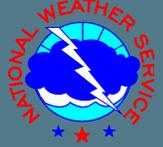




LA PENINSULA BOLIVAR EN TEXAS DESPUES DE HURACAN IKE (2008)

Introducción a la Marejada Ciclónica

Centro Nacional de Huracanes

Unidad de la Marejada Ciclónica



¿Qué es la Marejada Ciclónica?



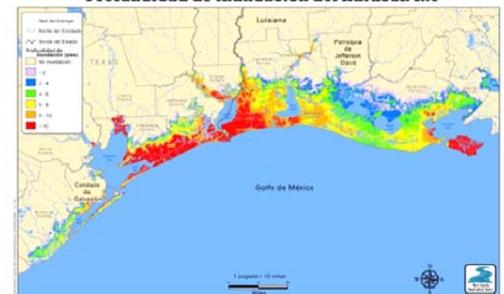
La **Marejada ciclónica** es un aumento anormal del agua generado por una tormenta, por encima de la marea pronosticada astronómica.

- Es el cambio en el nivel del agua que se debe a la presencia de la tormenta
- Así que la marejada ciclónica es la diferencia entre los niveles de agua, no tiene un nivel de referencia

La **Marea de tormenta** es un incremento en el nivel del agua durante una tormenta debido a la combinación de la marejada ciclónica y la marea astronómica.

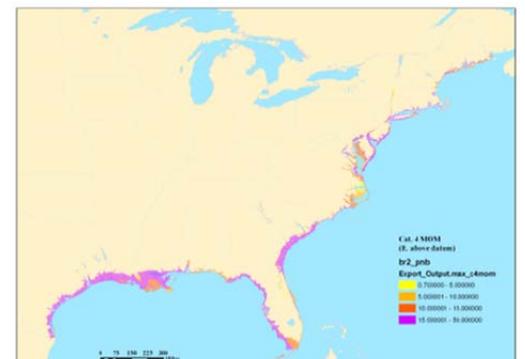
- Así que la marea de tormenta es la combinación de la marejada ciclónica y la marea, se requiere un nivel de referencia
- Una marejada ciclónica de 15 pies en combinación con una marea alta que es 2 pies por encima del nivel promedio del mar produce una marea de tormenta de 17 pies

Profundidad de Inundación del Huracán Ike



Extensión Tierra Adentro

La marejada ciclónica puede penetrar bien tierra adentro. Durante el Huracán Ike, la marejada ciclónica se movió casi 30 millas tierra adentro en algunas localidades en el sureste de Texas y el suroeste de Luisiana.

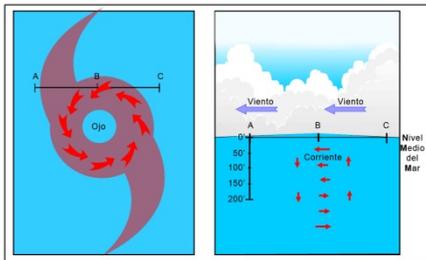
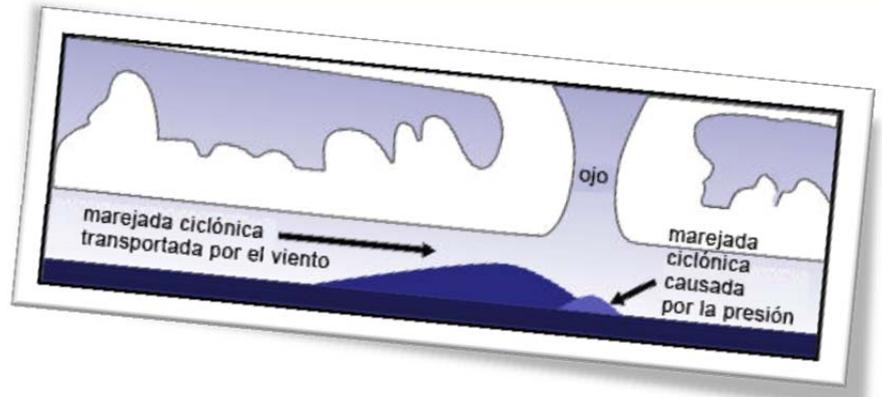


Vulnerabilidad

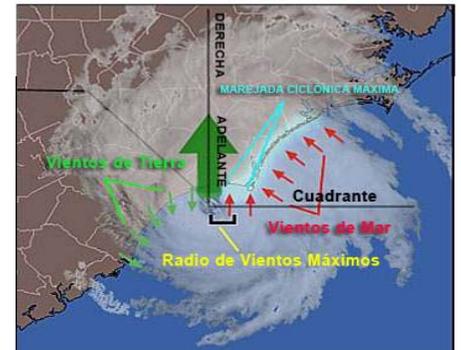
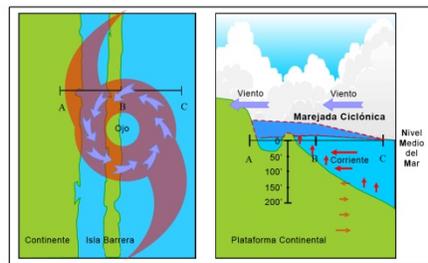
Todas las localidades a lo largo de la Costa del Este de los EE.UU. y del Golfo de México son vulnerables a la marejada ciclónica. Esta figura muestra las áreas que pueden ser inundadas por el agua con la presencia de un huracán categoría 4.

¿Qué causa la Marejada Ciclónica?

La marejada ciclónica es causada primordialmente por los fuertes vientos de un huracán o una tormenta tropical. ¡La baja presión de la tormenta tiene una contribución mínima!



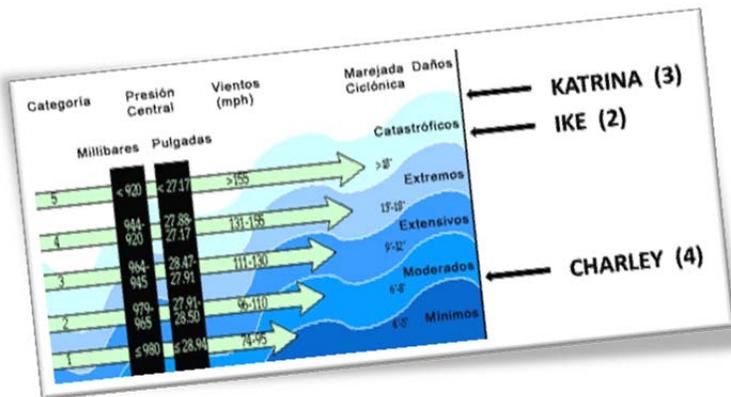
marejada ciclónica de 28 pies.



La circulación del viento alrededor del ojo de un huracán (gráfico arriba y a la izquierda) sopla en la superficie oceánica y produce una circulación vertical en el océano (gráfico arriba y a la derecha). En aguas profundas, no hay nada que pueda perturbar esta circulación y hay muy poca indicación de la marejada

Una vez que el huracán alcanza las aguas pocas profundas cerca de la costa, la circulación vertical llega a ser perturbada por el fondo oceánico. El agua ya no puede descender y penetra tierra

En general, la marejada ciclónica ocurre cuando los vientos soplan hacia la costa. La marejada ciclónica más alta tiende a ocurrir cerca del "radio de los vientos máximos," o donde los vientos más fuertes del huracán ocurren.



ciclónica.

Demasiadas excepciones para caer en la escala:

- Huracán Katrina, de categoría 3 al tocar tierra en Luisiana, produjo daños catastróficos con una
- El Huracán Ike, un categoría 2 al tocar tierra en Texas, también produjo daños catastróficos con una marejada ciclónica de 20 pies.

La Escala de Vientos de Huracán Saffir-Simpson: No Incluye La Marejada Ciclónica

adentro.

- El Huracán Charley, un huracán categoría 4, al tocar tierra en Florida, produjo una marejada ciclónica de 6 a 8 pies.
- El Huracán Irene, un huracán categoría 1, al tocar tierra en Carolina del Norte, produjo daños extensos con una marejada ciclónica de 8 a 11 pies.

MAREJADA CICLONICA: ANTES Y DESPUES



Antes del Huracán Katrina



Después del Huracán Katrina

Imágenes cortesía de David y Kimberly King, Waveland, Misisipí.

HECHOS BREVES

32%

La densidad de población aumentó en los condados costeros a lo largo de la costa del Golfo de México desde 1990 hasta 2008.

27%

El porcentaje de las calles principales en la región del Golfo que están bajo la elevación de 4 pies.

¿SABE USTED?

Como promedio, un huracán intenso toca tierra en la región de la costa del Golfo de México una vez cada 2 años.

- Galveston, TX: cada 18 años
- New Orleans, LA: cada 19 años
- Mobile, AL: cada 23 años
- Tampa, FL: cada 23 años



El Huracán Ike tocó tierra en Galveston, Texas, pero todavía produjo inundaciones costeras significativas en el lado del norte del Lago Pontchartrain cerca de Mandeville, Luisiana. ¡Sorprendentemente, el viento máximo sostenido reportado en el lago fue sólo de 43 mph!

Nivel Total del Agua

En realidad, la marejada ciclónica es sólo uno de los factores que causa el incremento del nivel del agua a lo largo de la costa durante un huracán. Aquí hay otras causas:

Mareas

El nivel de las aguas aumenta o disminuye a lo largo de la costa cada día debido al empuje gravitacional de la luna y el sol. Este fenómeno se llama la marea. En general, las áreas a lo largo del Golfo de México, con la excepción de la Florida, experimentan una marea alta y una marea baja cada día (una marea diurna). En otras partes a lo largo de la costa Este de los EE.UU., se experimentan dos mareas altas y bajas cada día (una marea semi-diurna).

Cuando la marea se combina con la marejada ciclónica, se llama la marea de tormenta. Desafortunadamente, no podemos anticipar la llegada de la tormenta dentro de un ciclo de mareas, pues es más seguro asumir una marea alta cuando se toman decisiones antes de un huracán.

Olas

Las olas rompientes contribuyen al incremento en el nivel del agua a través de un proceso conocido como la acumulación de olas. La **acumulación de olas** ocurre cuando la ola rompe en la zona costera y el agua es empujada hacia la playa como se muestra en la foto abajo.



El **establecimiento del oleaje** ocurre cuando las olas rompen en la zona costera y el agua comienza a acumularse por lo que no puede regresar hacia el mar. El nivel del agua por lo tanto aumenta, especialmente por que las olas se tornan más

grandes a medida que el huracán se acerca. Esta situación causó que el nivel de las aguas aumentara a lo largo de la costa de Texas prácticamente un día antes de que Ike penetrara en tierra (foto debajo).



Contribución de Agua Dulce

La lluvia fuerte por delante de un huracán puede causar que los niveles de los ríos aumenten tierra adentro y fuera de la costa. Una vez que el agua fluye río abajo y alcanza la costa, los niveles locales del agua, especialmente cerca de deltas y bahías aumentan.



$$\text{Nivel Total del Agua} = \text{Marejada Ciclónica} + \text{Mareas} + \text{Olas} + \text{Contribución de Agua Dulce}$$



Los Factores que Influyen en la Marejada Ciclónica

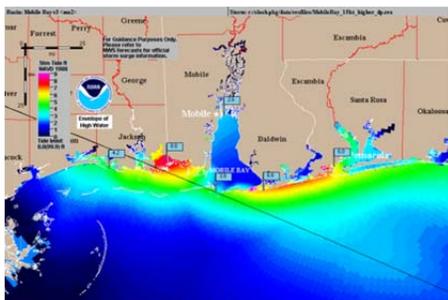
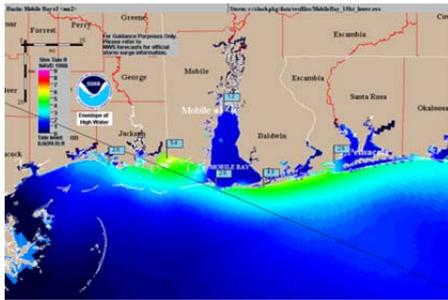
Hay varios factores que contribuyen en la altura de la marejada ciclónica que produce una tormenta dada para una localidad en particular:

Presión Central

Las bajas presiones producirán una marejada ciclónica más alta. Sin embargo, como fue mostrado en la página 2, la presión central es un contribuidor mínimo si lo comparamos con los otros factores.

Intensidad de la Tormenta

Los vientos más fuertes producirán una marejada ciclónica más alta. Las dos imágenes abajo muestran la marejada ciclónica por dos tormentas diferentes, la segunda teniendo los vientos máximos que son 15 mph más fuertes que la primera. Todas las otras variables son iguales.

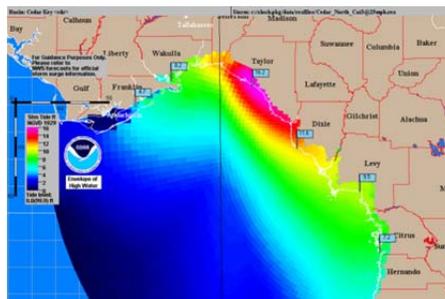
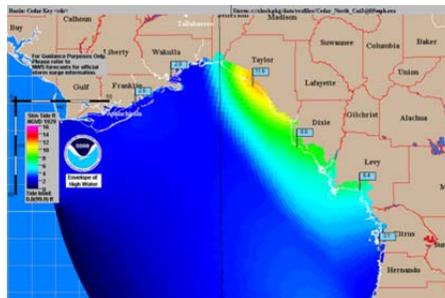


Tamaño del Ciclón

Una tormenta más grande producirá una marejada ciclónica más alta. Hay dos razones: primero, los vientos de una tormenta más grande ponen una mayor fuerza sobre un área del océano. Segundo, los vientos fuertes en una tormenta más grande tienden a afectar un área más grande que la tormenta. El tamaño fue la diferencia clave entre la marejada ciclónica generada por tormentas como Katrina y Charley.

Velocidad de Traslación

En una costa sin obstáculos, una tormenta moviéndose más rápido producirá una marejada ciclónica más alta. Sin embargo, una marejada ciclónica se produce en las bahías, los pasos, y otros cuerpos cercados de agua con una tormenta moviéndose más lentamente. Las dos imágenes abajo muestran la marejada ciclónica generada por dos huracanes hipotéticos azotando la parte noroeste de la Florida — una moviéndose a 5 mph y la otra a 25 mph.



Angulo al Aproximarse a la Costa

El ángulo en que la tormenta se acerca a la costa puede afectar cuanta marejada ciclónica se genera. Es probable que una tormenta que se mueva hacia la costa en un ángulo perpendicular produzca una marejada ciclónica más alta que una tormenta que se mueva paralelo a la costa o se mueva tierra adentro en un ángulo oblicuo.

Tamaño de la Costa

La marejada ciclónica será más alta cuando un huracán toca tierra en una costa de tamaño cóncavo (curvada hacia adentro, tal como la Bahía Apalachee en la Florida) en lugar de una costa convexa (curvada hacia fuera, tal como los Outer Banks de Carolina del Norte).

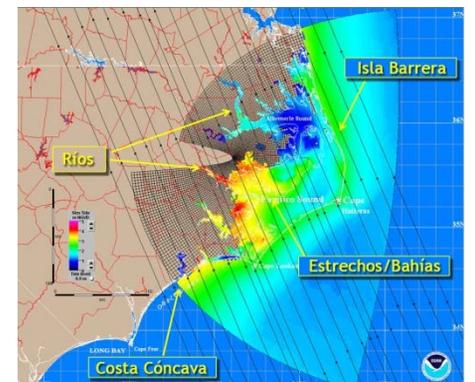
Anchura e Inclinación del Fondo Oceánico

Las marejadas ciclónicas más altas ocurren con plataformas continentales anchas y suavemente inclinadas, mientras una marejada ciclónica menos alta ocurre con plataformas continentales estrechas y abruptamente inclinada. Las áreas a lo largo de la costa del Golfo de México, especialmente en Luisiana y Misisipí, son particularmente vulnerables a la marejada ciclónica porque el fondo oceánico gradualmente se profundiza fuera de la costa. A la inversa, los áreas tales como la costa este de la Florida tienen una plataforma continental más inclinada, y la marejada ciclónica no es tan alta.



Características Locales

La marejada ciclónica depende sumamente de las características locales y las barreras que afectarán el flujo del agua. Un buen ejemplo es la costa de la Carolina del Norte, que tiene complejidades tales como las islas barreras, las ensenadas, los pasos, las bahías, y los ríos.



Observar y Medir la Marejada Ciclónica

Estaciones de Marea

Las estaciones de marea miden la variación en el nivel del agua a lo largo de la costa. Desde que los ciclos de marea son pronosticables, la marejada ciclónica puede ser calculada al sustraer lo que sería el nivel del agua en ausencia de la tormenta del nivel medido del agua. El Servicio Oceánico Nacional de la NOAA (NOS por sus siglas en inglés) mantiene una red de aproximadamente 175 estaciones de marea a través de los Estados Unidos, que sirven como la fundación para los productos de la predicción de las mareas. Ellas están generalmente ubicadas en áreas protegidas de las olas. Esto permite una medida de la altura del agua estancada o la altura del agua cuando no está perturbada por las olas.



Pros:

- Disponible en tiempo real
- Generalmente ubicadas en áreas protegidas por las olas y pueden medir el agua estancada
- Tradicionalmente la manera más confinable de medir la marejada ciclónica

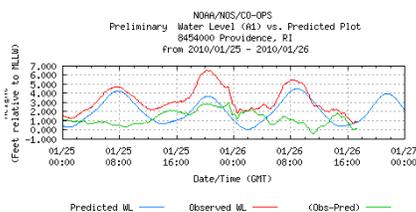
Contras:

- Número limitado de estaciones a lo largo de la costa, pues hay a menudo una validación en tiempo real de la marejada ciclónica en las áreas más vulnerables
- Fracasan a menudo en la cumbre de un evento debido a la pérdida de la energía eléctrica o daños.

Datos de indicadores de marea del NOS pueden ser obtenidos:

<http://tidesonline.noaa.gov>

<http://tidesandcurrents.noaa.gov>



CUESTIONES CON LOS DATOS DE LA MAREJADA CICLÓNICA

- Los instrumentos dejan de funcionar a menudo durante un evento
- Los datos a menudo son asociados con diferentes niveles de referencia y las conversiones son complicadas
- Cada método tiene características diferentes o aún desconocidas
- Es posible que los datos midan cosas diferentes (agua estancada contra acumulación del oleaje)

Niveles Máximos de Agua de la Marejada Ciclónica

Los niveles máximos de agua se encuentran en árboles y estructuras, indicando la elevación máxima de la superficie del agua para un evento de inundación creados por la espuma, las semillas, u otros escombros. Los equipos de inspección se despachan después de la tormenta para encontrar y registrar los niveles máximos del agua confiables, usualmente para usar los métodos de GPS.



Pros:

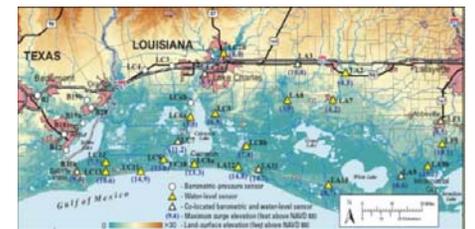
- Tradicionalmente el mejor método para capturar la marejada ciclónica *más alta* de un evento

Contras:

- No están disponibles en tiempo real
- Son perecederos, pues las inspecciones hay que conducir las tan pronto sea posible después del paso de la tormenta
- Pueden ser subjetivos
- Generalmente incluyen los efectos del oleaje y sólo un pequeño porcentaje representa el agua estancada

Sensores de Presión

Los sensores de presión de La Encuesta Geológica del los EE.UU. (United States Geological Survey en inglés) son sensores de la presión barométrica provisionales que proveen la información sobre la duración de la marejada ciclónica, los tiempos de la llegada y el retiro y las profundidades máximas. Los sensores son instalados alrededor de los postes y otras estructuras antes de la llegada del huracán.



Pros:

- Son capaces de proveer información para un tiempo específico, que no puede ser obtenida de los niveles máximos del agua
- Pueden ser despachados con antelación a la tormenta a localidades donde se espera la marejada ciclónica más alta

Contras:

- Información de los sensores no está disponible en tiempo real
- Pueden incluir los efectos de las olas que proveerán una sobreestimación de la altura de la marejada ciclónica
- Puede ser difícil recobrar los instrumentos después de una tormenta

