que se halla gráficamente y  $U_L$  es el viento medido en la estación terrestre, que ya previamente se ha normalizado al nivel de 10 metros.

Por último, se traduce el dato de viento a factor de esfuerzo, forma en la que puede ser empleado en los métodos de cálculo, para lo que se emplea la fórmula:

$$U_A = 0.71 \times U^{1.23} \quad (\text{para } U \text{ expresada en m/s}) \quad (3)$$

Después de realizadas estas correcciones a la velocidad del viento, los valores resultantes pudieron ser empleados para simular el "wind set up" o incremento del nivel del mar debido a la acción tangencial del viento, lo cual se obtiene aplicando la siguiente fórmula iterativa propuesta en SNIP (1983) y CERC (1984), que está contenida en el programa de cálculo NIVEMAR1.COM:

$$\Delta \xi = \frac{k \times U_A^2 \times L_f}{g(d + \Delta \xi_i)} \times \cos \alpha \quad (4)$$

donde es el wind set up en la costa,  $k$  es un coeficiente empírico que depende de la velocidad del viento,  $U_A$  es la velocidad del viento expresada en factor de esfuerzo,  $L_f$  es la longitud del segmento de profundidad media,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $d$  es la profundidad media de un segmento, es el incremento parcial del nivel del mar en cada segmento y  $\alpha$  es el ángulo entre la dirección del viento y el rayo normal a la costa.

Resultó interesante conocer la energía transmitida por el oleaje hacia la costa, lo cual se logró aplicando la siguiente fórmula para aguas poco profundas propuesta por CERC (1984):

$$P = \frac{\rho_w \times g \times H^2}{8} \times C_g \quad (5)$$

donde es el flujo medio de energía por unidad de anchura de cresta o potencia de la ola,  $\rho_w$  es la densidad del agua de mar,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $H^2$  es el cuadrado de la altura de la ola y  $C_g$  es la velocidad de grupo de las olas. Previamente fue necesario calcular el efecto "shoaling" o coeficiente de disminución del calado mediante la fórmula:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{1}{\tanh(2\pi d/L)} \times \frac{1}{1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)}}} \quad (6)$$

donde  $H$  es la altura de la ola transformada por la disminución de la profundidad,  $H_0$  es la altura de la ola inicial o en aguas profundas,  $d$  es la profundidad de cálculo y  $L$  es la longitud de onda en aguas profundas (CERC, 1984).

## Las inundaciones costeras en el sur de La Habana

Los casos escogidos de la cronología de Ballester (2001), referida a los registros de la estación meteorológica de Casa Blanca, debieron responder a los criterios de que la duración o persistencia de los vientos en la dirección sur fueran igual o superior a 12 horas y su velocidad superior a 58 kilómetros por hora para considerar la posibilidad de ocurrencia de inundaciones costeras en la costa sur de La Habana. La tabla 1 muestra los 68 casos hallados de posibles ocurrencias de inundaciones costeras por vientos fuertes del sur en el período 1970 - 1999, desglosados por meses en orden descendente de ocurrencia: 28 en marzo, 11 en abril, 10 en febrero, 7 en enero, 4 en octubre, 3 en mayo, 2 en noviembre y 1 per cápita en junio, septiembre y diciembre.

Tabla 1. Vientos de región sur con potencialidades para producir inundaciones costeras por penetraciones del mar, en la costa sur de provincia La Habana. Oleaje significativo en el Golfo de Batabanó. Período: 1970 - 1999.

AÑO	FECHA	DURACIÓN TOTAL (H)	VELOCIDAD MÁXIMA EN CADA DÍA (KM/H)	ALTURA DE LA OLA CALCULADA (M)
1970	Febrero 2 - 3	17	66, 90	1,0 - 1,3
	Marzo 25 - 26	14:30	59, 82	1,0 - 1,2
1971	Febrero 7 - 8	20:30	76, 92	1,1 - 1,3
1972	Febrero 1 - 3	17:30	65, 55, 70	1,1
	Marzo 29 - 31	34	61, 77, 82	1,0 - 1,2
	Diciembre 21	14	82	1,0 - 1,2
1973	Marzo 25 - 26	21	85	1,0 - 1,2
	Abril 3	27	85	1,0 - 1,2
	Abril 7	27	61	1,0
1978	Marzo 3 - 4	15:45	116, 60	1,0 - 1,4
	Abril 4 - 5	17:40	67, 69	1,1
	Mayo 1 - 4	62:45	58, 58, 84, 91	1,0 - 1,3
1979	Enero 20	22:30	78, 77	1,1
	Marzo 23 - 24	25:15	79, 76	1,0 - 1,2
1980	Enero 26 - 27	17:30	60, 65	1,0
	Marzo 30	12	78	1,2
1981	Marzo 22	13:15	101	1,1 - 1,3
1982	Enero 13 - 14	19	62, 92	1,0 - 1,3
	Marzo 5 - 7	17	67, 67, 77	1,1
	Abril 8 - 11	22	66, 79, 67, 71	1,0 - 1,2
1983	Enero 21 - 22	17	69, 79	1,0 - 1,2
	Febrero 1 - 2	18	72, 80	1,0 - 1,2
	Marzo 5 - 6	18	93, 74	1,0 - 1,3
	Marzo 15 - 16	17	85, 122	1,2 - 1,5
	Abril 23	23	94	1,1 - 1,3
1984	Febrero 27	14	94	1,0 - 1,3
	Marzo 27 - 29	41	80, 111, ----	1,2 - 1,4
	Mayo 3 - 4	21	75, 68	1,1
1985	Marzo 21 - 22	17	80, 68	1,0 - 1,2
1986	Febrero 10 - 11	12:45	64, 60	1,0
	Marzo 12 - 15	41:40	56, 76, 80, 77	1,0 - 1,2
1987	Febrero 15 - 16	25	67, 82	1,0 - 1,2
	Marzo 18 - 19	18	63, 71	2,0 - 1,1
1988	Marzo 3 - 6	24	59, 70, 44, 61	1,1
	Marzo 9 - 10	16	73, 72	1,1
	Marzo 13 - 14	15	78, 60	1,1
	Abril 18 - 19	16	61, 74	1,1
	Abril 30 - Mayo 1	13	95, 63	1,0 - 1,3
	Septiembre 5 - 6 Noviembre 4 - 5	17 16	76, 66 60, 66	1,1 1,1
1989	Marzo 3 - 4	13	70, 60	1,1
	Junio 7, 8	18	64, 76	1,1
1990	Febrero 22 - 23	15:50	64, 72	1,1
1991	Marzo 2 - 3	38	78, 111	1,2 - 1,4
	Marzo 13 - 14	18	82, 64	1,0 - 1,2
	Marzo 29 - 30	33	84, 84	1,0 - 1,2
1992	Octubre 2 - 3	15	72, 66	1,1
1993	Marzo 3	13	86	1,2
	Marzo 12 - 13	15	76, 84	1,0 - 1,2
	Abril 15 - 16	16	76, 84	1,0 - 1,2
1994	Octubre 30	13	79	1,0 - 1,2
1995	Marzo 7 - 8	13	63, 75	1,1
1996	Enero 1 - 3	41	88, 107, 70	1,1 - 1,4
	Marzo 1 - 2	17	69, 79	1,0 - 1,2
	Marzo 17 - 18	34	87, 99	1,1 - 1,3
	Octubre 8	26	78	1,0 - 1,2
1997	Enero 9	15	80	1,0 - 1,2
	Abril 23	17	---	---
	Abril 25 - 28	45	---, ---, ---, 84	1,0 - 1,2
	Noviembre 13 - 14	28	84, 64	1,0 - 1,2
1998	Enero 7 - 8	18	76, 84	1,0 - 1,2
	Febrero 2	12	114	1,1 - 1,4
	Febrero 15 - 17	47	105, 116, 80	1,2 - 1,4
	Marzo 8 - 9	24	96	1,1 - 1,3
	Marzo 18 - 20	18	80, 79, 66	1,0 - 1,2
	Abril 8 - 9 Mayo 9 - 10	16 13	70, 78 60, 69	1,1 1,1
1999	Octubre 14 - 15	12	72, 58	1,1

Por su parte, la encuesta realizada a los pobladores del sur de La Habana por Carreras y Rodríguez (1999) refiere también otros casos en los años 1979, 1996, 1997 y 1998 asociados a los huracanes Frederic, Lily, Mitch y Georges, respectivamente, que

deben ser incluidos en la cronología. Además, en el análisis de las encuestas individuales se destacaron ocurrencias de inundaciones en los años 1972, 1974, 1978, 1979, 1982, 1987, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997 y 1998 por parte de los testigos sin pre-

cisar fechas ni cantidad exacta en cada uno de ellos, aunque muchos concordaron en que pueden producirse "todos los años" con diferentes grados de intensidad.

Como se puede observar en la tabla 1, la incidencia de vientos fuertes del sur sobre el Golfo de Batabanó no genera un gran oleaje debido a su reducida profundidad, en cambio se produce un arrastre superficial de la masa de agua que paulatinamente se trasmite hacia capas más profundas y genera su desplazamiento en dirección del viento hacia la costa. Con la disminución de la profundidad el nivel del mar asciende, produciendo su avance sobre terrenos muy bajos y la consiguiente inundación. Esto se conoce con el nombre de "wind set up".

Otro caso particular y mucho más peligroso es la surgencia generada por los huracanes, que combina el "wind set up" con el efecto de barómetro invertido esencialmente, lo cual es altamente devastador en las costas bajas. Los casos más notorios en el sur de La Habana se produjeron al penetrar los huracanes de 1926 y de 1944.

Por último, luego de analizada la información inicial conjuntamente con las cartas de superficie, quedó confeccionada una cronología de la ocurrencia de inundaciones costeras en el sur de La Habana que cuenta con 39 casos, seis de ellos asociados a la afectación de huracanes, que representan el 15.4 %.

Tabla 2. Cronología de las inundaciones por penetraciones del mar en el sur de La Habana. Período: 1970 - 1999.

No.	FECHA	CAUSA
1	Feb. 3, 1970	Sur fuerte
2	Mar. 26, 1970	Sur fuerte
3	Feb. 8, 1971	Sur fuerte
4	Feb. 3, 1972	Sur fuerte
5	Mar. 31, 1972	Sur fuerte
6	Jun. 17, 1972	Huracán Agnes
7	Dic. 22, 1972	Sur fuerte
8	Mar. 26, 1973	Sur fuerte
9	Abr. 8, 1973	Sur fuerte
10	Mar. 3, 1978	Sur fuerte
11	May. 3-4, 1978	Sur fuerte
12	Ene. 22, 1979	Sur fuerte
13	Mar. 24, 1979	Sur fuerte
14	Sep. 9, 1979	Huracán Frederic
15	Mar. 20, 1980	Sur fuerte
16	Mar. 22, 1981	Sur fuerte
17	Mar. 6-7, 1982	Sur fuerte
18	Feb. 1-2, 1983	Sur fuerte
19	Mar. 6, 1983	Sur fuerte
20	Mar. 15, 1983	Sur fuerte
21	Abr. 24, 1983	Sur fuerte
22	Feb. 27, 1984	Sur fuerte
23	Mar. 28, 1984	Sur fuerte
24	Mar. 13, 1988	Sur fuerte
25	Abr. 30, 1988	Sur fuerte
26	Jun. 8, 1989	Sur fuerte
27	Mar. 3, 1991	Sur fuerte
28	Mar. 29, 1991	Sur fuerte
29	Mar. 13, 1993	Sur fuerte
30	Ene. 2, 1996	Sur fuerte
31	Mar. 18, 1996	Sur fuerte
32	Oct. 7, 1996	Sur fuerte
33	1996	Huracán Lily
34	Abr. 27, 1997	Sur fuerte
35	1997	Huracán Mitch
36	Feb. 2, 1998	Sur fuerte
37	Feb. 16, 1998	Sur fuerte
38	Sep. 25, 1998	Huracán Georges
39	Oct. 14, 1999	Huracán Irene

## Huracán Irene: Un caso de estudio

El 12 de octubre de 1999, en aguas del Mar Caribe al sur de la región occidental de Cuba, se desarrolló rápidamente un disturbio que dio lugar a la tormenta tropical Irene, cuyos vientos alcanzaron la intensidad de huracán de categoría 1 en la escala de Saffir - Simpson.

Su trayectoria, errática y lenta al principio, se definió el día 14 de octubre con rumbo próximo al nortenordeste cuando se hallaba al oeste y cerca de Isla de la Juventud, por lo que la costa sur de provincia Habana estaba amenazada por inundaciones costeras de origen marino. En la siguiente tabla se aprecian los valores de las mediciones iniciales en la estación y los resultados finales del viento corregido, según la metodología expuesta.

Tabla 3. Correcciones realizadas a las mediciones de los vientos de la estación meteorológica Batabanó, tomados los días 14 y 15 de octubre de 1999.

FECHA	HORA LOCAL	RUMBO DEL VIENTO	$U_{medel}$ (m/s)	CORR. POR ALTITUD (m/s)	CORR. DE LA SITUACIÓN (m/s)	$U_A$ (m/s)	
14/10/99	1:00 AM	ENE	6	5.56	7.39	8.31	
	4:00 AM	ENE	12	11.12	11.89	14.91	
	7:00 AM	NE	9	8.34	9.67	11.56	
	10:00 AM	ENE	14	12.97	13.22	16.99	
	1:00 PM	ENE	16	14.83	14.68	19.33	
	4:00 PM	S	16	14.83	14.68	19.33	
	7:00 PM	S	9	8.34	9.67	11.56	
	10:00 PM	SSW	17	15.75	15.12	20.04	
	15/10/99	1:00 AM	SSW	13	12.05	12.53	15.91
		4:00 AM	SW	13	12.05	12.53	15.91
7:00 AM		SW	11	10.19	11.1	13.7	
10:00 AM		SW	7	6.48	8.29	9.57	
1:00 PM		SW	6	5.56	7.39	8.31	
4:00 PM		W	4	3.7	5.36	5.59	

Debido a que el huracán Irene llevaba un rumbo entre NNE y NE sobre el Golfo de Batabanó, el 14 de octubre podía esperarse la ocurrencia de un evento de surgencia en la costa sur de provincia Habana; la revisión de las informaciones de los Boletines Especiales emitidos por el Instituto de Meteorología indicó que Irene había penetrado en tierra "al oeste y cerca de Surgidero de Batabanó", con una presión central de 995 hectopascal.

En comunicación personal, Salas y Pérez Parrado informaron que la corrida del modelo MONSAC-1 que calcula la surgencia del huracán dio como resultado un incremento del nivel del mar de 2.0 metros, sin

embargo, en una expedición realizada al lugar días más tarde se constató que la inundación se produjo en la madrugada del día siguiente.

El avance del huracán hacia la costa norte de la provincia determinó que el viento sobre el sector costero Playa Rosario - Playa Caimito fuera tomando rumbo SW, el cual se encuentra abierto a todo el espejo de agua del Golfo de Batabanó, por lo que se propició la acción combinada del fenómeno de "wind set up". En la siguiente tabla se observan los valores calculados para los datos del viento de la estación de Batabanó tomados los días 14 y 15 de octubre, ya corregidos y en intervalos temporales de 3 horas.

Tabla 4. Valores calculados de "wind set up" en el sector costero Playa Rosario - Playa Caimito.

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCIÓN DEL VIENTO	$U_A$ (m/s)	MAREA ASTRONÓMICA (M)	$S_V$ (m)
14/10/99	10:00 PM	SSW	20.0	0.17	2.06
15/10/99	1:00 AM	SSW	15.9	0.19	1.25
	4:00 AM	SW	15.9	0.19	1.23
	7:00 AM	SW	13.7	0.12	0.9

Los valores presentados son concordantes con los de Mitrani et al. (1999) para el escenario actual de nivel del mar en el sector costero mencionado.

### Expedición de campo al sur de provincia Habana

La expedición se realizó a las localidades Playa Caimito, Playa Rosario, Playa El Cajío y Surgidero

de Batabanó los días 21 y 23 de octubre, a solo una semana del paso del huracán Irene, por lo que aún se conservaban indicios del alcance de las inundaciones.

A continuación se reseñarán algunas incidencias de los días 14 y 15 de octubre:

**Playa Caimito:** Los pobladores refirieron una retirada del mar bajo la influencia de vientos del este-sudeste el día 14, y más tarde, en la madrugada del 15

de octubre se inició la inundación costera al girar los vientos de rumbo suroeste con velocidades de 70 km/h en las primeras 3 horas y 50 km/h en las 6 restantes. Las mediciones realizadas en el lugar indicaron que el nivel del mar había ascendido 1.85 metros, lo que concuerda con los cálculos mencionados de surgencia y "wind set up"; también se observó que el avance del agua fue de unos 20 metros. La altura del oleaje observado por los pobladores no era superior a 1.5 metros, pero fue capaz de depositar en la costa y calles contiguas un volumen de arena estimado en unos 3000 m<sup>3</sup>.

**Playa Rosario:** La inundación comenzó en la madrugada del viernes 15 de octubre al ocurrir el giro del viento con similares características que en Playa Caimito. Las mediciones hechas en el lugar del nivel alcanzado por las aguas también indicaron más de 1.5 metros que también es comparable con las referencias anteriormente mencionadas, lo que propició que las inundaciones se extendieran alrededor de 20 metros tierra adentro. En esta localidad se reportaron daños extensos a las viviendas y a la vía asfaltada que la comunica con Playa Mayabeque, constatándose la ocurrencia de una erosión litoral progresiva que ha provocado que unos 150 metros de la mencionada carretera hayan sido "borrados" por el retroceso de la costa. El oleaje generado fue capaz de depositar sobre la costa rocas de diverso tamaño que se acumularon hasta alcanzar una altura de 0.5 metro.

Se calculó que para ambos casos, el flujo medio de energía del oleaje fue de  $7.646 \times 10^7$  Joule/h, suficiente para desplazar los volúmenes de sedimentos y fragmentos de rocas ya mencionados.

**Playa El Cajío:** Los pobladores no mencionaron la existencia de una retirada del mar, el día 14 fueron testigos del paso del vórtice del huracán entre las 3:30 y 4:00 PM y un posterior giro del viento de dirección sur con 60 km/h dio inicio a las inundaciones que fueron menos intensas que en Playa Caimito y Playa Rosario, las cuales disminuyeron cuando el viento siguió su giro al suroeste, pues en este rumbo se encuentra la cayería de Las Cayamas. El nivel del mar se incrementó en unos 0.8 metros y el agua de mar avanzó unos 10 metros sin producir daños en viviendas.

**Surgidero de Batabanó:** La observación de las marcas se hizo en la zona de playa e instalaciones gastronómicas y de servicios que se encuentran junto al asentamiento. La inundación se produjo en la madrugada del día 15 con similares manifestaciones que en Playa El Cajío, incrementándose del nivel del mar de unos 0.8 metros, según las mediciones realizadas, alcanzando el agua de mar la distancia de unos 40 metros en tierra firme.

## Conclusiones

1. El incremento del nivel del mar que precede a la ocurrencia de las inundaciones costeras en el sur de La Habana se produce por arrastre del viento sobre la superficie marina, el cual provoca el movimiento de la masa de agua. Este efecto se combina con la surgencia al paso de huracanes, produciendo mayores daños físicos a la zona costera.

2. En general, la ocurrencia de vientos fuertes de cualquier dirección en el Golfo de Batabanó no genera grandes oleajes, debido a su poca profundidad.

3. Los resultados de la sobre-elevación de nivel calculada están en concordancia con los resultados de la aplicación de MONSAC-1 y los de Mitrani et al. (1999) para el escenario actual del nivel del mar.

Se recomienda que se debe mantener actualizada la cronología de las inundaciones costeras en la zona, sabiendo que en los últimos años se ha incrementado la frecuencia, lo cual permitirá realizar modelaciones estadísticas de las variables que intervienen en el fenómeno.

## Referencias

**Ballester, M. (2001):** Base de datos de la cronología de los "sures" en Informe de resultado científico "Sistemas de bajas presiones invernales y su influencia en la región occidental". Proyecto de Investigación 21012.

**Carreras, F.; C. Rodríguez (1999):** Principales resultados de la investigación social dirigida al área de máxima influencia del Dique Sur en la provincia La Habana". IPF-Habana, 55 pp.

**CERC: Coastal Engineering Research Center (1984):** Shore Protection Manual, Waterways Experiment Station, US Army Corps of Engineers.

**Juantorena, Y., P. Beauballet, N. Hernández y R. Casals (2000):** MET - OLAS: sistema para el pronóstico de inundaciones costeras y sus aplicaciones. Revista Cubana de Meteorología, Vol. 7, No. 1.

**Mitrani, I., R. Pérez, O. García, I. Salas, Y. Juantorena, M. Ballester, P. Beauballet, A.L. Pérez, C. Rodríguez (1999):** "Evaluación de la amenaza de inundaciones en zonas costeras, teniendo en cuenta el incremento del nivel del mar previsto" (inédito), INSMET, 70 pp.

**SNIP (1983):** "Carga y efecto del oleaje sobre las construcciones hidrotécnicas" (en ruso), Stroizdat, Moscú, 37 pp.