

CICLONES TROPICALES



Fascículos



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Rosa Icela Rodríguez Velázquez

SECRETARIA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Laura Velázquez Alzúa

COORDINADORA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

Enrique Guevara Ortiz

DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO NACIONAL
DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED)

1a. Edición, diciembre 2003

1a. Reimpresión de la primera edición, mayo 2007

D.R. Versión Electrónica 2021

© SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA
Avenida Constituyentes 947, Edificio "B", Planta Alta, Colonia Belén
de las Flores Álvaro Obregón, C. P. 01110, Ciudad de México
Teléfono: (55)1103 6000 www.gob.mx/sspc

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal Núm. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo,
Coyoacán, C.P. 04360, México, Ciudad de México
Teléfonos: (55) 54 24 61 00
Comentarios: editor@cenapred.unam.mx
www.gob.mx/cenapred

© Autores:

Martín Jiménez Espinosa, Lucía Guadalupe Matías Ramírez,
Óscar A. Fuentes Mariles (CENAPRED) y
Ricardo Prieto González (Instituto Mexicano de Tecnología del
Agua)

Diseño y edición:

Violeta Ramos Radilla

Portada:

María José Aguas Ovando

Corrección de Estilo:

Iván Gabriel Llano Alcántara

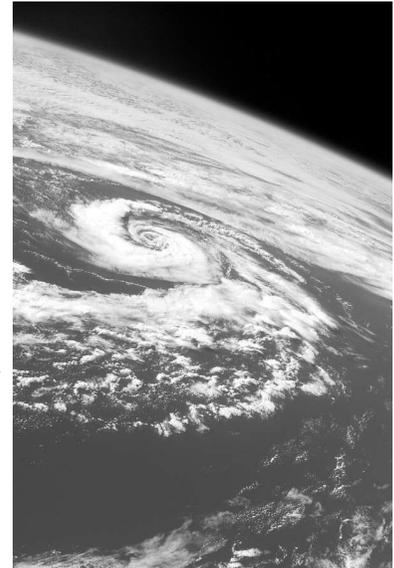
ISBN: 978-970-821-001-0

Derechos reservados conforme a la ley.
Impreso en México. Printed in Mexico

Distribución Nacional e Internacional:
Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

SERIE
Fascículos

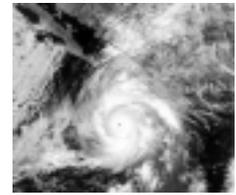
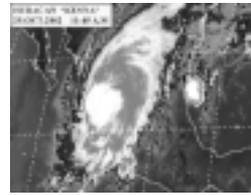
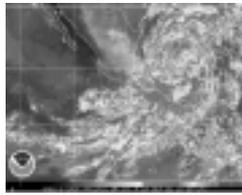


Fotografía de portada: Ciclón tropical.
National Aeronautics and Space Administration/ NASA

Ciclones Tropicales

3	Introducción
4	¿Qué es un Ciclón Tropical? Estructura Génesis (regiones matrices) Trayectoria Clasificación La escala Saffir-Simpson para huracanes Efecto del fenómeno de El Niño en los ciclones tropicales
13	Efectos de los Ciclones Tropicales Lluvia Aspectos del ciclón tropical que influyen en las lluvias torrenciales Intensidad de la precipitación Viento Oleaje Marea de tormenta Beneficios
24	Seguimiento, pronóstico y análisis posterior a la ocurrencia de un Ciclón Tropical Seguimiento Satélite meteorológico Vuelos instrumentados Mareógrafos, ológrafos Estaciones de medición de caudal Servicio Meteorológico Nacional Pronóstico Análisis posterior a la ocurrencia de un Ciclón Tropical
29	Alertamiento de Ciclones Tropicales Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT) Fase de Acercamiento / parte delantera del Ciclón Fase de Alejamiento / parte trasera del Ciclón Sistema de Alerta Hidrometeorológica (SAH)
42	Acciones preventivas para protección civil
46	Preguntas frecuentes
49	Glosario
51	Bibliografía y Referencias

Introducción



Los ciclones tropicales han causado algunos de los mayores desastres debido a fenómenos naturales en la historia reciente. En 1970, en Bangladesh, la marea de tormenta producida por uno de estos fenómenos, causó la pérdida de 300,000 personas; 21 años después otro ciclón generó un desastre similar en ese país, al provocar 140,000 decesos y la muerte de un millón de cabezas de ganado. Aunque se trata de una nación en vías de desarrollo, la cual resulta muy vulnerable a los ciclones tropicales por tener su bajo relieve y cercanía al mar donde se generan dichos fenómenos, éstos no afectan únicamente a países pobres, sino también a aquellos que tienen población y bienes expuestos a sus efectos. Por ejemplo, en los Estados Unidos se ha producido uno de los ciclones tropicales más costosos de la historia, el huracán Andrew, que en 1992 produjo daños por un valor estimado en \$30,000 millones de dólares, y causó la muerte de 53 personas. El caso más reciente es Mitch, que en 1998 provocó el retroceso económico de Honduras y Nicaragua al ocasionar pérdidas por \$5,000 millones de dólares y provocar el deceso de 11,000 personas, afectando seriamente a otros 3 millones. En México, Gilbert provocó en 1988 la muerte de 200 personas y Pauline, en 1997 causó 228 decesos y pérdidas económicas por \$448 millones de dólares.

A pesar de lo anterior, los ciclones tropicales juegan un papel importante en la distribución de la lluvia en nuestro país, consiguiendo que las zonas áridas y semiáridas puedan beneficiarse de lluvias excedentes, cuyo escurrimiento generado por éstas pueda ser almacenado en presas que permiten, en algunos casos por varios años, contar con el preciado líquido. Aún sin grandes almacenamientos construidos por el hombre, éste se puede beneficiar de las lluvias producidas por los ciclones tropicales al recargarse importantes acuíferos a lo largo y ancho del territorio nacional.

Para convivir con estos fenómenos naturales es necesario llevar a cabo acciones: protegerse de sus efectos más importantes a través de la comunicación entre autoridades y población; exponer lo menos posible la vida de la gente asentada cerca de costas, ríos y laderas así como sus bienes, y si no es posible lo anterior, tener preparados refugios temporales en caso de presentarse situaciones de peligro.

Para lograr esta convivencia es importante el conocimiento científico y técnico de los ciclones tropicales, de la preparación y capacitación de las autoridades para el manejo de emergencias como las derivadas de la presencia de estos fenómenos, de la difusión a la población de medidas de mitigación, y de hacerle comprender que la autoprotección es, en algún momento, la clave para salvar la vida y sus bienes más preciados, lo cual significa atender a los llamados de las autoridades y, principalmente, a no exponerse a riesgos tales como inundaciones, oleaje, viento e inestabilidad de laderas.

Con la finalidad de destacar la importancia que este tipo de riesgos implica para la sociedad mexicana, el CENAPRED destina este fascículo al estudio y análisis de causas, efectos y principales acciones para mitigar los daños que provocan los ciclones tropicales.

¿Qué es un Ciclón Tropical?

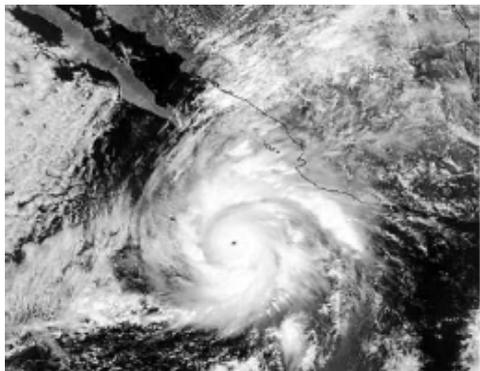


Figura 1 Imagen de satélite del ciclón tropical Kenna, 2002

La figura 1, es una imagen de satélite de un ciclón tropical; se trata del huracán Kenna que en octubre de 2002 azotó las costas de los estados de Jalisco y Nayarit. Para profundizar en el conocimiento de los ciclones tropicales es necesario la comprensión de cierta terminología indispensable que a continuación se describe.

Un *ciclón tropical* es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. Como su nombre lo indica, el ciclón tropical se origina en las regiones tropicales de nuestro planeta. Como la circulación ciclónica y bajas presiones atmosféricas relativas normalmente coexisten, es común usar los términos *ciclón* y *baja* de forma intercambiable.

En latitudes templadas los ciclones son referidos como *depresiones* o *ciclones extratropicales*, y el término *ciclón* se usa sólo para referirse a los *ciclones tropicales*. Estos últimos, en su etapa más intensa, son conocidos por varios nombres, según las regiones en donde ocurren:

- a) En el océano Atlántico, golfo de México y mar Caribe son conocidos como huracanes.
- b) En el mar de Arabia y la bahía de Bengala como ciclones.
- c) En el mar de China y la costa de Japón como tifones.
- d) En el océano Índico, al este de Mauricio y Madagascar, como ciclones.
- e) En el océano Pacífico del noreste como huracanes.
- f) En el Pacífico Sur, al este de Australia y Samoa como huracanes y willy willy. En las Filipinas son conocidos como baguios.

Estos sistemas de tormenta exigen, al menos, dos requisitos básicos: calor y humedad; como consecuencia, sólo se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26° C. La figura 2 muestra el número de ciclones tropicales promedio que se presentan cada año.

Los ciclones intensos están entre los más destructivos de los desastres naturales, capaces de causar graves daños a poblaciones costeras y ocasionar pérdidas humanas. Sin embargo, proporcionan precipitaciones esenciales para gran parte de las tierras que cruzan.

La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. Mientras el centro del ciclón permanece sobre aguas cálidas (temperatura mayor a los 26° C), el suministro de energía es enorme. Mientras más y más aire húmedo se dirige hacia el centro de la tormenta para reemplazar al aire caliente que asciende rápidamente en forma de nubes, mayor calor es liberado a la atmósfera por condensación del vapor de agua y la circulación del viento continúa incrementándose.

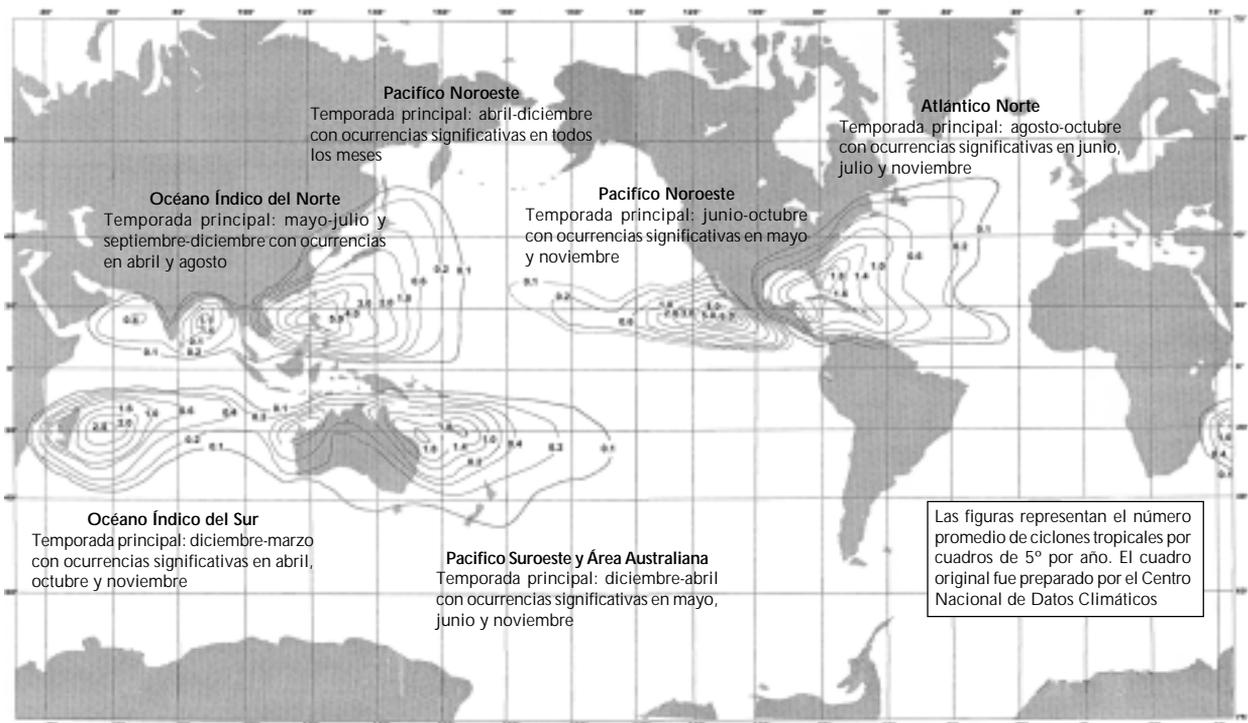
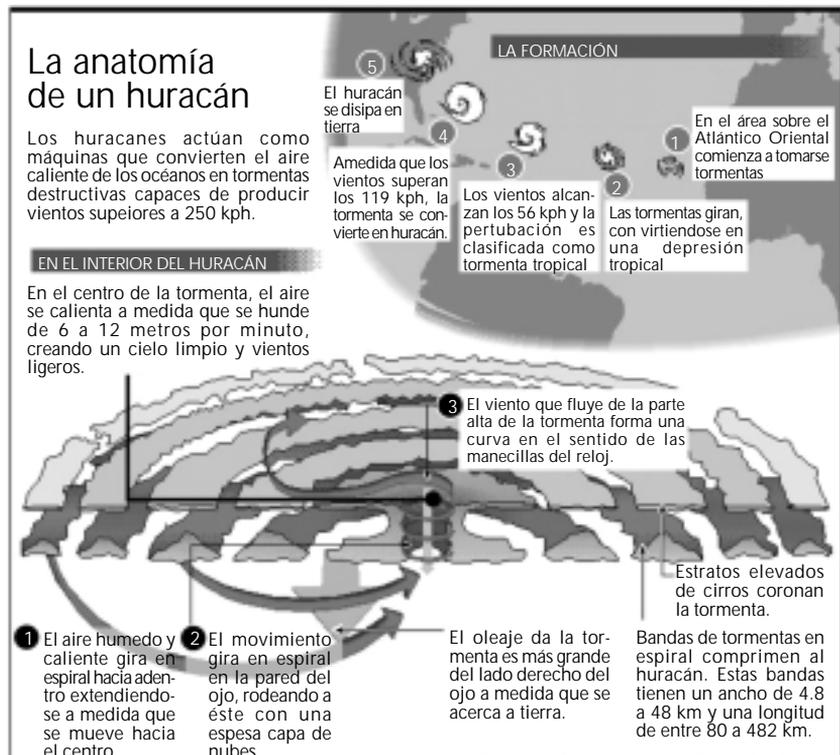


Figura 2 Presencia de ciclones tropicales en el mundo (las líneas indican el número de ciclones tropicales promedio que se presentan cada año)

Estructura

Un esquema general de la estructura de un ciclón tropical es mostrado en la figura 3, en donde está exagerada la escala vertical; los ciclones tropicales tienen un diámetro de varios cientos de kilómetros y una altura de alrededor de 15 km.



Source: The Weather Book., The Oceans Atlas, Acou. Weather

Ari Justin Gilbert, Gerard Cagayol, Chris Harford, John Jurgensen

Figura 3 Estructura de un ciclón tropical

Este esquema es de un ciclón tropical del hemisferio norte, ya que la circulación es en dirección contraria a las manecillas del reloj. Se nota una forma espiral marcada por bandas muy densas de nubes, de las que provienen lluvias torrenciales, y están separadas por áreas de lluvia ligera o sin lluvia; estas bandas espirales ascienden en capas de nubes llamadas *cúmulos* y *cumulonimbus* (figura 11) hacia el límite vertical de formación de nubes convectivas, donde el vapor de agua condensado y en forma de cristales de hielo es arrastrado en espirales de nubes llamadas cirrus. Existe un fuerte flujo hacia adentro en los niveles inferiores, y un flujo correspondiente hacia fuera en los niveles altos. En el centro de un ciclón tropical intenso suele encontrarse un área de viento en calma y cielo relativamente claro, conocido como el "ojo" de la tormenta, delimitado por la *pared del ojo*, donde se dan las precipitaciones y vientos más intensos.

Génesis (regiones matrices)

Numerosas observaciones a lo largo del tiempo han demostrado que las condiciones necesarias para el desarrollo de tormentas tropicales y huracanes son generalmente:

- Una superficie oceánica con temperatura mayor a los 26° C.
- Cambios pequeños en la dirección y rapidez del viento con la altura en la capa de la atmósfera que va de la superficie hasta unos 15 km de altura.
- Una distribución vertical de humedad y temperatura que permita la formación de nubes cumulonimbus.
- Una *perturbación inicial* consistente en la existencia de una concentración de rotación ciclónica en las partes bajas y medias de la troposfera.
- Una localización en las zonas oceánicas tropicales del planeta, en donde la fuerza de Coriolis no sea demasiado pequeña, es decir, más allá de los 4 ó 5 grados de latitud hacia el polo del hemisferio en que se encuentran. Generalmente se forman en latitudes entre los 5 y 25°.

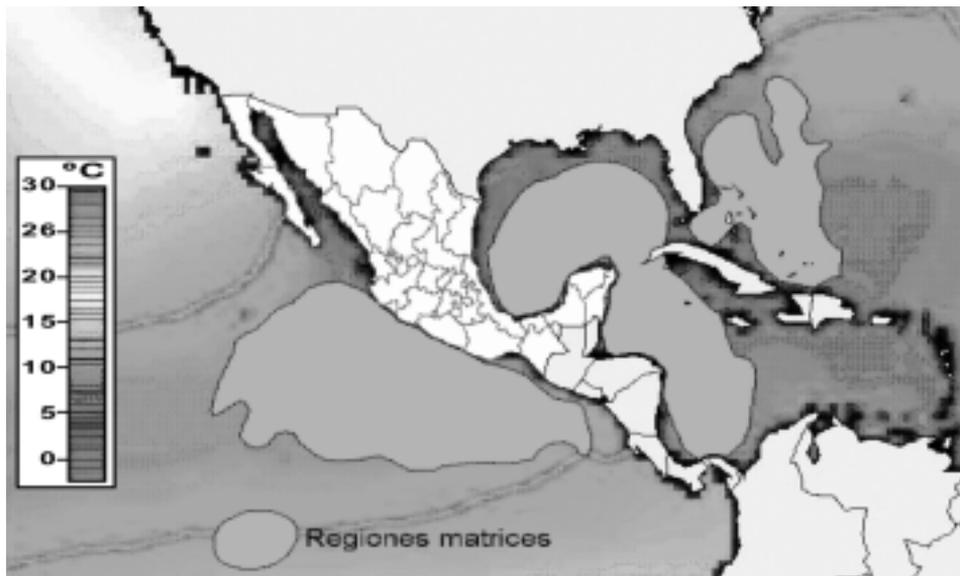


Figura 4 Regiones matrices cercanas a México (con temperatura del mar durante el mes de septiembre)

En la tabla 1 se muestra el número de ciclones tropicales por año en todos los océanos del mundo donde se presentan dichos fenómenos, en el periodo comprendido entre 1968 a 1989 (1968/69 a 1989/90 para el hemisferio sur). Se observa que la cuenca oceánica con mayor actividad ciclónica es la del Pacífico noroeste, donde se concentra cerca de un tercio de la “producción mundial de ciclones”; hay que recordar que el Pacífico noreste es el que rodea a México.

Tabla 1 Número de ciclones tropicales por año en océanos del mundo

Cuenca	Tormentas tropicales y huracanes Más de 61 km/h de vientos sostenidos		Huracanes Más de 119 km/h de vientos sostenidos	
	Máx/Mín	Promedio anual	Máx/Mín	Promedio anual
Atlántico	18/4	9.7	12/2	5.4
Pacífico NE	23/8	16.5	14/4	8.9
Pacífico NO	35/19	25.7	24/11	16.0
India N	10/1	5.4	6/0	2.5
India SO	15/6	10.4	10/0	4.4
India SE/Australia	11/1	6.9	7/0	3.4
Australia/ Pacífico SO	16/2	9.0	11/2	4.3
Mundial	103/75	83.7	65/34	44.9

La información anterior incluye, para el caso del Atlántico, tormentas subtropicales.

La tabla anterior es sólo para fines comparativos. Información más actualizada se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2 Número promedio anual de ciclones tropicales en los mares que rodean a México

Clasificación	Media Histórica (1966-2002)	
	Pacífico	Atlántico
Depresiones tropicales	3.0	2.3
Tormentas tropicales	6.8	4.5
Huracanes categorías 1 y 2	4.0	3.6
Huracanes Intensos (categorías 3,4,5)	4.3	2.2
Total (ciclones)	18.1	12.6
Ciclones con Nombre (TT y H)	15.1	10.3

Trayectoria

El movimiento de los ciclones tropicales resulta, principalmente, debido a que las tormentas están sumergidas en una región de aire en movimiento de mayor tamaño, conocida como "corriente conductora", que tiende a mover la circulación de los niveles bajos y altos y la convección de nubes cumulonimbus en la dirección de dicho flujo. El ciclón por si mismo también es parte del flujo de gran escala, por lo cual es difícil definir la corriente conductora. El movimiento del ciclón también está influenciado por la fuerza de Coriolis que se origina por la rotación de nuestro planeta. Así mismo, ciclones grandes e intensos tienen la capacidad para modificar las condiciones del flujo atmosférico a su alrededor, lo que puede aportar una fracción importante del desplazamiento total del ciclón. Las trayectorias de los ciclones se esquematizan generalmente por una línea continua; sin embargo, es muy común encontrar oscilaciones alrededor de lo que se considera su trayectoria media. Los patrones de trayectorias más comunes de los ciclones tropicales está ilustrados

en la figura 5 y presentan una característica en común: la tendencia a moverse hacia el polo del hemisferio en que se encuentran.

Como se muestra en las figuras 4 y 5, los ciclones tropicales ocurren en las regiones del océano con aguas cálidas, excepto en el Atlántico sur. Es de hacer notar que en ambos océanos que colindan con México existe la presencia de ciclones tropicales principalmente durante los meses de verano. La temporada de ciclones, estadísticamente hablando, es del 15 de mayo al 30 de noviembre en el océano Pacífico noreste y del 1º de junio al 30 de noviembre en el Atlántico, aunque esto no quiere decir que no se presenten ciclones tropicales fuera de temporada, incluso en meses como abril o enero.



Figura 5 Trayectorias típicas de los ciclones tropicales en el mundo

En el caso de México las trayectorias de tormentas y huracanes para los océanos, Atlántico y Pacífico, se muestran en la siguiente figura.

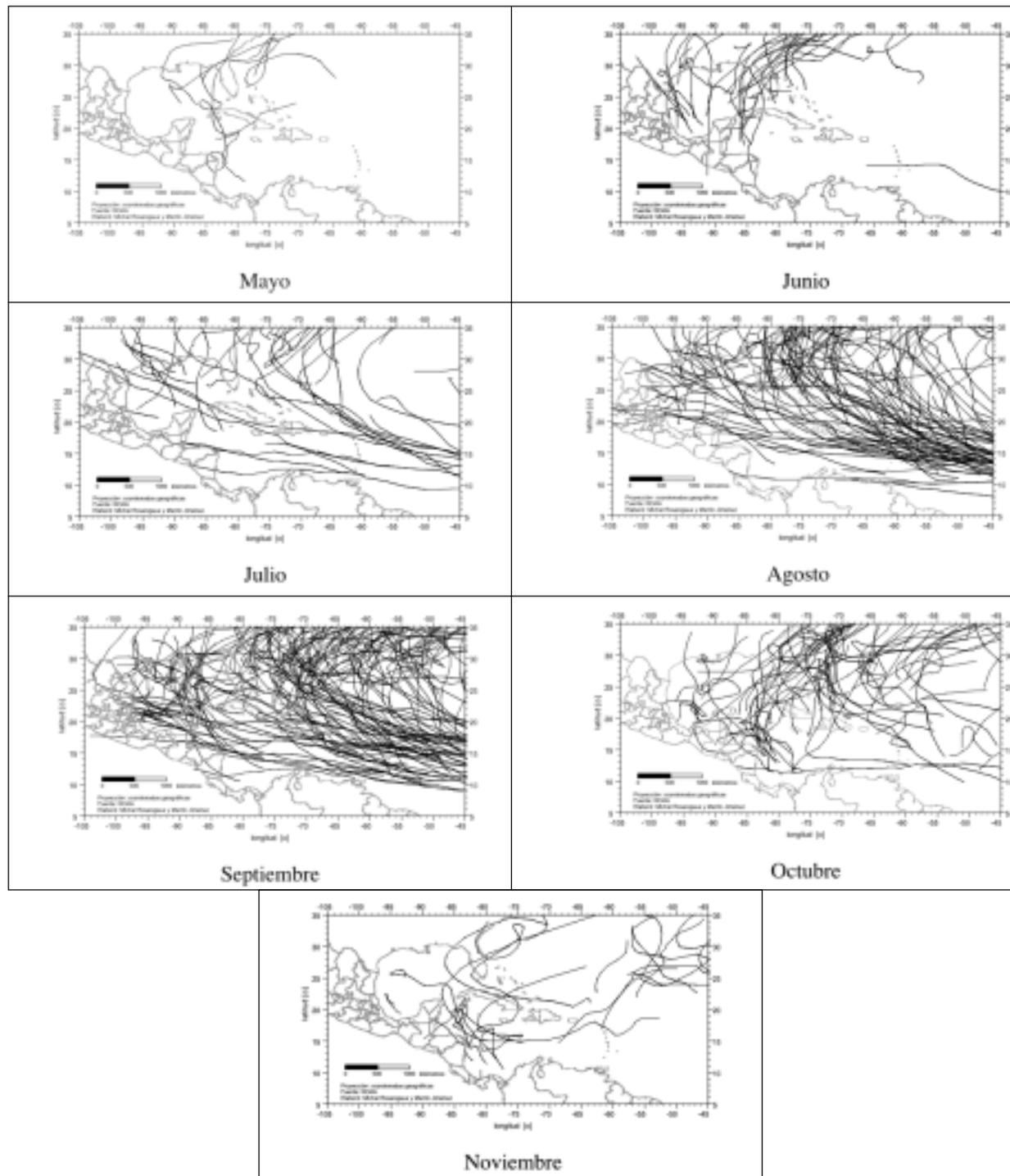


Figura 6 Trayectorias mensuales de los ciclones tropicales en el océano Atlántico (1951-2000)

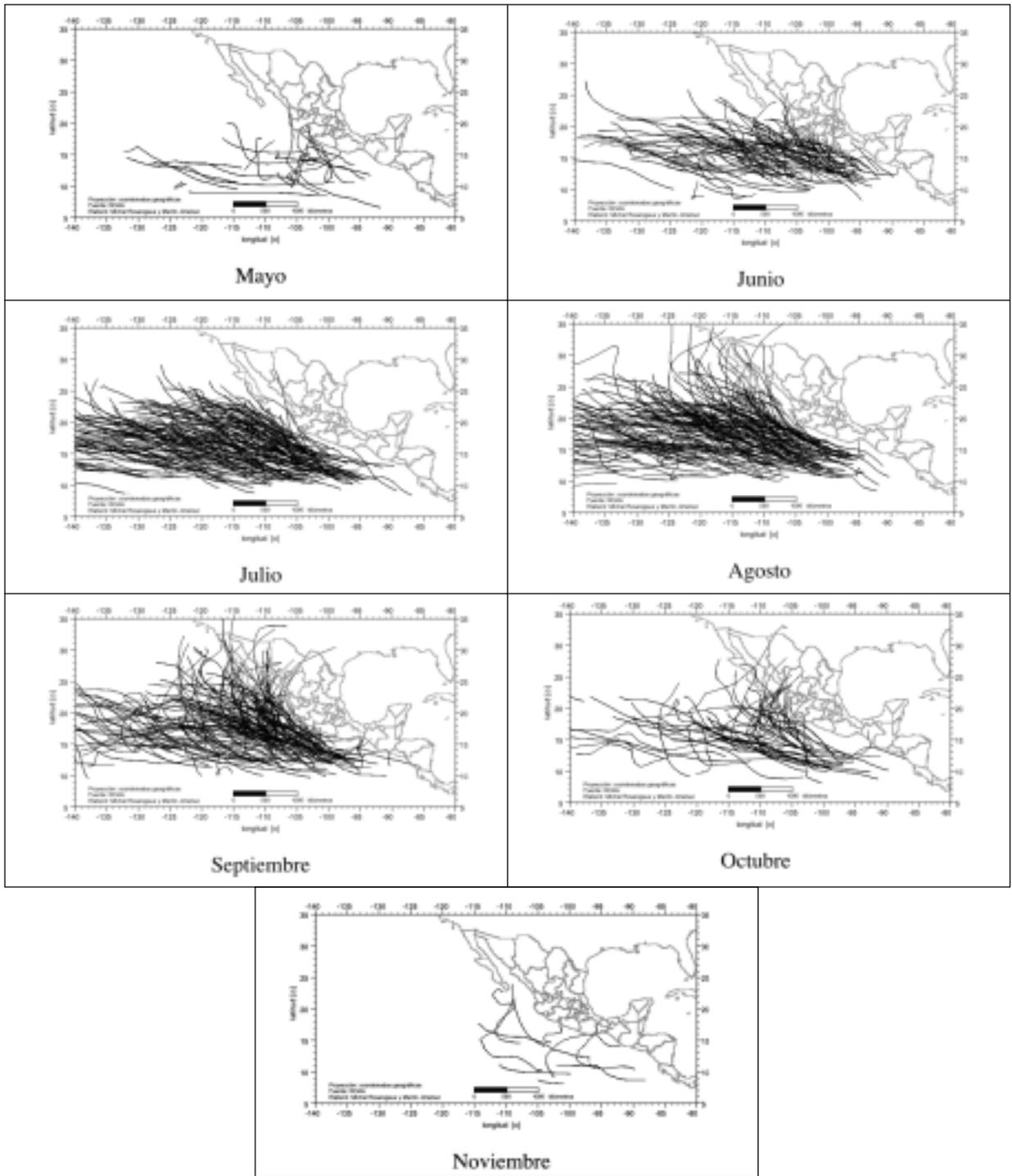


Figura 7 Trayectorias mensuales de los ciclones tropicales en el océano Pacífico del noreste (1951-2000)

Clasificación

Los ciclones tropicales están entre los sistemas meteorológicos más peligrosos y destructivos de la Tierra. Mientras la estructura y funcionamiento de una tormenta tropical madura son conocidos, su origen aún no es bien entendido. La etapa antecedente de un ciclón tropical es conocida en América como *Perturbación Tropical*; los ciclones tropicales se caracterizan por una circulación cerrada de sus vientos y se dividen en fases de acuerdo con la velocidad de su Viento Máximo Sostenido en superficie (VMS):

- a) Depresión Tropical: VMS menor a 63 km/h.
- b) Tormenta Tropical: VMS entre 63 y 118 km/h.
- c) Huracán: VMS mayor a 118 km/h.

La escala Saffir-Simpson para huracanes

Esta escala ha sido utilizada por los oficiales de seguridad pública en los Estados Unidos de América como una estimación del daño potencial por viento y marea de un huracán próximo. La escala de daño potencial indica los daños materiales probables, pero debe usarse con cautela para el caso de regiones fuera de los E. U. A.

Tabla 3 Escala Saffir-Simpson

Número de la escala (categoría)	Presión central (milibarios)	Vientos (km/h)	Marea de tormenta (metros)	Daños materiales potenciales
1	Mayor a 980	119 – 153	1.2 – 1.5	Daños a casas, árboles y arbustos. Algunos daños a señalizaciones. Daños menores por inundaciones en carreteras costeras. Daños leves en muelles e insignificantes en edificios
2	965 – 979	154 – 177	1.6 – 2.4	Daños a puertas, ventanas y algunos techos de construcciones. Daño considerable a arbustos y árboles. Daño considerable a casas, a señalizaciones y a muelles. Las zonas costeras se pueden inundar de 2 a 4 horas antes de la llegada del centro del ciclón. Las embarcaciones menores pueden romper sus amarras
3	945 – 964	178 – 209	2.5 – 3.6	Se puede presentar daño estructural a construcciones. Daño a árboles y arbustos con árboles grandes caídos. Señalizaciones destruidas. Las zonas costeras se pueden inundar de 3 a 5 horas antes de la llegada del centro del fenómeno. Las inundaciones costeras destruyen estructuras pequeñas y las estructuras grandes son dañadas por el oleaje. Zonas costeras que están hasta 1.5 m sobre el nivel del mar pueden ser inundadas hasta 13 kilómetros o más tierra adentro
4	920 – 944	210 – 249	3.7 – 5.5	Daño estructural más extenso a construcciones, con techos completamente dañados. Arbustos, árboles y señalizaciones totalmente arrancados. Daño extenso en puertas y ventanas. Zonas costeras inundadas de 3 a 5 horas antes de la llegada del centro del ciclón. Daño mayor a los pisos bajos de construcciones cercanas a la costa. Zonas costeras que están hasta 3.0 m sobre el nivel medio del mar inundadas, por lo que se requiere una evacuación mayor de áreas residenciales hasta 10 km tierra adentro
5	Menor a 920	Mayores a 249	Mayor a 5.5	Daño total a techos de construcciones. Fallas totales en los suministros de energía. Todos los árboles, arbustos y señalizaciones arrancadas. Daño severo a puertas y ventanas. Zonas costeras pueden ser inundadas de 3 a 5 horas antes de la llegada del centro del ciclón. Daños mayores a los pisos de construcciones que estén hasta 500 metros de la costa, por lo que se requiere una evacuación mayor de áreas residenciales hasta 16 km tierra adentro.

Efecto del fenómeno de El Niño en los ciclones tropicales

De acuerdo con estudios sobre el fenómeno de El Niño, el cual tiene un impacto sobre el clima mundial, la presencia de dicha manifestación provocaría una disminución del número de ciclones tropicales en el océano Atlántico. Por otro lado, durante el fenómeno de La Niña, es decir, la ocurrencia de un enfriamiento del mar mayor al normal frente a las costas de Perú, se observa un número parecido al promedio histórico de ciclones tropicales en el Caribe y golfo de México (10.3 al año).

En el océano Pacífico no se observa un efecto en el número de ciclones tropicales, ya que el promedio histórico es de 15.2 al año.

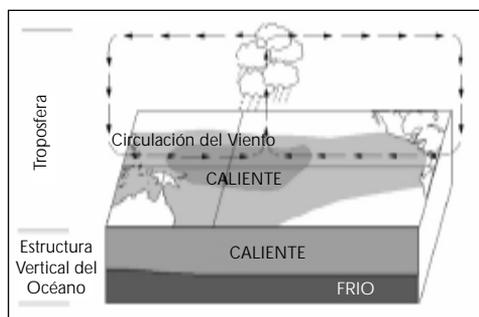


Figura 8a Condiciones normales del Pacífico tropical

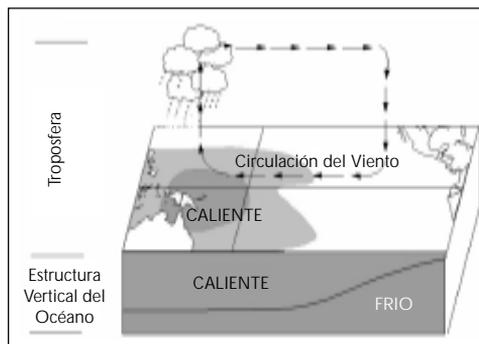


Figura 8b Condiciones del Pacífico Tropical durante «El Niño»

Tabla 4 Estadística de huracanes en años Niño y no Niño en el Pacífico nororiental y el Atlántico (Magaña, 1999)

Factor	Número de años	Número promedio tormentas por año	Intensidad promedio máximo (km/h y categoría en Saffir Simpson)	Océano
El Niño	7	5.4	113 (tormenta tropical)	Atlántico
No Niño	24	9.1	118 (tormenta tropical)	Atlántico
El Niño	7	15.1	117 (tormenta tropical)	Pacífico
No Niño	24	15.0	113 (tormenta tropical)	Pacífico

Por lo anterior, se puede decir que, salvo para el caso de la presencia de El Niño en que disminuye el número de ciclones tropicales en el océano Atlántico, este fenómeno no tiene un impacto mayor en la presencia e intensidad de los ciclones.

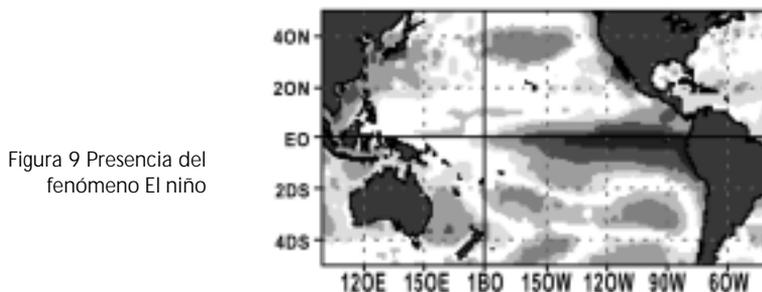


Figura 9 Presencia del fenómeno El Niño

Efectos de los Ciclones Tropicales

La importancia y peligro de los ciclones tropicales difiere entre tierra firme y superficie marina. Sobre los océanos las actividades humanas en riesgo son primeramente instalaciones petroleras, barcos y tráfico aéreo. En tierra, se ven amenazadas las vidas y actividades humanas en ciudades, pueblos, industrias, carreteras y cultivos que se encuentran, particularmente, a lo largo de la trayectoria del ciclón tropical.

En las zonas costeras, los mayores impactos de un ciclón tropical que golpea tierra se deben a la marea de tormenta, el oleaje, vientos fuertes y lluvias intensas. Históricamente y a lo largo del mundo, la marea de tormenta ha sido responsable de una mayor cantidad de daños comparada con los otros efectos. Sin embargo, el viento y la marea están concentrados dentro de unos pocos kilómetros del centro del ciclón, mientras que las lluvias intensas frecuentemente afectan áreas a cientos de kilómetros del centro de ciclón, esto es por el efecto de las bandas nubosas de la tormenta. Al mismo tiempo, es importante reconocer los aspectos benéficos de la lluvia provocada por los ciclones tropicales. Algunos ciclones que se mueven sobre regiones afectadas por periodos prolongados de sequía, pueden llegar a producir cantidades de lluvia de hasta unos 10 cm, que pueden ser importantes para mitigar las condiciones de aridez.

Lluvia

Las lluvias intensas asociadas a los ciclones tropicales en cualquiera de sus etapas, desde depresión tropical y tormenta tropical, hasta huracán, ocurren principalmente en el semicírculo derecho y pueden extenderse a grandes distancias de su región central. En huracanes muy simétricos, la lluvia suele concentrarse cerca de su centro y en todas direcciones.

Aspectos del ciclón tropical que influyen en las lluvias torrenciales

1. Permanencia del centro del ciclón después de la llegada a tierra

Mientras más tiempo se mantenga el sistema ciclónico en tierra, se espera una mayor cantidad de lluvia. Generalmente



Figura 10 Efectos del huracán Gilbert, 1988 en Cancún, Q. Roo

el ciclón que presenta una larga duración en tierra, está acompañado por una fuerte divergencia de los vientos en la parte superior y una convergencia de los vientos que favorece la humedad en los niveles bajos de la Troposfera.

2. Desplazamiento

Si el ciclón tropical se estaciona o se mueve con lentitud, en la proximidad del continente o después de impactar a éste, la ocurrencia de núcleos de lluvia fuerte sobre un mismo lugar puede causar inundaciones.

3. Suministro continuo del vapor de agua

En determinadas condiciones la cantidad de vapor de agua que ingresa en los niveles bajos del ciclón tropical es más grande, por lo que al entrar a tierra ocurren lluvias fuertes. Por ejemplo, el huracán Camille en 1969 produjo 787.5 mm en 5 horas sobre el estado de Virginia, cuando su banda nubosa interactuó con un cinturón de nubes cúmulo nimbus originada cerca del Ecuador, el cual mantuvo un flujo constante de vapor de agua.

4. Interacción de un ciclón tropical con un fenómeno de latitudes medias

Dado que la atmósfera es una capa de gases que rodea al planeta, la intensidad, el tamaño, la duración y distribución asimétrica de las bandas de lluvia o la llegada a tierra de un ciclón tropical, puede estar afectada por fenómenos térmicos y dinámicos de latitudes medias. En particular, el flujo de aire frío sobre el ciclón tropical favorece la generación de lluvias torrenciales y éste puede aumentar la intensidad del ciclón tropical.

5. Configuración del terreno

La configuración de la línea de costa, las montañas y las islas son elementos fundamentales sobre la estructura de un ciclón tropical. Ello se debe a la fricción que ejerce y reduce la velocidad de desplazamiento del ciclón. Por otra parte, los movimientos ascendentes y la diferencia de los flujos superficiales de calor y humedad, durante su paso a través de las montañas incrementan la cantidad de lluvia. (Figura 12).



Figura 11 Las nubes cumulonimbus formadas por un huracán (Fotografía, cortesía César López)

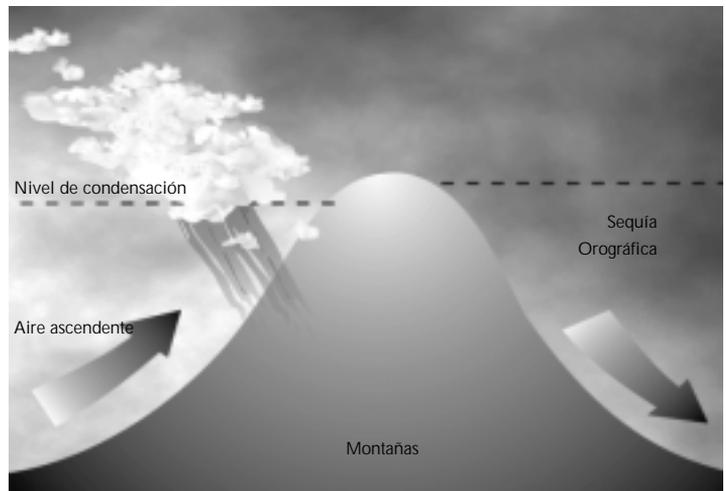


Figura 12 Las lluvias se presentan sobre la barrera montañosa expuesta al mar (barlovento)



Figura 13 Los ciclones tropicales también produce beneficios a la agricultura

En algunas ocasiones, los ciclones tropicales producen lluvias muy intensas, en cambio otros pueden pasar rápidamente y atravesar una región sin causar precipitaciones fuertes. Esto dificulta relacionar la cantidad de lluvia con la intensidad del ciclón tropical. Por ello, estos eventos son trascendentes para la economía agrícola de las regiones semiáridas de México; ya que la precipitación contribuye significativamente a los niveles de las reservas de agua que se requieren como sustento de la producción agrícola. (Figura 13).

Intensidad de la precipitación

Un aspecto importante de la precipitación es su intensidad. La intensidad de la lluvia se define como la precipitación acumulada en cierto intervalo de tiempo entre la duración de dicho periodo. La intensidad de lluvia ciclónica puede exceder a la ocurrida por otros fenómenos no ciclónicos. La precipitación de los ciclones tropicales se expresa, principalmente, como la intensidad máxima y la precipitación total. Por ejemplo, durante el huracán Pauline, de 1997, se produjo una intensidad de lluvia de 120 mm en una hora y una lluvia total de 411 mm en 13 horas (figura 14).



Figura 14 Lluvia en la estación Observatorio de Acapulco durante el huracán Pauline, de 1997 (Fuente: CNA, 1997)

La proximidad y el tamaño del ciclón son dos variables fundamentales que deben ser consideradas para determinar la lluvia asociada a un ciclón tropical. Los ciclones tropicales que se desplazan paralelos a la costa tienen el potencial para producir precipitaciones a todo lo largo de su trayectoria. Ello se debe a que la velocidad del viento converge a lo largo de la inmediación de la costa, y a la topografía asociada con el terreno montañoso de México (figuras 15 y 16).

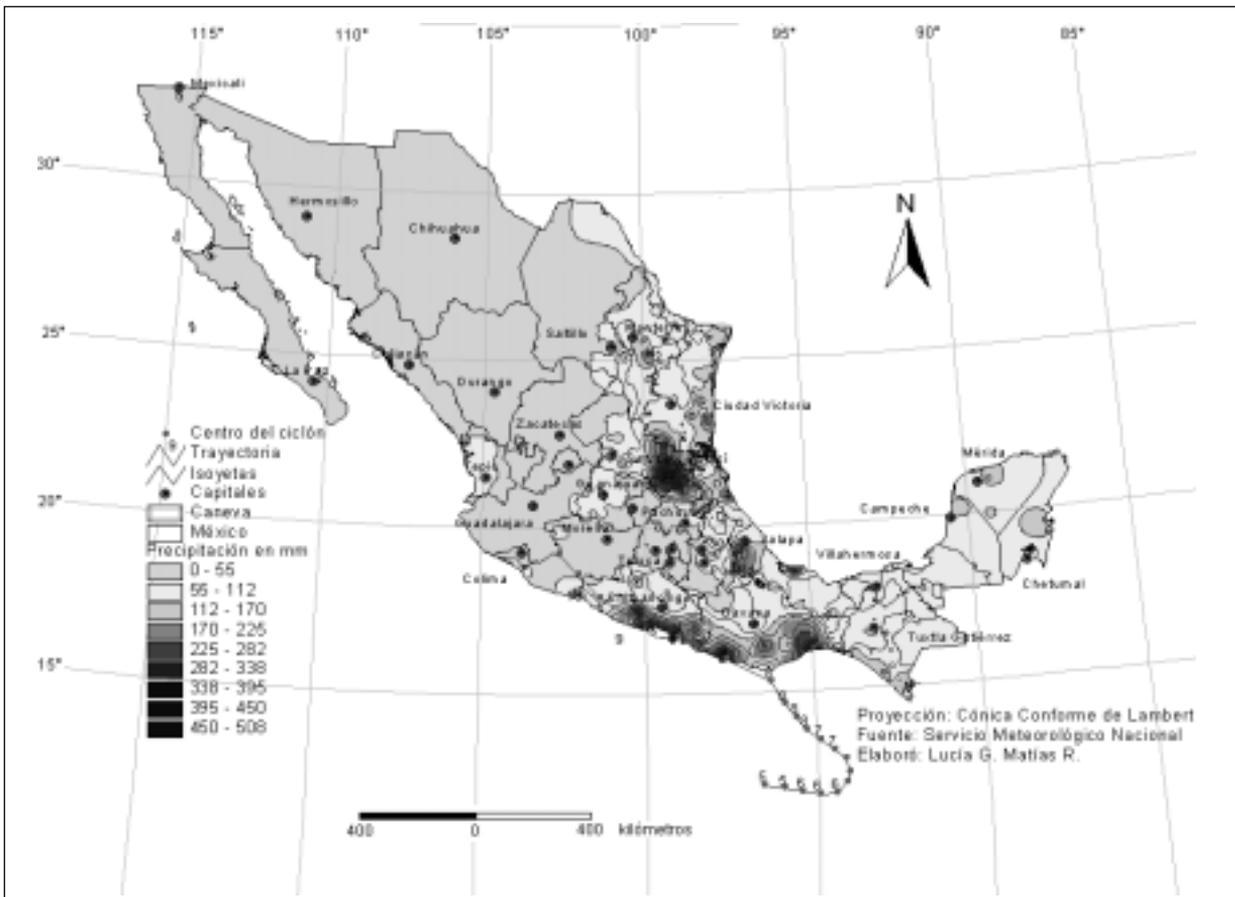


Figura 15 Precipitación acumulada del huracán Pauline de 1997

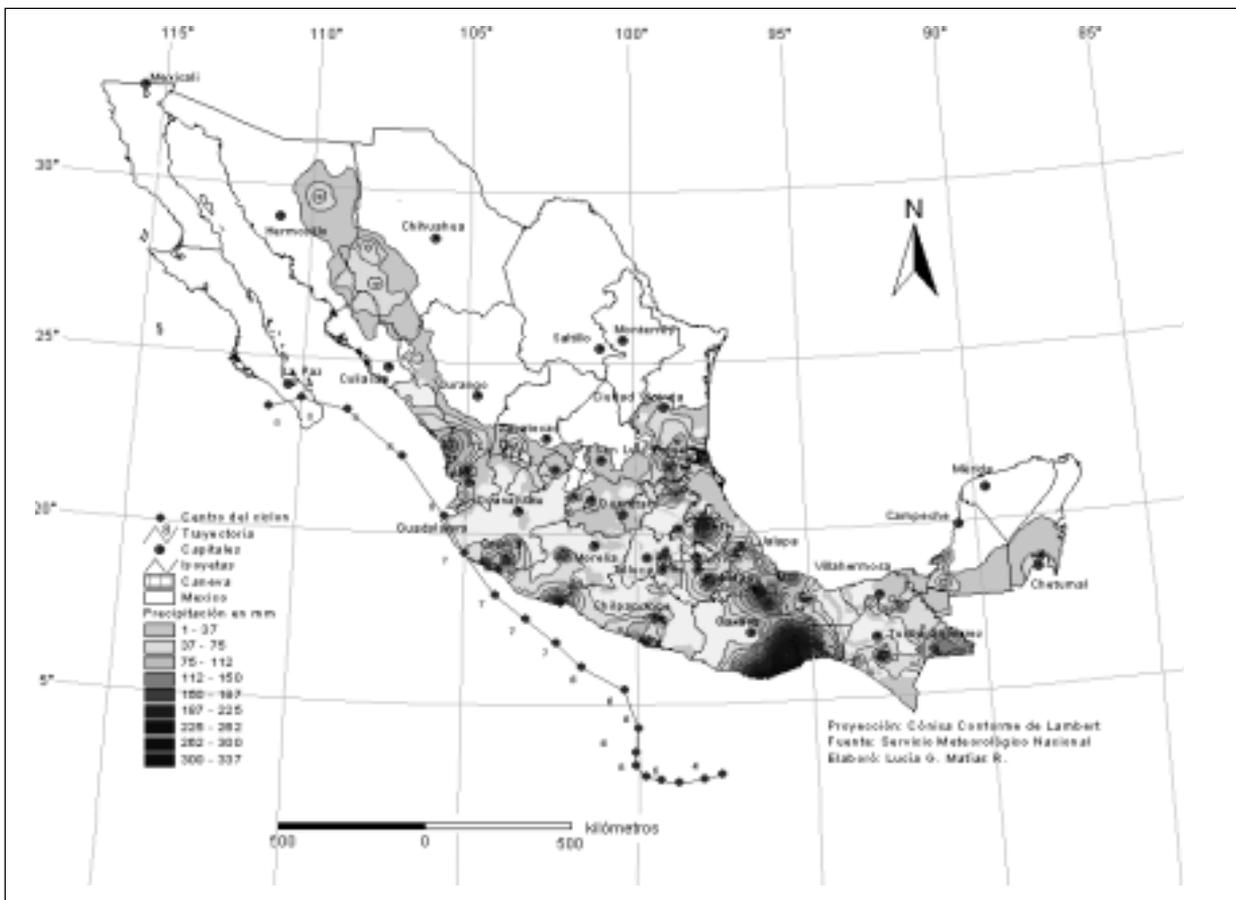


Fig. 16 El huracán Calvin de 1993 describió una trayectoria paralela a la costa

Existe una gran variación en la cantidad de precipitación anual generada por los ciclones tropicales y en el número de ciclones que pasan o se acercan a cierta zona de interés. Por ejemplo, a escala nacional la lluvia registrada por las estaciones meteorológicas debido a los ciclones excede en un 40% la precipitación ocurrida por otra clase de eventos.

La disipación de un ciclón tropical puede presentar remanentes nubosos, los cuales recorren grandes distancias y cubren extensas regiones, pudiendo descargar toda su humedad en forma de lluvia.

Finalmente, el seguimiento de la lluvia durante la ocurrencia de un ciclón puede servir para estimar el riesgo de posibles inundaciones en las zonas más susceptibles, las cuales deben identificarse con anticipación mediante mapas de riesgo (ver apartado de alertamiento de ciclones tropicales).



Figura 17 Fuerte lluvia y vientos son ocasionados por un ciclón tropical



Viento

Los vientos de los ciclones tropicales son bastante fuertes a partir de que alcanzan una velocidad de alrededor de 63 km/h, lo cual es conocido como vientos con «fuerza de tormenta tropical». Por este motivo, se recomienda que todos los planes de evacuación y de aseguramiento de propiedades deban haber sido terminados antes de la llegada de ese tipo de viento. Los vientos con «fuerza de huracán» son aquellos con una velocidad mayor a los 118 km/h, que pueden destruir construcciones débiles y voltear camiones. Cualquier objeto suelto que es arrastrado por vientos de esta intensidad puede convertirse en un proyectil capaz de causar daños importantes; es común encontrarse con daños por viento tales como árboles, torres y líneas eléctricas derribadas. Los edificios altos que se encuentren expuestos a la fuerza directa del viento suelen ser dañados sobre todo en cuanto a la ruptura de vidrios y ventanas, cuyos restos salen volando y caen al suelo con gran fuerza. (Figura 19).

Los vientos más intensos generalmente ocurren cerca del centro del ciclón tropical, y pueden ser especialmente peligrosos en uno de sus cuadrantes cuando la velocidad de traslación del ciclón es alta. La velocidad de los vientos en un ciclón tropical tiende a decaer en unas pocas horas cuando éste se aparta de su fuente principal de alimentación, que son las aguas cálidas del océano.

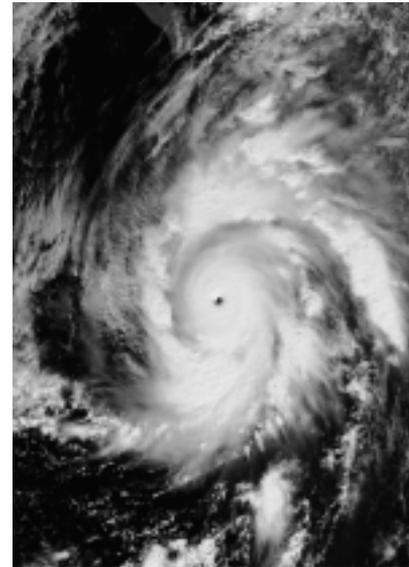


Figura 18 Imagen de satélite del huracán Kenna, 2002



Figura 19 Los vientos intensos de un ciclón tropical pueden generar daños estructurales a las edificaciones

Oleaje

El oleaje en el océano puede ser causado por diferentes tipos de factores, desde el paso de embarcaciones hasta fenómenos tales como terremotos submarinos. Sin embargo, la causa más común del oleaje es el viento. Cuando el viento pasa sobre la superficie del agua, la fuerza de fricción ocasiona que se formen ondas. La altura del oleaje se define como la distancia vertical que existe entre el punto más alto de la ola (cresta) y su punto más bajo (valle), figura 21. Los factores que determinan la altura del oleaje son la fuerza del viento, la distancia que mantiene ese viento y su duración.



Figura 20 Efecto del oleaje por el ciclón tropical Kenna en Puerto Vallarta, 2002



Figura 21 Punto más alto de la ola (cresta) y su punto más bajo (valle)

Existe una escala comúnmente usada por los marinos que nos permite relacionar la velocidad del viento con las condiciones de la superficie oceánica, conocida como la Escala Beaufort. Ésta fue desarrollada en 1805 por el Almirante Sir Francis Beaufort de la Marina Británica. La escala divide la fuerza del viento y las condiciones del mar en 12 "Fuerzas" que van desde la condición de calma, hasta las condiciones de vientos de fuerza de huracán. Esta descripción es de condiciones típicas lejos de la orilla de grandes cuerpos de agua, particularmente en mar abierto.

Tabla 5 Escala Beaufort de viento y oleaje

Fuerza	Viento (km/h)	Clasificación	Condiciones del Mar
0	Menor a 1.8	Calma	Superficie del mar plana y “como espejo”
1	1.9 a 5.5	Viento ligero	Algunas pequeñas ondulaciones
2	5.6 a 11.1	Brisa ligera	Pequeñas ondulaciones de 10 a 15 cm de altura
3	11.2 a 18.5	Brisa gentil	Algo de ondulación de 15 a 30 cm de altura
4	18.6 a 29.6	Brisa moderada	Pequeñas olas de 30 cm a 1 m de altura
5	29.7 a 38.9	Brisa fresca	Oleaje moderado, con altura de 1 a 2 m. Algo de espuma y spray
6	39.0 a 50.0	Brisa fuerte	Olas de 2 a 3 m de altura. Espuma blanca en la cresta de las olas, presencia de espray
7	50.1 a 62.9	Cercana a <i>Galerna</i>	Olas de 3 a 4 m de altura. Mucha espuma blanca sale de las olas que rompen
8	63.0 a 74.0	<i>Galerna</i> (tormenta tropical)	Olas de 5 a 6 m de altura, espuma sale volando de olas que rompen
9	74.1 a 87.0	Galerna fuerte	Olas de 7 a 8 m de altura, espuma densa sobre el mar, el espray reduce la visibilidad
10	87.1 a 101.8	Tormenta	Olas de 9 a 10 m de altura, zonas del mar blancas por la espuma, baja visibilidad
11	101.9 a 117.9	Tormenta violenta	Olas de 10 a 11 m de altura, regiones del mar blancas por la espuma, visibilidad muy reducida
12	118.0 o mayor	Huracán	Olas de 11 m o más, el aire con espuma, mar totalmente blanco por la espuma, gran cantidad de spray, muy baja visibilidad



Figura 22 Playa erosionada por el ciclón tropical Kenna en Puerto Vallarta, Jalisco, 2002



Figura 23 Efectos del viento generados por el huracán Isidore en Yucatán

Marea de tormenta

La disminución de la presión atmosférica del centro del ciclón tropical y los vientos de este fenómeno sobre la superficie del mar originan un ascenso del nivel medio del mar que es conocido como marea de tormenta. Ella puede provocar inundaciones en las zonas bajas continentales cercanas al mar y que las olas impacten sobre estructuras costeras (figura 24).

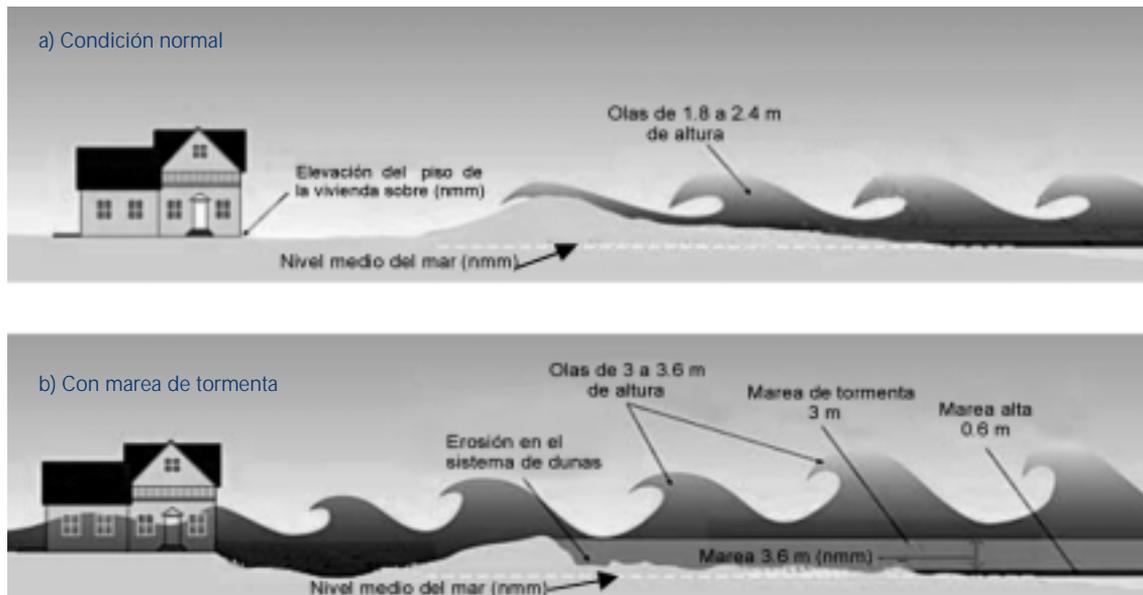


Figura 24 Efecto de incremento del nivel medio del mar

Cuando al ascenso y descenso diario del nivel del mar, producto de la marea ordinaria (astronómica), se combina con la de tormenta, es mayor la sobreelevación del nivel medio del mar. Cuando el ciclón se ha alejado, el nivel del mar desciende y se restablecen las condiciones normales en el océano. La marea de tormenta es más intensa cuando los vientos se dirigen hacia la costa (figura 25) y los vientos del ciclón tropical que tienen dirección de tierra al océano producen un descenso del nivel medio del mar.

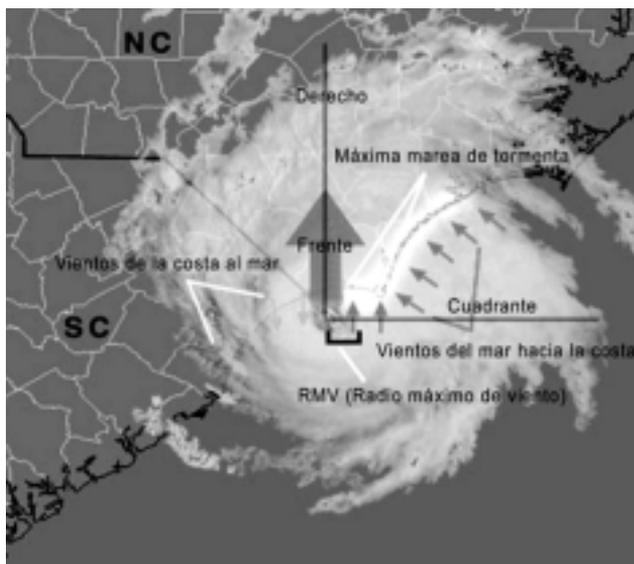


Figura 25 Condición que genera la más alta marea de tormenta

La marea de tormenta se puede calcular a partir de la magnitud y dirección de los vientos que actúan en la superficie del mar. Estos vientos son casi nulos en el centro, luego aumentan radialmente hasta alcanzar un máximo (a una distancia del orden de los 50 km del ojo), para que, posteriormente, disminuyan gradualmente a medida que se alejan de dicho centro.

Los vientos se dirigen hacia el centro del ciclón en dirección contraria al movimiento de las manecillas del reloj. Ellos forman un ángulo de aproximadamente 30° respecto a la dirección tangente de círculos concéntricos del ciclón tropical que señalen su distancia al ojo de este meteoro (figura 26). Cuando la dirección de los vientos es hacia la costa y ésta tiene la forma de una bahía, es mayor la sobreelevación del nivel medio del mar.

Los vientos son más fuertes mientras la presión del ciclón tropical es menor. Así, en igualdad de ubicación, los huracanes categoría 5 producen una marea de tormenta mayor que los de categoría 1. Con el desplazamiento del ciclón tropical se modifican los vientos que soplan sobre la superficie del mar, por lo que el efecto de la marea de tormenta cambia a lo largo del tiempo; se estima que tienen una duración de 1 a 2 días.

Para calcular la marea de tormenta es necesario conocer los vientos que genera el ciclón en el mar sobre un área

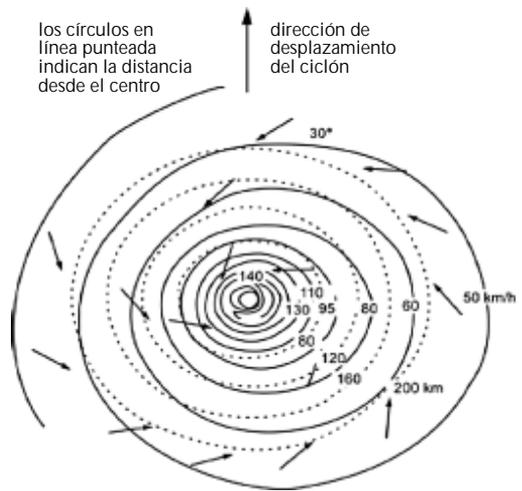


Figura 26 Campo de vientos de un ciclón tropical (las líneas punteadas son circunferencias perfectas para acentuar la asimetría del campo de viento)

extensa, así como la configuración del fondo marino y del litoral. Con base en esta información se resuelven, con la ayuda de una computadora, las ecuaciones que describen la transferencia de la energía de los vientos del ciclón al mar y del movimiento del agua. Los resultados permiten conocer la sobreelevación del nivel medio del mar de una zona cercana a la costa y las corrientes marinas que genera.



Figura 27 Efectos de la marea de tormenta y oleaje generado por el huracán Kenna en Puerto Vallarta, Jalisco, 2002

Los daños por la marea de tormenta que se presentan cerca de la línea de costa se deben principalmente a la inundación y al impacto del oleaje. Ellos pueden reducirse, si se predice la marea de tormenta que causaría un ciclón de acuerdo con su trayectoria de desplazamiento y si se toman las medidas de protección pertinentes.

En algunos ciclones tropicales la marea de tormenta puede ser su efecto más destructivo. Entre las mayores devastaciones que ha causado en el continente americano están la de Galveston, Texas (6,000 muertes) del año 1900, la del huracán de 1932 que provocó en Cuba la muerte de 2,700 habitantes y el huracán Audrey en Louisiana de 1957 que originó una inundación en una franja costera de 40 km, en la que fallecieron 390 personas.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de marea de tormenta para varios ciclones tropicales y el número de pérdida de vidas humanas que causaron.

Tabla 6 Valores históricos de marea de tormenta y decesos generados (Longshore, 1998)

Huracán	Año	Altura de la marea de tormenta (m)	Decesos
H. Galveston	1900	2.4-4.6	6000
H. No. 27	1906	3	134
Huracán	1915	3.6	275
Huracán	1947	3.6	85
H. Audrey	1957	3.6	390
H. Carla	1961	No hay dato	46
H. Hilda	1964	No hay dato	22
H. Beulah	1967	5.5	15
H. Camille	1969	7.6	No hay dato
Ciclón de Bangladesh	1970		300,000
H. Eloise	1975	3.6-4.8	No hay dato
H. Frederic	1979	2.4-3.6	5
H. Allen	1980	3.6	No hay dato
H. Gilbert	1988	7	No hay dato
Bangladesh	1991	7	140,000
H. Andrew	1992	2.4	No hay dato
H. Roxanne	1995	4.5-6.1	No hay dato
H. Isidore	2002	3.1	Ninguna



Figura 28 Marea de tormenta del huracán Carla, 1966 (Longshore, 1998)



Figura 29 Marea de tormenta en Galveston, Texas, septiembre de 1900

Beneficios

A pesar de que los ciclones tropicales pueden causar muchos daños por efecto del viento, oleaje, lluvia y marea de tormenta, gracias a la precipitación producida, es factible que las presas se llenen y los acuíferos se recarguen, facilitando con ello el suministro de agua para el consumo humano, la agricultura y la generación hidroeléctrica. Los beneficios obtenidos pueden durar varios años. Por ejemplo, una sequía grave en Texas terminó por las lluvias del Huracán Allen y la Tempestad Tropical Danielle en el verano de 1980. Otros ejemplos son que los ciclones tropicales pueden desalojar contaminantes de bahías y también que en ocasiones, la arena pueda ser llevada de la plataforma continental a las playas.

En México, el huracán Gilbert de 1988 ayudó a incrementar el almacenamiento de algunas presas del noreste del país, de modo que se mitigaron los riesgos por falta de abastecimiento de agua potable en años posteriores, principalmente a la ciudad de Monterrey. De manera parecida, Juliette, del 2001, ayudó a la recarga de acuíferos tales como los de Baja California Sur y de Sonora.



Figura s 30 y 31 Otro de los beneficios de los ciclones tropicales es el almacenamiento de agua en las presas

Seguimiento, pronóstico y análisis posterior a la ocurrencia de un Ciclón Tropical

Seguimiento

El conocimiento del desarrollo, movimiento y estructura básica de un ciclón tropical es importante para identificar las áreas donde es posible la ocurrencia de afectaciones; esta información puede ser utilizada con la finalidad de tomar las decisiones pertinentes para evitar la pérdida de vidas humanas y daños materiales. Con este motivo se emiten y distribuyen una numerosa cantidad de avisos en forma gráfica y textual por parte de las oficinas meteorológicas en el mundo; en particular, en México emite boletines el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, así como la Dirección General de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres, ambos de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

A nivel internacional, los boletines sobre el estado del tiempo se pueden obtener a través del Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos, en su análisis del tiempo para las regiones tropicales, donde se mencionan las características generales de los sistemas meteorológicos que se observan a través de los diversos sistemas de detección y seguimiento, como son las imágenes de satélite, imágenes de radar, radiosondeos y observaciones en superficie.



Figura 32 Satélite de Monitoreo Medio Ambiental GOES en órbita (tomada de <http://rsd.gsfc.nasa.gov/goes/text/goes.databook.html>)

Satélites meteorológicos

Debido a las características de los huracanes, su observación se debe hacer desde un punto de vista que ofrezca la mejor perspectiva; esto sólo es posible desde el espacio exterior.

Para lograrlo, en un tiempo relativamente breve se ha desarrollado una tecnología de satélites especiales para meteorología (figura 32). Estos satélites se dividen en dos grandes grupos:

- ◆ De órbita polar; giran alrededor de la Tierra a altitudes comprendidas entre 700 y 1,000 kilómetros
- ◆ Geoestacionarios; ocupan una posición fija por encima del ecuador, a aproximadamente 36,000 kilómetros

La información captada por los satélites se transmite a centros meteorológicos, que la procesan e interpretan para mantener informada a la población acerca del surgimiento y las características de los huracanes. En una estación de imágenes de satélite meteorológico se utiliza un sistema de telecomunicaciones que concentra e intercambia datos nacionales e internacionales.

Vuelos instrumentados

Actualmente en los Estados Unidos se usan aviones caza huracanes para estudiar las condiciones dentro de los ciclones. Estos aviones son de gran utilidad para pronóstico de la trayectoria del ciclón, pues en tiempo real hacen mediciones de las variables más importantes del fenómeno.

Mareógrafos, ológrafos

El mareógrafo es un instrumento utilizado para registrar las oscilaciones del nivel medio del mar debido a la marea. Este equipo generalmente se encuentra dentro de una caseta cercana al mar o en el interior de un pozo o tubo comunicado con el mar, como vasos comunicantes. Los principales tipos de mareógrafos son:

- ◆ Flotador
- ◆ Ultrasonidos

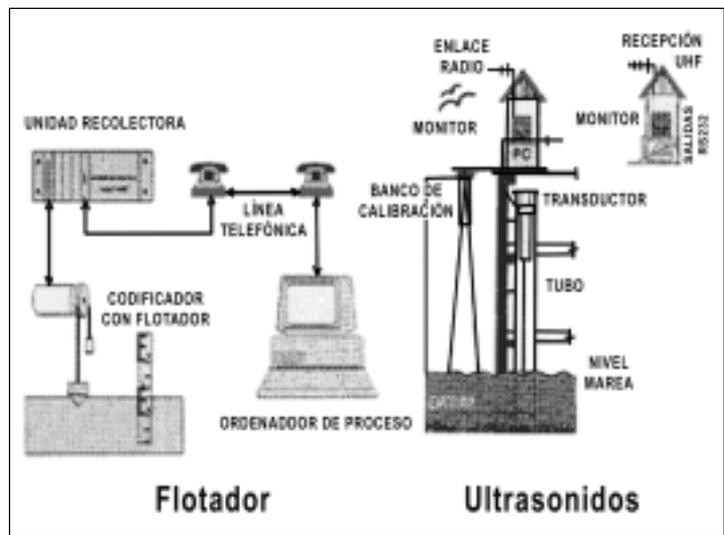


Figura 33 Estaciones mareográficas

El ológrafo es un instrumento que registra el cambio de la elevación de la superficie del mar en lapsos de pocos segundos. Puede consistir de un tubo, un imán permanente o eléctrico, un sistema mecánico de la alineación del tubo y una fuente de alimentación.

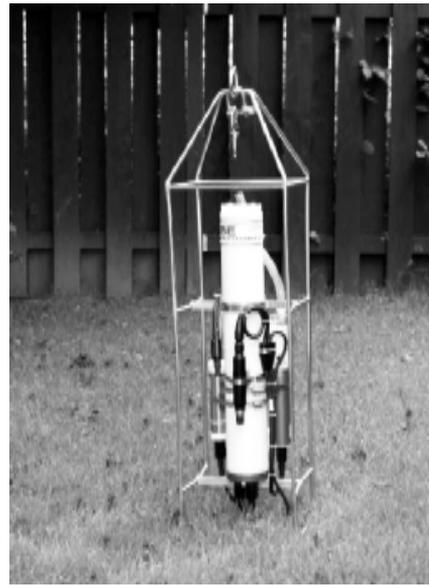


Figura 34 Ológrafos

Estaciones de medición de caudal

Es también importante la medición de escurrimientos en ríos, ya que da una idea del peligro que tienen éstos para las poblaciones asentadas en las márgenes de los ríos, incluso a kilómetros de donde se originaron las lluvias más intensas, (figura 35).



Figura 35 Estación hidrométrica en el río Tecolutla, Veracruz

En nuestro país existe un organismo oficial encargado de dar seguimiento a los ciclones tropicales que nos puedan afectar. A continuación se describe su misión y algunas de sus redes de observación.

Servicio Meteorológico Nacional

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua, trabaja de manera coordinada con la Secretaría de Gobernación, con el objeto de proporcionar información sobre la existencia de fenómenos meteorológicos al Sistema Nacional de Protección Civil, así como a los medios de comunicación, antes, durante y después de la ocurrencia de aquéllos que puedan incidir en los escurrimientos de ríos y en aprovechamientos hidráulicos, para prevenir daños por crecientes y proteger contra inundaciones a la población y áreas productivas.

El SMN opera diversas redes de observación distribuidas estratégicamente en el país:

1. Red de estaciones de radiosondeo

Tiene como propósito conocer el comportamiento de la atmósfera superior. Los datos obtenidos se utilizan en los modelos numéricos para pronósticos meteorológicos y seguimiento de fenómenos hidrometeorológicos severos. La red está constituida por 16 estaciones con tecnología de Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés).

2. Red de observatorios sinópticos

Esta red está constituida por 80 observatorios sinópticos. Los observatorios funcionan de manera continua durante las 24 horas del día, registrando parámetros meteorológicos y climatológicos a cada hora, los cuales se transmiten al Centro Meteorológico Mundial, en Washington, D. C., E. U. A., cada tres horas, como parte del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial de la Organización Meteorológica Mundial.

3. Red de estaciones hidroclimatológicas automáticas (EHCA's)

Red integrada por 60 EHCA's. Proporciona información de parámetros hidroclimatológicos prácticamente en tiempo real, tales como temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, presión barométrica, radiación solar, así como velocidad y dirección del viento. Los registros se transmiten vía satélite al SMN en México, D. F., así como al centro Meteorológico Mundial, en Washington, D. C.

4. Receptores de satélites meteorológicos

Su propósito consiste en vigilar, a nivel hemisférico, el nacimiento y desarrollo de sistemas meteorológicos severos, para informar con toda oportunidad al Sistema Nacional de Protección Civil.

La red está integrada por siete receptores de los satélites meteorológicos de órbita geoestacionaria GOES-8 y GOES-10, así como de un receptor de los satélites de órbita polar NOAA-11, 12 y 14.

5. Red de radares meteorológicos

Consta de 12 radares meteorológicos, los cuales se utilizan para dar seguimiento y estimar la intensidad de las lluvias ante la ocurrencia de tormentas, ciclones tropicales y eventos meteorológicos en general.

Pronóstico

En la actualidad las oficinas de pronóstico meteorológico son capaces de emitir avisos en forma de texto y en forma gráfica sobre la evolución más probable de los ciclones tropicales. Hay pronósticos de la trayectoria dados en términos de la latitud y la longitud del centro del ciclón, de tal forma que pueda ser trazada en un mapa, y hay pronósticos de intensidad del fenómeno, dado en términos del viento máximo sostenido. Estos pronósticos normalmente se emiten para las condiciones del ciclón a 12, 24, 36, 48 y 72 horas a partir de la hora de emisión, y se emiten cada seis horas a lo largo del día; cuando un ciclón tropical amenaza tierra, se puede incrementar el número de avisos, emitiéndose con mayor frecuencia. A partir del año 2003, el Centro Nacional de Huracanes, con sede en Miami, E. U. A., pronostica la trayectoria del ciclón hasta 120 h (cinco días), ya que la incertidumbre actual en el pronóstico a cinco días es la misma que se tenía hace 20 años con el pronóstico a tres días. Para mayor información se puede consultar la página de Internet del Centro Nacional de Huracanes de los E. U. A., en la dirección: <http://www.nhc.noaa.gov/>.

También se puede obtener información acerca de la estructura básica del ciclón, la cual puede ser descrita mediante el radio de extensión de los vientos de 63, 93 y 118 km/h (34, 50 y 64 nudos respectivamente) en los cuadrantes de la tormenta correspondientes a las direcciones Noreste, Sureste, Suroeste y Noroeste relativos a su centro.

Los modelos meteorológicos que permiten la emisión de estos pronósticos están basados en observaciones de ciclones tropicales a lo largo del tiempo y usan esa información de forma estadística, o también existen los modelos que consideran las condiciones físicas de la atmósfera en un momento determinado, como son condiciones de viento, humedad, temperatura y presión atmosférica, y las analizan por medio de complejos modelos matemáticos. Actualmente se utilizan hasta diez modelos de pronóstico, que se pueden clasificar en varios grupos:

- a) Persistencia
- b) Climatología
- c) Regresión de predictores
- d) Dinámicos
- e) Criterios subjetivos guiados

De estos pronósticos un grupo de expertos decide una trayectoria promedio. Adicionalmente se estima la incertidumbre del ciclón para algún punto en particular con base en la información histórica disponible.

Análisis posterior a la ocurrencia de un ciclón tropical

Mucho de la ocurrencia de los desastres naturales estriba en la falta de preparación, tanto de autoridades como de la población, ante la ocurrencia de un fenómeno natural tan destructivo como lo es un ciclón tropical. La preparación está, en sumo grado, basada en las experiencias vividas con el fenómeno y del registro que se tenga de los efectos y su ubicación, así como de los daños, y de la misma respuesta de la población y autoridades en aquel entonces. Tal registro es deseable que se realice de una manera racional y siguiendo una metodología que permita comparar sus resultados en el futuro, para saber si se ha logrado un avance en el manejo de la emergencia.

En el libro *Efectos Destructivos de Ciclones Tropicales*, del Dr. Michel Rosengaus, se presenta una exposición sobre este tema tan importante que puede servir de guía para autoridades y estudiosos de los ciclones. En general se debe reunir información sobre los siguientes puntos:

1. Mediciones de las variables más importantes de las manifestaciones del ciclón.

- ◆ Trayectoria y evolución de la intensidad del ciclón.
- ◆ Modelos conceptuales de viento, oleaje, marea de tormenta y precipitación pluvial. Lo anterior implica contar con mediciones de la velocidad de los vientos, de la presión atmosférica, del oleaje en

aguas profundas y costeras (con ayuda de olómetros u ológrafos, o con la observación de personas entrenadas y con la ayuda de escalas), de la marea de tormenta (con mareógrafos u ológrafos costeros, así como también de personas entrenadas), de la lluvia (con pluviómetros y pluviógrafos) y, finalmente, de caudales en ríos. Mucha de la información anterior se puede conseguir en la Comisión Nacional del Agua (CNA). La ventaja de recurrir a la CNA es que ésta concentra gran parte de la información a través del Servicio Meteorológico Nacional y de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos; sin embargo, se pueden usar estaciones medidoras adquiridas en el mercado con un precio moderado, con la ventaja de tener acceso a la información en cualquier momento.

2. Recopilación de la información de daños.

- ◆ Personal capacitado se debe trasladar lo antes posible al lugar por analizar. La entrevista con personas que presenciaron el evento es una de las actividades a realizar. Uno de los objetivos de este personal será el de establecer momentos de falla de aquellas estructuras que no soportaron el embate de las fuerzas de los ciclones.
- ◆ Establecer la ubicación geográfica de los daños. Debido al área tan extensa que pueda afectar un ciclón se hace indispensable que diferentes brigadas cubran dicha zona. Para agilizar la captura de esta información se sugiere el uso de sistemas de información geográficos y de geoposicionadores, conocidos como GPS por sus siglas en inglés. En todo caso se debe ir al lugar con mapas de la zona y equipo de documentación fotográfica o videográfica, así como equipo de seguridad. También es útil realizar recorridos aéreos y por supuesto, por tierra.
- ◆ Recopilación de pérdidas económicas. La debe realizar un tipo de especialista diferente al anterior, con un perfil social, ya que se trata de entrevistar a las diversas instancias de gobierno locales para reunir sus estimaciones de pérdidas y poder presentar posteriormente cifras generales de los posibles decesos y de los daños.

Alertamiento de Ciclones Tropicales

Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT)

Esta metodología es una guía para las autoridades de Protección Civil a escala federal, para la determinación de fases de alertamiento por ciclón tropical en la República Mexicana.

La versión del Sistema de Alerta Temprana (SIAT) para ciclones tropicales elaborada en el año 2000, fue mejorada quedando una nueva versión denominada (SIAT - CT 2003) la cual considera dos fases; la de acercamiento del ciclón tropical (para la activación, señalando el tipo de aviso que corresponda cuando se aproxime o entre a territorio nacional el meteoro) y la de alejamiento (para la desactivación, dando el tipo de aviso que corresponda cuando se disipe o se aleje del país). Para cada fase se emplea una tabla distinta.

El SIAT-CT 2003 considera la extensión en planta del ciclón tropical. Para ello se emplea una escala ponderada con la Saffir-Simpson que se llamará escala promedio. La escala promedio se obtiene del promedio de la escala Saffir-Simpson y de una de circulación, basada en el campo de acción de los vientos con intensidad igual o mayor a una tormenta tropical (63 km/h). Se considera el hecho de que cuando se trate de una depresión o una tormenta tropical el valor de la escala Saffir-Simpson es de cero, mientras que el de circulación puede ser mayor que cero.

Tabla 7 Tabla de acercamiento / Parte delantera del ciclón (activación de las señales de aviso)

Promedio de Escalas	detección o más de 72	72 a 60 horas	60 a 48 horas	48 a 36 horas	36 a 24 horas	24 a 18 horas	18 a 12 horas	12 a 6 horas	menos de 6 horas
0 a 0.99	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red
1 a 1.99	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red
2 a 2.99	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red
3 a 3.99	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red
4 a 4.99	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red
5	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red

Tabla 8 Tabla de alejamiento / Parte trasera del ciclón (desactivación de las señales de aviso)

Promedio de Escalas	0 a 100 km	100 a 150 km	150 a 200 km	200 a 250 km	250 a 300 km	300 a 350 km	350 a 400 km	400 a 500 km	500 a 750 km	mayor a 750 km
0 a 0.99	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Blue
1 a 1.99	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Blue
2 a 2.99	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Blue
3 a 3.99	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Blue
4 a 4.99	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Blue
5	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Blue

La figura siguiente se obtiene a partir de las tablas anteriores. Ella muestra una de las bondades del método propuesto; con distintos colores se definen las zonas con las que se representan cada una de las etapas de aviso. Así, de acuerdo con cada color se tendría una guía de las actividades que proceden para cada una de las instituciones que intervienen en la protección a los pobladores.

Los colores correspondientes a cada nivel de aviso deben ser conocidos por todas las instituciones involucradas en el sistema de alerta temprana para que no exista confusión. En general, las acciones para cada una de las etapas son las siguientes:

El Sistema de Alerta Temprana se compone de dos fases de alertamiento, dependiendo si el ciclón se encuentra acercándose a una área afectable (tabla de acercamiento / parte delantera del ciclón), o si se encuentra alejándose de un área afectable (tabla de alejamiento / parte trasera del ciclón).

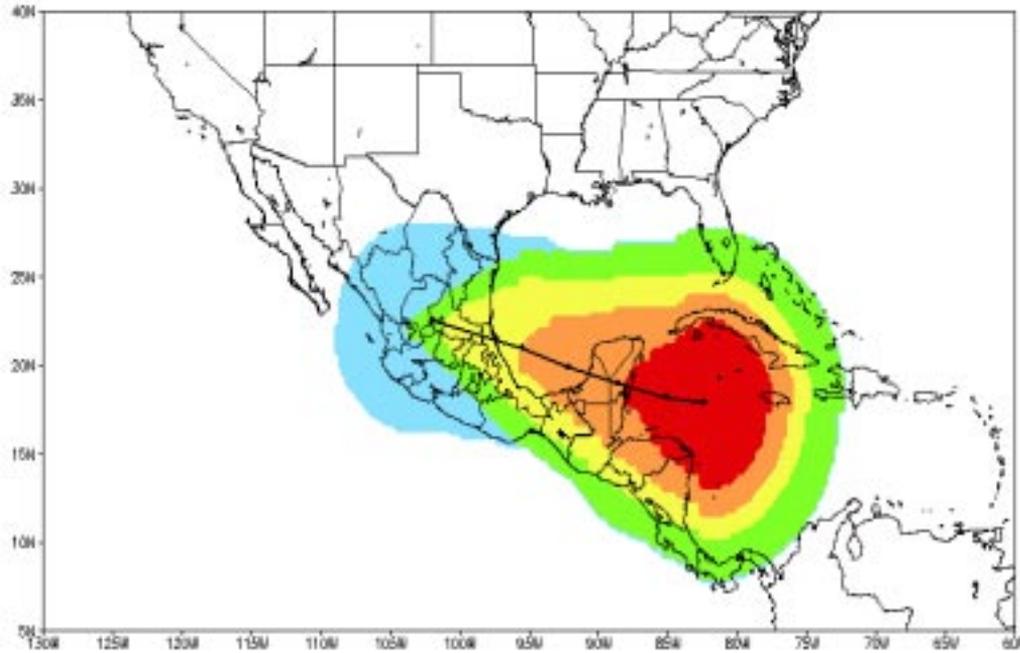


Figura 36 Aviso del SIAT para el ciclón tropical Dean, 20 de agosto de 2007 a las 15:00 hrs. (hora de la ciudad de México)



Figura 37 Casas afectadas por una corriente de agua

Fase de Acercamiento / Parte Delantera del Ciclón

Se dice que el Sistema de Alerta Temprana está activo cuando el ciclón se encuentra aproximándose a territorio nacional o acercándose a un área afectable.

Se consideran 5 etapas de alertamiento en la tabla 7, que se enuncian a continuación junto con la descripción de cada una y las acciones generales a seguir tanto por el Sistema Nacional de Protección Civil –autoridades gubernamentales, organismos e instituciones sociales y privadas— como por la población. Cada integrante del Sistema Nacional deberá implementar las acciones particulares que correspondan a sus ámbitos de acción.

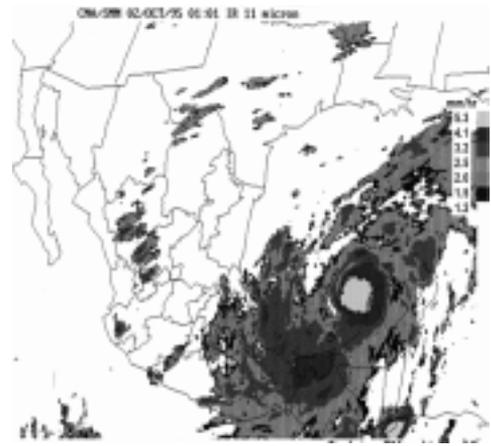


Figura 38 Fotografía de satélite del huracán Opal, 1995



La alerta azul se establece cuando se ha detectado la presencia de un ciclón tropical o cuando éste permanece a más de 72 horas de la posibilidad de que la línea de vientos de 34 nudos (63 km/h) del ciclón comience a afectar. Se considera que el peligro es Mínimo. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 24 horas.

El Sistema Nacional de Protección Civil debe comenzar su actuación en todos los ámbitos, siempre bajo la coordinación de la autoridad de Protección Civil correspondiente (Coordinación General de Protección Civil, Unidad Estatal de Protección Civil o Unidad Municipal de Protección Civil, según sea el caso) o, a falta de ésta en el ámbito municipal, de quien el Presidente Municipal designe. Se deben considerar las siguientes acciones generales a implementar:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Activación de los procedimientos internos de comunicaciones.
- ◆ Aviso por conducto de los medios de comunicación masiva sobre la existencia del ciclón.

Asimismo, se espera de la población la siguiente acción:

- ◆ Mantenerse informada.

ALERTA VERDE

PELIGRO BAJO ACERCAMIENTO - PREVENCIÓN

La Alerta Verde se establece cuando un ciclón tropical se ha acercado a una distancia tal que haga prever el impacto de la línea de vientos de 34 nudos en un área afectable en un tiempo de entre 72 y 24 horas, dependiendo de su intensidad. Se considera que el peligro es Bajo. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 12 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe aplicar las siguientes acciones generales:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Revisión de los planes y procedimientos de comunicación y operación.
- ◆ Revisión de listados de refugios temporales y de las condiciones de operatividad de los mismos.
- ◆ Identificación de instalaciones de emergencia.
- ◆ Revisión de los directorios de comunicaciones.
- ◆ Revisión de inventario de recursos materiales y humanos.

- ◆ Inicio de la coordinación entre la estructura que interviene en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Inicio de campaña en medios de comunicación masiva sobre la actuación de la población en caso de un ciclón tropical.
- ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el fenómeno específico y la posibilidad de impacto.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

- ◆ Mantenerse informada.
- ◆ Instruirse sobre los ciclones tropicales y las medidas a tomar.



Figura 39 Los Refugios Temporales son de suma importancia para dar atención a las personas evacuadas y víctimas de una emergencia, para ofrecerles servicios básicos y protección

ALERTA AMARILLA

PELIGRO MODERADO
ACERCAMIENTO - PREPARACIÓN

La Alerta Amarilla se establece cuando un ciclón tropical se ha acercado a una distancia tal que haga prever el impacto de la línea de vientos de 34 nudos en un área afectable en un tiempo de entre 60 y 12 horas, dependiendo de su intensidad. Se considera que el peligro es Moderado. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 6 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe aplicar las siguientes acciones generales:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
 - ◆ Instalación de los centros estatales de coordinación y comunicación.
 - ◆ Instalación de los centros municipales de coordinación y comunicación, en los municipios señalados como susceptibles de afectación.
 - ◆ Valoración sobre la posibilidad de instalar los Consejos Estatales y Municipales de Protección Civil.
 - ◆ Inicio de coordinación operativa.
 - ◆ Preparación de los posibles refugios temporales y asignación de responsabilidades sobre los mismos.
 - ◆ En islas e instalaciones petroleras marítimas, consideración sobre la posibilidad de iniciar la evacuación.
 - ◆ Reforzamiento de campañas en los medios de comunicación masiva sobre la actuación en caso de afectación por un ciclón tropical.
 - ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el fenómeno específico y la posibilidad de impacto.
- ◆ Valoración y, en su caso, inicio de despliegue de personal y recursos.
- Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:
- ◆ Mantener mayor atención a la información oficial.
 - ◆ Conocer la ubicación de los refugios temporales.
 - ◆ Atender instrucciones de navegación y Protección Civil en altamar, islas e instalaciones petroleras marítimas.
 - ◆ Estar preparada para una posible evacuación.
 - ◆ Tomar las medidas de autoprotección.



Figura 40 Es importante mantener informada a la población anticipadamente, para que sepa cómo actuar ante la llegada de un ciclón tropical

ALERTA NARANJA

PELIGRO ALTO
ACERCAMIENTO - ALARMA

La Alerta Naranja se establece cuando un ciclón tropical se ha acercado a una distancia tal que haga prever el inminente impacto de la línea de vientos de 34 nudos en un área afectable en un tiempo de entre 36 y 6 horas, dependiendo de su intensidad. Se considera que el peligro es Alto. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 3 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe realizar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Instalación de los Consejos Estatales y Municipales de Protección Civil.
- ◆ Instalación en sesión permanente de los centros de coordinación y comunicación en los ámbitos estatal y municipal.
- ◆ Puesta en operación de los refugios temporales e inicio de funcionamiento de los mismos.
- ◆ Abastecimiento de los refugios temporales.
- ◆ Evacuación de las zonas de riesgo.
- ◆ Despliegue táctico del personal y

recursos materiales de las instancias participantes de los ámbitos federal, estatal y municipal.

- ◆ Inicio de acciones de las instancias encargadas de la seguridad pública.
- ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el fenómeno específico y el inminente impacto.
- ◆ Resguardo de los recursos materiales que serán utilizados para la rehabilitación de los sistemas afectados.
- ◆ Ejecución de programas para garantizar el abasto de agua potable, alimentos, combustibles y energía eléctrica.
- ◆ Suspensión de actividades escolares en zonas de riesgo.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

- ◆ Evacuar zonas y construcciones de riesgo.
- ◆ Atender instrucciones de las autoridades.
- ◆ Suspender actividades de navegación marítima.
- ◆ Suspender actividades recreativas marítimas y costeras.
- ◆ Permanecer en resguardo.



Figura 41 Evacuación de personas que viven en zonas de riesgo

ALERTA ROJA

PELIGRO MÁXIMO
ACERCAMIENTO - AFECTACIÓN

La Alerta Roja se establece cuando la línea de vientos de 34 nudos de un ciclón tropical se encuentra impactando un área afectable, o bien que pueda afectar en un tiempo igual o menor a 18 horas, dependiendo de la intensidad del ciclón. Se considera un Máximo de peligro. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 3 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe implementar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Resguardo total de autoridades e integrantes del SINAPROC.
- ◆ Sesión permanente de los Consejos Estatales y Municipales de Protección Civil, así como de las instancias de coordinación y comunicación.
- ◆ Información por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el impacto del fenómeno y la necesidad de permanecer bajo resguardo.
- ◆ Continuidad de las comunicaciones entre las instancias de los ámbitos federal, estatal y municipal.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

- ◆ Resguardo total de la población.
- ◆ Atender las instrucciones de las autoridades.



Figura 42 Monitoreo permanente sobre las trayectorias del ciclón tropical para alertar a la población antes de su impacto.



Figura 43 Comunicación oportuna a la población sobre el impacto del ciclón tropical

Fase de Alejamiento / Parte Trasera del Ciclón

Cuando el ciclón se encuentra alejándose de un área afectable, ya sea después de un impacto o bien sin que se haya dado esta situación.

Se consideran 5 etapas de alertamiento, que se enuncian a continuación junto con la descripción de cada una y las acciones generales a tomar tanto por el Sistema Nacional de Protección Civil como por la población. Cada integrante del Sistema Nacional deberá además implementar las acciones particulares que correspondan a sus ámbitos de acción geográfica y competencial.

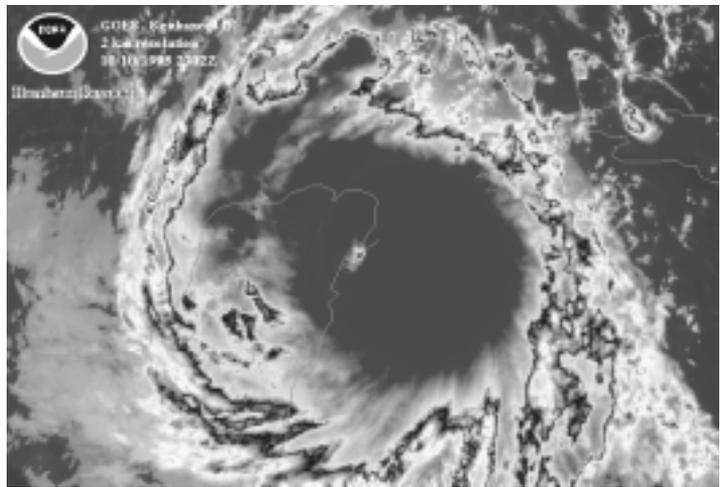


Figura 39 Fotografía de satélite del huracán Roxanne, 1995



La Alerta Roja se establece cuando, después del impacto de un ciclón tropical, continúa afectando al área de manera directa o se comienza a alejar de la misma hasta una distancia máxima de 250 km. Se continúan percibiendo los efectos del ciclón. Se considera un Máximo de peligro. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 3 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe aplicar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.

- ◆ Mantener el resguardo de la población y autoridades.
- ◆ Sesión permanente de los Consejos Estatales y Municipales de Protección Civil, así como de las instancias de coordinación y comunicación.
- ◆ Información por conducto de los medios de comunicación masiva sobre la continuación de los efectos del fenómeno y la necesidad de permanecer bajo resguardo.
- ◆ Continuidad de las comunicaciones entre las instancias de los ámbitos federal, estatal y municipal.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

- ◆ Resguardo total de la población.
- ◆ Atender las instrucciones de las autoridades.

ALERTA NARANJA

PELIGRO ALTO
ALEJAMIENTO - ALARMA

La Alerta Naranja se establece cuando un ciclón tropical se aleja a una distancia de entre 100 y 400 km de un área afectable, dependiendo de la intensidad del ciclón. Se considera que el peligro es Alto. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 3 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe aplicar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Sesión permanente de los Consejos Estatales y Municipales de Protección Civil, así como de las instancias de coordinación y comunicación.
- ◆ Continuidad de las comunicaciones entre las instancias de los ámbitos federal, estatal y municipal.

Alejamiento con impacto:

- ◆ Análisis y atención de peligros post-impacto, como inundaciones, escurrimientos, avenidas y crecimiento de ríos.
- ◆ Valoración del inicio de los trabajos más urgentes de auxilio, búsqueda, rescate y salvamento.
- ◆ Priorización de afectaciones en servicios básicos para su atención.
- ◆ Verificación del estado de la infraestructura de salud.
- ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre la continuación de los

efectos del fenómeno y las nuevas recomendaciones.

Alejamiento sin impacto:

- ◆ Información por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el fenómeno, las posibilidades de impacto y los efectos que pudiera producir.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

Alejamiento con impacto:

- ◆ Permanencia bajo resguardo hasta que las autoridades lo indiquen.
- ◆ Atender instrucciones de las autoridades.

Alejamiento sin impacto:

- ◆ Mantener acciones indicadas en la etapa de "Acercamiento – Naranja":
- ◆ Atender instrucciones de las autoridades.
- ◆ Suspender actividades de navegación marítima.
- ◆ Suspender actividades recreativas marítimas y costeras.
- ◆ Permanecer en resguardo.

ALERTA AMARILLA

PELIGRO MODERADO
ALEJAMIENTO - SEGUIMIENTO

La Alerta Amarilla se establece cuando un ciclón tropical se aleja a una distancia de entre 200 y 500 km de un área afectable, dependiendo de la intensidad del ciclón. Se considera que el peligro es Moderado. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 6 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe aplicar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el alejamiento del ciclón y la necesidad de mantenerse atentos a la trayectoria del mismo.

Alejamiento con impacto:

- ◆ Análisis y atención de peligros post-impacto, como inundaciones, escurrimientos, avenidas y crecimiento de ríos.
- ◆ Continuación de las sesiones de los Consejos Estatales y Municipales de Protección Civil.
- ◆ Continuación de los trabajos de los centros de coordinación y comunicación estatales y municipales.

Alejamiento sin impacto:

- ◆ Desactivación de los Consejos Municipales y Estatales de Protección Civil.

- ◆ En su caso, desactivación de los centros municipales de coordinación y comunicación.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

Alejamiento con impacto:

- ◆ Atender instrucciones de autoridades.
- ◆ Revisar condiciones de su vivienda. Si ésta resultó afectada de manera importante, informar y trasladarse a un refugio temporal.
- ◆ Extremar medidas de higiene en agua y alimentos.
- ◆ Colaborar ordenadamente en las labores de limpieza en su entorno.

Alejamiento sin impacto:

- ◆ Mantener acciones indicadas en la etapa de "Acercamiento – Amarillo":
- ◆ Mantener alto nivel de atención a la información oficial.
- ◆ En altamar, islas e instalaciones petroleras marítimas, atender instrucciones de navegación y de Protección Civil.

Continuar preparado para una posible evacuación.

Continuar con las medidas de autoprotección.



Figura 45 Una vez que el ciclón se ha alejado se recomienda revisar las viviendas. Si éstas resultaron afectadas se debe informar a las autoridades de Protección Civil

ALERTA VERDE

PELIGRO BAJO
ALEJAMIENTO - VIGILANCIA

La Alerta Verde se establece cuando un ciclón tropical se aleja a una distancia de entre 350 y 750 km de un área afectable, dependiendo de la intensidad del ciclón. Se considera que el peligro es Bajo. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 12 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe implementar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el alejamiento del ciclón, la disminución del peligro y la necesidad de mantenerse atentos a la trayectoria del mismo.

Alejamiento sin impacto:

- ◆ Desactivación de los centros estatales de coordinación y comunicación.
- ◆ En su caso, cierre de los refugios temporales.

Asimismo, se espera de la población las siguientes acciones:

Alejamiento con impacto:

- ◆ Atender instrucciones de las autoridades.
- ◆ Mantenerse fuera de zonas afectadas y de edificaciones, árboles, postes, etc., en peligro de caer.
- ◆ Continuar con medidas de higiene en agua y alimentos.

Alejamiento sin impacto:

- ◆ Mantenerse informada.



Figura 46 Se recomienda alejarse de las zonas afectadas por el ciclón

ALERTA AZUL

PELIGRO MÍNIMO
ALEJAMIENTO - AVISO

La Alerta Azul se establece cuando un ciclón tropical se aleja a una distancia mayor a 750 km de un área afectable. Se considera que el peligro es Mínimo. Mientras permanezca en esta etapa, se emitirán boletines con una frecuencia de por lo menos cada 24 horas.

Adicionalmente a las medidas ya implementadas, el Sistema Nacional de Protección Civil debe implementar las siguientes acciones:

- ◆ Notificación a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en los ámbitos federal, estatal y municipal.
- ◆ Alertamiento por conducto de los medios de comunicación masiva sobre el alejamiento del ciclón y la mínima posibilidad de afectación.
- ◆ Conclusión de las tareas de alertamiento sobre el fenómeno particular.

Asimismo, se espera de la población la siguiente acción:

- ◆ Mantenerse informada.



Figura 47 Los servicios meteorológicos notifican a los integrantes del SINAPROC del alejamiento del Ciclón Tropical



Figura 48 La población deberá mantenerse informada

Sistema de Alerta Hidrometeorológica (SAH)

A causa de los daños provocados por el huracán Pauline en octubre de 1997 en Acapulco Guerrero, las áreas de Instrumentación y de Riesgos Hidrometeorológicos del Centro Nacional de Prevención de Desastres diseñaron para esta ciudad los subsistemas de instrumentación y proceso hidráulico para el pronóstico de escurrimientos importantes a partir de lluvias ciclónicas. Consiste en una red telemétrica de quince pluviómetros, distribuida en la cuenca de la bahía de Acapulco (el Anfiteatro), para seguir la evolución de las lluvias y, mediante un modelo lluvia-escurrimiento, estimar

la cantidad de agua que fluya por los cauces más importantes. En caso de exceder cierto flujo o umbral, se activa una señal de alarma para avisar con anticipación de la ocurrencia de un evento peligroso a las autoridades de protección civil de Acapulco.

El sistema de alertamiento hidrometeorológico estima los escurrimientos que producirá la lluvia en una región, en los minutos u horas posteriores a su ocurrencia. Esto proporciona un criterio de ayuda a las autoridades de protección civil para advertir el peligro que podría generarse en alguna zona de una ciudad por un posible desbordamiento de río o arroyo.

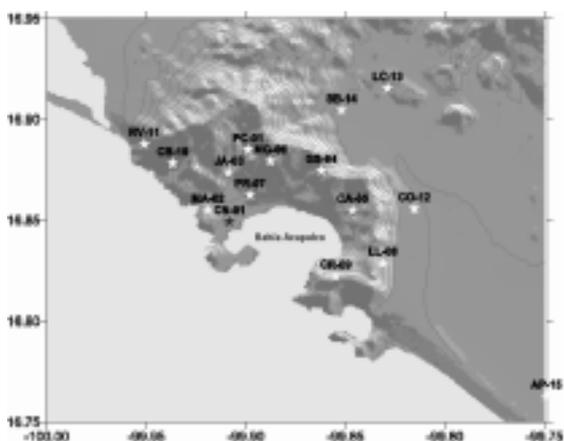


Figura 49 Estaciones del Sistema de Alerta Hidrometeorológica de Acapulco, Guerrero



Figura 50 Semáforo de alerta de Acapulco, Guerrero.

Acciones preventivas de protección civil



Antes

Acuda a la Unidad de Protección Civil o autoridades locales para conocer:

- ◆ Si la zona en la que vive está sujeta a ciclones tropicales.
- ◆ Qué lugares servirán de albergues, ellos pueden ser escuelas o iglesias en donde se colocarán avisos antes de la temporada de ciclones tropicales.
- ◆ Por qué medios recibirá mensajes de emergencia.
- ◆ Cómo puede integrarse a brigadas de auxilio, si desea ayudar.
- ◆ Cuántas personas habitan en su vivienda.
- ◆ Si hay enfermos que no puedan ver, moverse o caminar.

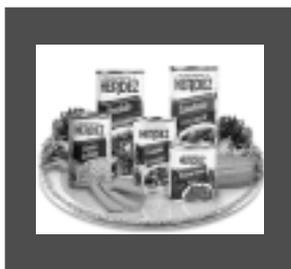
Platique con familiares y amigos para organizar un plan de protección civil, tomando en cuenta lo siguiente:

- ◆ Si su vivienda es frágil (carrizo, palapa, adobe, paja o materiales semejantes), tenga previsto un albergue: escuela, iglesia, palacio o agencia municipal.
- ◆ Repare techos, ventanas y paredes para evitar daños mayores.

- ◆ Guarde fertilizantes e insecticidas en lugares a prueba de agua, pues en contacto con ella la contaminan.
- ◆ Procure un lugar para proteger su equipo de trabajo y a sus animales, almacenando alimento para ellos.
- ◆ En caso de tener familiares enfermos o de edad avanzada prevea el transporte.

Para casos de emergencia tenga a la mano los artículos siguientes:

- ◆ Botiquín e instructivo de primeros auxilios (solicite orientación en su Centro de Salud).
- ◆ Radio portátil y linterna.
- ◆ Agua hervida en envases con tapa.
- ◆ Alimentos enlatados (atún, sardinas, frijoles, leche, etc.) y otros que no requieran refrigeración.



- ◆ Flotadores: cámaras de llanta o salvavidas.
- ◆ Documentos importantes (actas de nacimiento, matrimonio, cartillas, papeles agrarios, etc.), guardados en bolsas de plástico, dentro de una mochila o morral que deje libres sus brazos y manos.

Si decide quedarse en casa:



- ◆ Tenga a la mano los artículos de emergencia.
- ◆ Mantenga su radio de pilas encendido para recibir información e instrucciones de fuentes oficiales.
- ◆ Cierre puertas y ventanas; internamente proteja vidrios y cristales con cinta adhesiva colocada en forma de X, corra las cortinas, que lo protegerán de cualquier astillamiento. Las ventanas grandes pueden protegerse con tablas.



- ◆ Fije y amarre bien lo que el viento pueda lanzar.
- ◆ Lleve al lugar previsto sus animales y equipo de trabajo.
- ◆ Tenga a la mano ropa abrigadora o impermeable.
- ◆ Con bolsas de plástico cubra aparatos u objetos que puedan dañarse con el agua.
- ◆ Limpie la azotea, desagües, canales y coladeras.

- ◆ Barra la calle; si se cuenta con un sistema de drenaje limpie bien las *atarjeas*.
- ◆ Llene el tanque de gasolina de su vehículo y asegúrese del buen estado del acumulador y las llantas.

Con mezcla selle la tapa de su pozo o cisterna, para tener reserva de agua no contaminada.

Si las autoridades recomiendan evacuar su vivienda, no lo piense y hágalo. Recuerde que la mejor forma de preservar la vida es buscar un lugar seguro y éste puede ser la casa de parientes en otros poblados. Si decide trasladarse al albergue ya previsto:

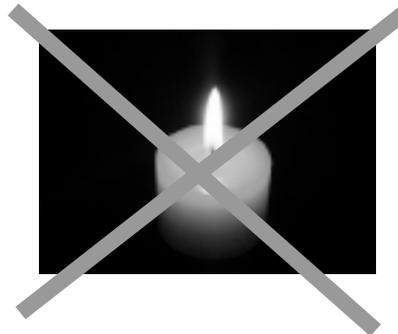
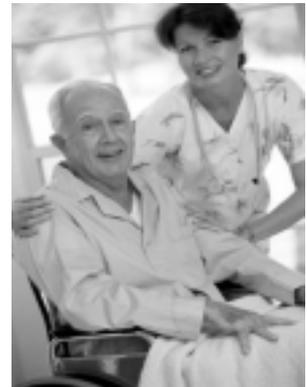
- ◆ Una vez asegurada su casa, lleve con usted los artículos indispensables.



RECUERDE: No deje a última hora la evacuación de lugares peligrosos

Durante

- ◆ Conserve la calma; tranquilice a sus familiares. Una persona alterada puede cometer muchos errores.
- ◆ Continúe escuchando su radio de pilas para obtener información o instrucciones acerca del huracán.
- ◆ Desconecte todos sus aparatos y el interruptor de energía eléctrica.
- ◆ Cierre las llaves de paso de gas y agua.
- ◆ Manténgase alejado de puertas y ventanas.
- ◆ No prenda velas ni veladoras; use lámparas de pilas.
- ◆ Atienda a los niños, ancianos y enfermos que estén con usted.
- ◆ Si el viento abre una puerta o ventana, no avance hacia ella de frente.
- ◆ Mueva a las partes altas objetos de valor y deje en el suelo aquellos que puedan caer.
- ◆ Vigile constantemente el nivel del agua cercana a su casa.
- ◆ No salga hasta que las autoridades informen que terminó el peligro.



RECUERDE: El paso del ojo del huracán por alguna población crea una calma que puede durar hasta una hora y después vuelve la fuerza destructora con vientos en sentido contrario, manténgase informado.



Después

- ◆ Conserve la calma
- ◆ En caso de estar en algún refugio permanezca en él hasta que las autoridades indiquen que puede regresar a su casa.
- ◆ Siga las instrucciones emitidas por radio u otro medio.
- ◆ Reporte inmediatamente los heridos a los servicios de emergencia.
- ◆ Cuide que sus alimentos estén limpios; no coma algo que esté crudo, ni de procedencia dudosa.
- ◆ Beba el agua potable que almacenó o hierva la que va a tomar.
- ◆ Use botas o los zapatos más cerrados que tenga.
- ◆ Cuidadosamente limpie cualquier derrame de medicinas, sustancias tóxicas o inflamables.
- ◆ Minuciosamente revise su vivienda para cerciorarse de que no hay peligro. Si no sufrió daños, permanezca ahí. Asimismo, tenga cuidado con las casas y edificios que puedan derrumbarse.
- ◆ Mantenga desconectados el gas, la luz y el agua hasta asegurarse de que no hay fugas ni peligro de corto circuito.
- ◆ Antes de conectar sus aparatos eléctricos cerciórese de que estén secos.
- ◆ No divulgue ni haga caso a rumores.
- ◆ Use teléfono sólo para emergencias.
- ◆ Colabore con sus vecinos para reparar los daños.



- ◆ En caso necesario solicite ayuda al grupo de auxilio o autoridades más cercanas.
- ◆ Si su vivienda está en la zona afectada, no debe regresar a ella hasta que las autoridades lo permitan.
- ◆ Desaloje el agua estancada para evitar plagas de mosquitos.

Si tiene que salir:

- ◆ Manténgase alejado de las áreas de desastre.
- ◆ Evite tocar o pisar cables eléctricos.
- ◆ Retírese de casas, árboles y postes en peligro de caer, y reporte los cables de energía y postes de luz que pongan en peligro a las personas.



RECUERDE: debe mantenerse informado y conocer medidas de autoprotección

Preguntas frecuentes

1. ¿Por qué se le asigna nombre a los ciclones tropicales?

Los ciclones tropicales son nombrados para facilitar la comunicación entre meteorólogos y el público en general con respecto a pronósticos, avisos y alertas. Los nombres pueden reducir la confusión acerca de la tormenta que se está describiendo, ya que los ciclones pueden durar una semana o más, y más de uno puede estar presente en el mismo océano al mismo tiempo.

2. ¿En qué se diferencian los ciclones tropicales de los tornados?

Aunque ambos son vórtices atmosféricos, ellos tienen poco en común. Los tornados tienen diámetros en una escala de cientos de metros y se derivan de una sola tormenta convectiva. Un ciclón tropical, sin embargo, tiene un diámetro en una escala de cientos de kilómetros y se compone de muchas tormentas convectivas. Adicionalmente, mientras los tornados requieren de una variación importante de los vientos horizontales para proveer condiciones ideales para la génesis de un tornado, los ciclones tropicales requieren valores muy bajos de la variación en la troposfera para formarse y crecer. Estas variaciones verticales indican los campos de temperatura horizontal de cada fenómeno: los tornados se producen en regiones de cambios grandes de temperatura, mientras los ciclones tropicales se generan en regiones de casi nulo cambio de la temperatura horizontal. Los tornados son principalmente un fenómeno que se da en tierra y el calentamiento solar de la superficie usualmente contribuye al desarrollo de las tormentas que inicia el vórtice (aunque han llegado a ocurrir sobre el

agua). En contraste, los ciclones tropicales son puramente un fenómeno oceánico; ellos se disipan en tierra debido a la pérdida de la fuente de humedad. Finalmente, los ciclones tropicales tienen una vida que se mide en días, mientras que los tornados típicamente duran minutos.

3. ¿Cuál ha sido el ciclón tropical más intenso?

El tifón Tip en el noroeste del océano Pacífico presentó el 12 de octubre de 1979 una presión central de 870 mb y vientos sostenidos en superficie de 306 km/h.

4. ¿Cuál ha sido el ciclón tropical que ha producido la mayor marea de tormenta?

El huracán de la bahía Bathurst produjo una marea de tormenta de 13 m en Australia en 1899.

5. ¿Cuál ha sido el ciclón tropical que registró la lluvia más grande?

La lluvia acumulada en 12 h es de 1,144 mm en Foc-Foc, isla de La Reunión (al este de Madagascar) por el ciclón tropical Denise, del 7 al 8 de enero de 1966; en 24 h 1,825 mm por el mismo ciclón; en 48 h 2,467 mm en Aurere, isla La Reunión, con un ciclón que duró del 8 al 10 de abril de 1958; en 72 h 3,240 mm en Grand-Ilet, isla La Reunión por el ciclón tropical Hyacinthe, del 24 al 27 de enero de 1980. En 10 días 5678 mm en Commerson, isla La Reunión por el mismo ciclón.

6. ¿Cuál ha sido el ciclón tropical de mayor duración?

El huracán John duró 31 días, viajando por las cuencas noreste y noroeste del Pacífico durante agosto y septiembre de 1994.

7. ¿La baja presión de un ciclón tropical causa la marea de tormenta?

La baja presión sólo es responsable por alrededor de un 15% de la marea de tormenta. Mucha gente cree que el vacío parcial en el centro de un ciclón tropical le permite al océano elevarse en respuesta, causando la marea de tormenta destructiva cuando el ciclón toca tierra. Sin embargo, este efecto sería, por ejemplo, con 900 mb de presión central de un ciclón tropical, únicamente un metro. La marea de tormenta total para un ciclón tropical de esta

intensidad puede ser de 6 a 10 m, o más. Mucha (más del 85%) de la marea de tormenta es causada por el empuje de la superficie del océano por los vientos delante de una tormenta en el lado derecho de la trayectoria (en el lado izquierdo de la trayectoria en el hemisferio sur).

8. ¿Los ciclones tropicales grandes también son más intensos?

No. Hay muy poca asociación entre la intensidad (ya sea medida por los vientos máximos sostenidos o por su presión central) y el tamaño (ya sea medido por el radio de 63 km/h, fuerza de tormenta tropical, o el radio de la isobara cerrada más externa). El huracán Andrew es un buen ejemplo de un ciclón tropical muy intenso (922 mb de presión central y vientos sostenidos de 230 km/h a su llegada a tierra en Florida) que fue también relativamente pequeño (vientos de tormenta tropical se extendieron únicamente a 150 km de su centro).

9. ¿Estamos teniendo huracanes, tifones y ciclones tropicales más fuertes y más frecuentes en los últimos años?

En el mundo, probablemente no. Para la cuenca del Atlántico, definitivamente no. De hecho se ha mostrado que los huracanes intensos (escala Saffir-Simpson 3, 4 y 5) han disminuido durante los años 70's y 80's, ambos en todas las cuencas de huracanes intensos, así como aquellos que tocan tierra a lo largo de la costa de los E. U.A.

10. ¿Por qué no tratamos de destruir a los ciclones tropicales: a) sembrándolos con yoduro de plata, b) poniendo una sustancia en la superficie del mar, c) con bombas nucleares?

a) En realidad por un par de décadas la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA por sus siglas en inglés) de los E. U. y su antecesor trataron de debilitar huracanes dejando caer yoduro de plata (una sustancia que sirve como un poderoso núcleo de condensación) en las bandas lluviosas de las tormentas; sin embargo, esta idea no ha funcionado. Las pocas veces que han sembrado y visto una reducción en la intensidad fue sin duda alguna debida a un efecto distinto; b) se ha experimentado en desarrollar un líquido que al ponerse en la superficie del océano prevendría la evaporación; sin embargo, no se ha podido encontrar una sustancia que pueda estar junta en las aguas bravas de un ciclón tropical; c) definitivamente la

liberación de radiación y de su acarreo hacia tierra por los vientos alisios hace que ésta no sea un buena idea.

Quizá la mejor solución es no tratar de alterar o destruir a los ciclones tropicales, sino aprender a coexistir mejor con ellos. Si sabemos que las regiones costeras son vulnerables a las tormentas, el reforzamiento de las normas de construcción que puedan hacer que las casas hagan frente a la fuerza de los ciclones tropicales. También la gente que vive en lugares con presencia de ciclones tropicales debería estar dispuesta a apoyar una porción de los costos en términos de aseguramiento.

11. ¿Qué significa la palabra huracán?

La palabra huracán se deriva de Huraken, dios de las tormentas, adorado por los indios ribereños del mar Caribe y aplicado a los vientos tropicales de violencia catastrófica. Esta palabra fue adoptada por los españoles y portugueses, los anglosajones la interpretaron como "hurricane" y los franceses como "orugan".





Figura 51 Trayectoria del Ciclón Tropical Cosme, que pasó cerca del Valle de México en junio de 1989

El ciclón que cruzó el Valle de México

Y en el Valle de México, ¿se han sentido alguna vez los efectos de un ciclón tropical?

En el año de 1989, en el mes de junio, el ciclón tropical Cosme, del océano Pacífico tuvo una trayectoria tal, que su centro pasó cerca del Valle de México, con una intensidad de tormenta tropical. En aquella ocasión se presentaron lluvias de moderadas a muy fuertes (de 20 a 70 mm en 24 horas).

Debido a la lluvia que se abatió sobre toda la Ciudad de México se registraron inundaciones serias en varias delegaciones políticas, suspensiones parciales de energía eléctrica, caída de árboles, fuertes embotellamientos y algunos incendios por corto circuito. En varias zonas las

inundaciones alcanzaron niveles de hasta un metro, y uno de los casos más graves se registró en la colonia La Noria, en la delegación Xochimilco, donde medio centenar de casas fueron afectadas por el agua que llegó a una altura de metro y medio. Se registraron encharcamientos fundamentalmente en el Anillo Periférico, Viaducto Miguel Alemán, Eje Central Lázaro Cárdenas, Calzada Ermita - Iztapalapa, Calzada Zaragoza y Av. Hangares.

Se registraron como zonas más afectadas las del sureste del D. F., en tanto que en la zona norte no se registraron mayores problemas. El desbordamiento del río Churubusco se resolvió después de casi 11 horas de trabajos, así mismo, el desbordamiento del río San Buenaventura provocó que más de 2,000 m² a orillas de la calzada Tulyehualco y zonas aledañas quedaran anegadas; lo mismo ocurrió en 500 m² de varios ejidos de Tepepan y Xochimilco.

Fuente: Periódico La Jornada, 23 de junio, 1989

Glosario

Anemómetro. Es el instrumento diseñado para determinar la velocidad o fuerza del viento en superficie.

Circulación. Es una medida de la rotación de una región delimitada dentro de un fluido. Matemáticamente se calcula como la componente media de la velocidad del flujo, que toca tangencialmente al contorno de una región definida del fluido, multiplicada por el perímetro de ese contorno. Para el caso de la escala de Circulación del SIAT-CT, el contorno es la línea de 34 nudos del ciclón tropical.

Climatología. Ciencia dedicada al estudio de los climas en relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes.

Convergencia. Zona donde chocan las líneas de flujo del viento generándose movimientos convectivos (ascenso del aire) para compensar la acumulación de aire en una pequeña zona.

Corriente conductora. Es la circulación del viento con una escala horizontal mayor que un ciclón tropical, que es capaz de mover a un ciclón que se encuentra inmerso en su interior.

Divergencia. Movimiento del viento que resulta en una expulsión horizontal de aire desde una región específica. Las divergencias de aire en niveles bajos de la atmósfera están asociadas con movimientos del aire descendentes conocidos como subsidencia. Es lo contrario de la convergencia.

El Niño (La Niña). Originalmente este término fue utilizado para caracterizar una corriente marina cálida del sur a lo largo de las costas de Perú y Ecuador, que se establece al aproximarse el periodo navideño; de ahí el nombre asociado al niño Jesús. Actualmente El Niño y La Niña son condiciones anómalas en la temperatura del océano en el Pacífico tropical del este. Bajo la definición más aceptada, El Niño corresponde al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5° C o más, por encima de la media del periodo 1950-1979, por al menos seis meses consecutivos, en la región conocida como "Niño 3" (4° N-4° S, 150° O-90° O)

Fenómeno extratropical. Fenómeno que se genera fuera de los trópicos.

Fuerza de Coriolis. Es una fuerza ficticia que resulta de considerar un sistema de referencia en rotación sobre el planeta. Esta fuerza es la explicación de la aparente desviación en la trayectoria de objetos que se mueven sobre la superficie terrestre.

Hidrometeoros. Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. Entre los principales se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

Fotometeoros. Fenómeno luminoso provocado por reflexión, refracción, difracción o interferencias de la luz solar o lunar. Los principales son el halo, arco iris, corona, anillos de Ulloa, espejismo, rayo verde y colores crepusculares.

GPS. Global Positioning System, o bien, Sistema de Posicionamiento Global, apoyado en satélites que permiten estimar las coordenadas geográficas de un punto sobre la Tierra.

Latitudes medias. Es el cinturón de latitudes entre los 35 y 65 grados norte y sur. También conocida como región templada.

Nube. Aglomeración de gotitas de agua

en estado líquido, a muy baja temperatura o congelada suspendidas en el aire. La Organización Meteorológica Mundial ha definido 10 géneros de nubes, cada una tiene forma distinta y puede ser asociada a diferentes hidrometeoros o fotometeoros.

Nubes cirrus. Nubes de aspecto filamentosos, no provocan precipitación.

Nubes cumulus. Nube aislada y densa, que se desarrolla verticalmente con protuberancias, no producen lluvias.

Nubes cumulonimbus. Nube densa y potente, de considerable desarrollo vertical que produce chubascos y tormentas eléctricas.

Pluviómetros. Es un instrumento que se utiliza para medir la altura de la precipitación.

Sistema de información geográfica. Es una herramienta de software que permite capturar, almacenar, organizar, presentar y realizar análisis sobre información geográficamente referenciada, es decir, que posee coordenadas terrestres. La tecnología GIS integra operaciones de bases de datos comunes tales como búsquedas o análisis estadísticos apoyados por la ayuda y beneficios ofrecidos por el desplegado gráfico de dicha información.



Troposfera. Capa inferior de la atmósfera terrestre, donde ocurren la mayoría de los fenómenos atmosféricos.

Tropopausa. Límite superior de la Troposfera.

Viento Máximo Sostenido en superficie. Es el viento medio medido durante un minuto, a una altura aproximada de 10 m sobre la superficie (http://www.nhc.noaa.gov/HAW/basics/hurricane_basics.htm)



Bibliografía y Referencias

Ahrens, C. D., *Meteorology today*, Brooks/Cole, 2000.

Bases para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil. Decreto presidencial del 6 de mayo de 1986. México, D. F.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. *Huracanes*. Revista *Información Científica y Tecnológica*, Vol. III, Núm. 37, 15 de enero de 1981. México, D. F.

Cruz Roja Colombiana, Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, Servicio Nacional de Aprendizaje. *Prevención de desastres, Huracanes*. Serie Didáctica, 1990, Colombia

Delgado D. O., Buendía C. E., Del Valle S. E., Villicaña F. J., Azpra R. E. y Gómez A. F. *Ingeniería*, Revista Ingeniería Mexicana. Facultad de Ingeniería, UNAM, Vol. LXI, Núm. 4, Octubre - diciembre de 1991. México, D. F.

Dirección General de Protección Civil, Secretaría de Gobernación. *Atlas Nacional de Riesgos*. Diciembre de 1991. México, D. F.

Donn., W. L., *Meteorología*, Reverté, 1978.

Forsdyke, A. G. *Weather and weather forecasting*, 1970

Fuentes-M. O. A. y Vázquez-C. M. T. *Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México*, CENAPRED, Cuaderno de Investigación No. 42, 1997. México, D. F.

Lehr P. E., Burnett R. W. y Zim H. S. *Weather*, Golden Guide, 1965.

Magaña, R., V. O. (editor), *Los impactos de El Niño en México*, DGPC-SEGOB, 1999.

Neumann, C.J., *Global Overview - Chapter 1, _Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting*, WMO/TC-No. 560, Report No. TCP-31, World Meteorological Organization, Geneva, 1993.

Rosengaus M., M., *Efectos destructivos de ciclones tropicales*, MAPFRE, 1998.

Rosengaus M., M., Jiménez E., M. y Vázquez C., M. T., *Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México*, CENAPRED, 2003.

Secretaría de Gobernación, Subsecretaría de Protección Civil, Prevención y Readaptación Social, Dirección General de Protección Civil, CENAPRED. *Prepárese para la temporada de huracanes*. 1992. México, D. F.

Secretaría de Salud, Organización Panamericana de Salud OPS/OMS. *Memoria del curso Atención a la salud en casos de desastres hidrometeorológicos*, 1987. México, D. F.

Servicio Meteorológico Nacional, *página de Internet referente a ciclones tropicales*, <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/ciclones.html>

Servicio Meteorológico Nacional, *Folleto*. SEMARNAP, CNA, producido por el IMTA.

Soriano-Martínez J. A. *Estudio de los efectos de huracanes intensos en la zona costera del sureste de México* (tesis). Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, Estado de México, 1990.

Douglas, A.V., and P.J.Englehart, *Modelation of summer rainfall in Mexico by Eastern North Pacific tropical storms. Proceedings of the Twenty-fourth Annual Climate Diagnostics and prediction workshop*, Tucson, AZ, USA, Department of Commerce, NOAA: Washington, D.C, 45-48, 2000.

Jáuregui, E. 1995: Rainfall fluctuations and tropical storm activity in Mexico. *ERKUNDE*. March, Vol. 49, 39-48

Latorre, C, y L. Penilla. 1988: Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur, *Atmósfera*, No. 2, Julio, 99-112.

Longshore, D. 1998, *Encyclopedia of Hurricanes, Typhoons, and Cyclones, Facts on File*, E. U. A., p. 372.

Serra, S. 1971: Hurricanes and tropical storms of the west coast of Mexico. *Monthly Weather Review*, Vol. 99, No.4, pp. 302-308.

SERIE Fascículos

No.	Título
1	La Prevención de Desastres y la Protección Civil en México
2	Sismos
3	Inundaciones
4	Volcanes
5	Huracanes
6	Riesgos Químicos
7	Incendios
8	Erosión
9	Residuos Peligrosos
10	Incendios Forestales
11	Inestabilidad de Laderas
12	Tsunamis
13	Heladas
14	Sequías
15	Tormentas Severas



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana
Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Av. Delfin Madrigal 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Coyoacán,
Ciudad de México, C.P. 04360

www.gob.mx/cenapred