

---

# VARIABILIDAD DE LOS CICLONES TROPICALES QUE AFECTAN A MÉXICO

---

Sara Cecilia Díaz Castro

## RESUMEN

México es un país vulnerable a la influencia de los ciclones tropicales que se generan tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico Nororiental. La fuerza destructiva de algunos de ellos en los últimos años ha provocado que se crea que estos meteoros se han incrementando en frecuencia y/o intensidad como consecuencia del cambio climático global. En el Pacífico se genera la mayor densidad de ciclones tropicales, aunque por

las circulaciones oceánicas y atmosféricas tienden a alejarse de las costas mexicanas, no ocurriendo así para el Atlántico. El estudio de un periodo mayor de 50 años muestra que no existe una tendencia clara hacia el aumento en intensidad o frecuencia de los ciclones tropicales en México y que los estados con mayor impacto de ciclones tropicales son Baja California Sur, Sinaloa, Quintana Roo y Tamaulipas.

## VARIABILITY OF TROPICAL CYCLONES THAT HAVE AFFECTED MEXICO

Sara Cecilia Díaz Castro

## SUMMARY

Mexico is vulnerable to the influence of tropical cyclones that develop in the Pacific Northeast and North Atlantic Oceans. During the last years, the destructive force of some of them has led to the idea that their frequency or/and intensity tend to increase due to the global climate change. A greater number of tropical cyclones are formed in the Pacific Ocean; however, oceanic and atmospheric circulation displaces them away from the

Mexican coasts. That is not the case for the tropical cyclones from the Atlantic Ocean. The analysis over a period of more than 50 years shows that there is no clear increase tendency of those meteors, and that the Mexican states with greater impact from tropical cyclones at the Pacific coast are Baja California Sur, Sinaloa, while for the Atlantic coast they are Tamaulipas and Quintana Roo.

---

## Introducción

Ciclón tropical es el nombre que reciben en general la depresión tropical, tormenta tropical o huracán, según sea su magnitud. Se caracteriza por formarse en aguas oceánicas cercanas al ecuador, y tener una circulación superficial bien definida y organizada alrededor de un centro de baja presión atmosférica, girando en el hemisferio norte en sentido contrario al de las manecillas del reloj. Se manifiestan por intensos vientos cambiantes de dirección, oleajes, altas mareas y lluvias torrenciales.

Los ciclones tropicales pueden causar pérdidas humanas y económicas debido a la intensidad de sus vientos, a la marea de tormenta y a las lluvias torrenciales que provocan inundaciones y deslaves. Las lluvias que traen consigo no se restringen únicamente a las áreas costeras, sino que la humedad puede llegar a regiones del interior del país e inclusive, para el caso de los eventos que se presentan en el Pacífico, a los estados de California y Arizona, en los EEUU (Court, 1980).

Como ejemplo de las frecuentes afectaciones causa-

das por ciclones tropicales en México está el Huracán Jimena que se presentó del 28/08 al 4/09/2009, impactando fuertemente a los estados de Baja California Sur y de Sonora, ocasionando un muerto y pérdidas de construcciones que van de decenas a miles de USD, aunque el monto aún no ha sido calculado (Tabla I).

En México interesan aquellos ciclones tropicales que se generan en el Océano Pacífico Nororiental y el Océano Atlántico Occidental (de éste el Mar Caribe y Golfo de México), a los cuales se denomina

como Pacífico y Atlántico en el presente trabajo.

## Zonas ciclogénicas

Para que se genere un ciclón tropical es necesario que se conjunten varias características, tanto oceánicas como atmosféricas, por lo cual tienden a formarse en zonas limitadas llamadas ciclogénicas (Gray, 1979; Farfán, 2004).. México se encuentra en una región tropical, por lo que en sus aguas marinas se dan algunas de estas características, como lo son la isoterma de los 26°C y el parámetro de Coriolis.

---

## PALABRAS CLAVE / Ciclones Tropicales / Golfo de México / México / Pacífico Nororiental / Tendencia /

Recibido: 24/09/2007. Modificado: 17/03/2010. Aceptado: 18/03/2010.

Sara Cecilia Díaz Castro. Doctorado en Ciencias, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México.

Investigadora, CIBNOR, México. Dirección: Mar Bermejo 195, col. Playa de Santa Rita, C.P. 23090, La Paz, B.C.S.,

México. e-mail: sdiaz04@cibnor.mx

## VARIABILIDADE DOS CICLONES TROPICAIS QUE AFETAM O MÉXICO

Sara Cecilia Díaz Castro

### RESUMO

*México é um país vulnerável à influência dos ciclones tropicais que se formam tanto no oceano Atlântico quanto no Pacífico Nordeste. A força destrutiva de alguns deles nos últimos anos têm provocado a crença de que estes meteoros têm se incrementando em frequência e/ou intensidade como consequência da mudança climática global. No Pacífico é gerada a maior densidade de ciclones tropicais, ainda que pelas circulações*

*oceânicas e atmosféricas tendem a se afastar das costas mexicanas, não ocorrendo do mesmo modo no Atlântico. O estudo de um período maior de 50 anos mostra que não existe uma tendência clara para o aumento em intensidade ou frequência dos ciclones tropicais no México e que os estados com maior impacto de ciclones tropicais são Baja California Sul, Sinaloa, Quintana Roo e Tamaulipas.*

La mayor parte de los ciclones tropicales del Pacífico tienen su origen en las cercanías del Golfo de Tehuantepec (Reyes y Mejía-Trejo, 1991), mientras que los del Atlántico generalmente lo hacen en la Sonda de Campeche o Caribe Oriental, aunque algunos ciclones tropicales que afectan a México se originan en el Atlántico, más al sur y separados de la costa (Flores, 1998). Sin embargo, debido a la circulación atmosférica y oceánica, la trayectoria tiende a ser hacia el oeste, forzando a los ciclones tropicales a dirigirse hacia áreas continentales. Para el Pacífico mexicano, tanto las condiciones oceánicas como las atmosféricas tienden a inhibir su desplazamiento hacia el continente (Reyes y Mejía Trejo, 1991). Dependiendo del mes, sin embargo, varios de estos meteoros se desplazan, tocando tierra en las costas mexicanas. Algunos llegan a penetrar al Golfo de California, llegando a sentirse sus efectos inclusive en el suroeste de los EEUU (Martínez-Gutiérrez y Mayer, 2004). En el caso del Atlántico, pese a que la tendencia de los ciclones tropicales sea a desplazarse al oeste, es decir hacia tierras mexicanas, la forma del Golfo de México deja más expuestos los estados de la Península de Yucatán y la Florida al impacto de estos meteoros.

### *Ciclo de vida de los ciclones tropicales*

La etapa inicial, conocida como depresión tropical, corresponde a una zona limitada de baja presión atmosférica, donde se favorece la convergencia de vientos en superficie, con una velocidad máxima de  $62\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Esto se da sobre regiones donde la temperatura superficial del mar es  $>26,5^\circ\text{C}$ .

La segunda etapa, llamada tormenta tropical, se presenta cuando las condiciones son apropiadas para que los vientos alcancen velocidades de hasta  $118\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Se trata de un ciclón tropical bien organizado de núcleo caliente, al cual ya se le asigna un nombre.

Si el viento máximo en superficie es  $\geq 118\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , entonces se trata de la tercera etapa, que es llamada huracán o tifón, como se le conoce en Japón. El huracán ya presenta áreas o regiones bien definidas. De la parte central a la periferia se encuentra primero lo que se denomina como ojo del huracán. Se trata de la región que rodea al centro de mínima presión atmosférica, tiene vientos débiles y en general esta libre de nubes. A continuación esta la pared, donde se presentan los vientos más fuertes y se caracteriza por la presencia de nubes convectivas bastante desarrolladas tipo cumulonimbus. Después, alrededor de la pared y en forma de espiral, se presenta la región

de las bandas convergentes, más externamente una región donde se presentan algunas nubes convectivas de poco desarrollo.

Para clasificar a los huracanes se utiliza la escala de daño potencial de Saffir-Simpson. Se trata de una escala desarrollada en 1971, en la cual se asigna un valor del 1 al 5, basada en los picos de velocidad del viento, y se utiliza para dar una estimación del daño potencial que se esperaría en la costa donde el huracán toque tierra. De tal forma se tienen las siguientes categorías:

Categoría 1.- Nivel de daño mínimo con vientos  $\leq 153\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Categoría 2.- Nivel de daño moderado con vientos  $\leq 177\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Categoría 3.- Nivel de daño extensivo con vientos  $\leq 209\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Categoría 4.- Nivel de daño extremos con vientos  $\leq 248\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Categoría 5.- Nivel de daño catastrófico con vientos  $>248\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

### *Registro de los ciclones tropicales*

Aunque existe información de ciclones tropicales en el Pacífico desde 1921, no es sino hasta 1963, con el uso de la observación satelital, que los registros se hacen de una manera continua en espacio y tiempo. Anteriormente

al uso de los satélites los registros los hacían los barcos, de manera que la detección de los ciclones tropicales dependía de que coincidieran con su ruta.

Para el Atlántico, los registros de ciclones tropicales se iniciaron en 1851, debido a que frecuentemente afectaban a ciudades densamente pobladas en los EEUU, ocasionando pérdidas económicas y de vidas humanas. Sin embargo no fue hasta 1944 cuando se inició el monitoreo regular, al implementarse vuelos sistemáticos de reconocimiento.

El efecto que el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) causa sobre los ciclones tropicales alrededor del mundo ha sido mencionado por diversos autores (Reyes y García-Trejo, 1990; Wu y Lau 1992; Landsea, 2000; Vitart y Anderson, 2001; Tang y Neeling, 2004). Reyes y García Trejo (1990) encontraron que durante su fase cálida (El Niño) en el Pacífico se presentan cambios en las trayectorias de los ciclones tropicales, favoreciendo a que pasen por la parte central de la península de Baja California. Mientras que hay una disminución de génesis de ciclones tropicales para el Atlántico (Vitart y Anderson, 2001; Tang y Neeling, 2004).

Ante un cambio climático global, se espera que la temperatura del mar también aumente, por lo cual podría preverse un incremento,

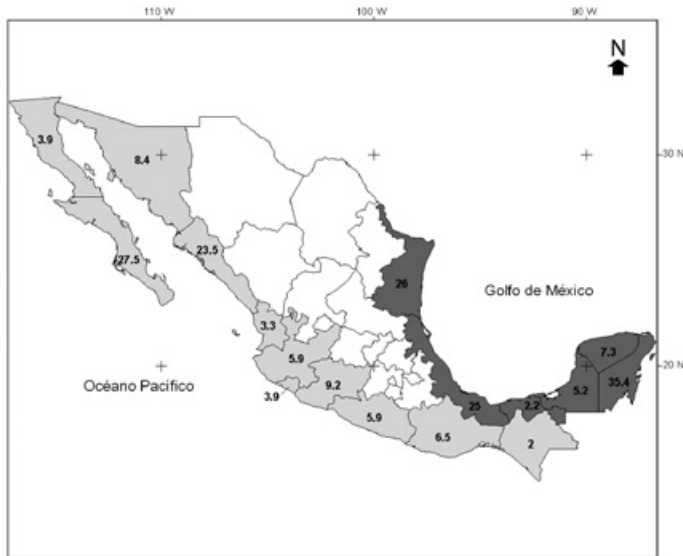


Figura 1. Incidencia de ciclones tropicales en las costas mexicanas. Para cada estado costero se muestra el porcentaje de incidencia de ciclones tropicales por cada vertiente, comprendiendo un total de 153 eventos para el Pacífico de 1963 a 2009, mientras que para el Atlántico se registraron 96 eventos de 1944 a 2009.

ya sea en frecuencia o en intensidad, de los ciclones tropicales (Andrade *et al.*, 1988). Sin embargo, este es un tema que se encuentra sometido a un fuerte debate, ya que la temperatura superficial del mar, por sí sola no es un adecuado predictor de huracanes, por lo que se sugiere realizar estudios regionales (Pielke *et al.*, 2005; Webster *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo es hacer un análisis de la variabilidad de frecuencia, intensidad y tendencia de los ciclones tropicales que afectan las costas mexicanas.

## Método

Para cumplir con el objetivo planteado, se analizaron los registros de los ciclones tropicales del Pacífico desde 1963 y del Atlántico desde 1944, hasta 2009, obtenidos del *National Weather Service* de los EEUU ([www.weather.unisys.com/](http://www.weather.unisys.com/)). Se analizó sus tendencias mediante el modelo de regresión lineal. Para identificar la existencia de una tendencia hacia el aumento de intensidad de estos meteoros, se compararon

las frecuencias de los huracanes de mayor desarrollo (categoría 3, 4 y 5). Igualmente se hizo el análisis geográfico de los ciclones tropicales que llegan a entrar a tierra.

Para identificar mejor la variabilidad de la frecuencia de ciclones tropicales, y de la tendencia histórica de la presencia de huracanes, se registraron las anomalías anuales; es decir, se restó la normal del periodo estudiado al valor anual, y si el valor es positivo o negativo indica que aumentó o disminuyó, respectivamente,

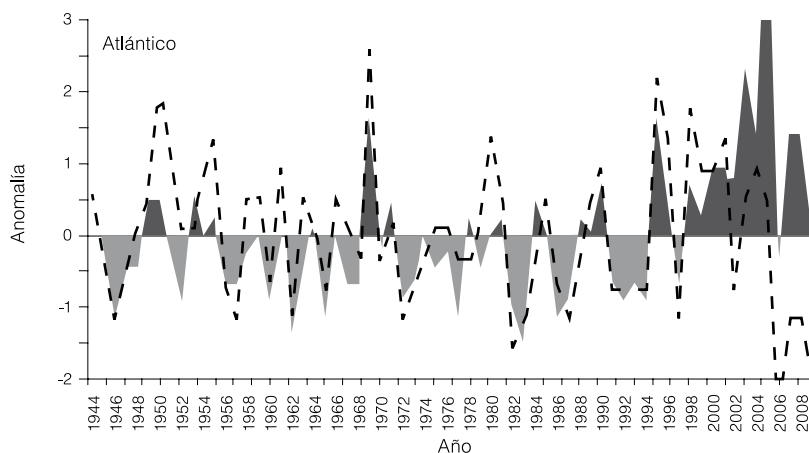


Figura 2. Anomalías de la frecuencia de ciclones tropicales en el Atlántico. Las áreas marcadas con gris oscuro nos muestran periodos con mayor generación de ciclones tropicales en general, mientras que las áreas con gris claro muestran periodos de menor cantidad. La línea punteada nos muestra las anomalías de frecuencia de ciclones tropicales que llegan a huracanes.

el número de ciclones tropicales.

## Resultados

### Ciclones tropicales en el Atlántico

En el periodo estudiado, de 1944 a 2009, se registraron 723 ciclones tropicales, de los cuales el 53% evolucionaron a huracán. Del total de ciclones generados en el Atlántico solo el 28% llegan a tener influencia en México. La proporción de ciclones tropicales que se forman en el Atlántico y que llegan a tocar tierras mexicanas es el 12% (78 eventos) y tal como se observa en el mapa de la Figura 1, los estados de la vertiente del Atlántico que más reciben el impacto de ciclones tropicales son Quintana Roo y Tamaulipas, siendo en ellos también donde han impactado los 11 huracanes de categorías 4 y 5.

Es notorio que, con frecuencia, los ciclones tropicales entran por Quintana Roo y cruzan la península de Yucatán, saliendo al Golfo de México para entrar nuevamente a territorio mexicano por Tamaulipas o Veracruz.

El análisis de las tendencias muestra en el periodo analizado (Figura 2) que la frecuencia de ciclones tropicales presenta una tendencia

positiva aunque no significativa ( $y = 0,085x + 8,078$ ;  $R^2 = 0,144$ ), mientras que considerando únicamente la frecuencia de los eventos que llegan a desarrollarse a huracanes, su frecuencia inclusive tiende a disminuir, pero esta tendencia igualmente no es significativa ( $y = -0,016x + 6,351$ ;  $R^2 = 0,017$ ). Más bien se observa una alternancia de periodos dominados por un aumento y periodos dominados por disminución de ciclones tropicales. Cabe resaltar que en 2005 es cuando se presenta el mayor número (21) de ciclones tropicales, cuyo promedio es de 21 anuales; sin embargo, los que llegan a nivel de huracán apenas sobrepasan al promedio. Es por esto que en la Figura 2 se observa una amplia diferencia entre las dos series en este año.

Una de las formas para caracterizar las diversas temporadas de ciclones tropicales, sobre todo para efectos comparativos entre ellas, es mediante el número de huracanes intensos (aquellos que alcanzan intensidades de 3, 4 y 5 en la escala de Saffir-Simpson). En la Figura 3 se muestra la frecuencia de estos eventos; se puede observar la variabilidad, pero no una tendencia a aumentar su frecuencia. Esto se hizo para el Atlántico, ya que después del impacto de Katrina se piensa que los huracanes de mayor desarrollo se están incrementando en el Golfo de México.

### Ciclones tropicales del Pacífico

El periodo estudiado de los ciclones tropicales del Pacífico es de 1963 a 2009, cuando se observaron 755 ciclones tropicales, un número mayor al de los que se presentan en el Atlántico, y más aún considerando que el periodo de estudio comprende 46 años, comparado con los 65 años del

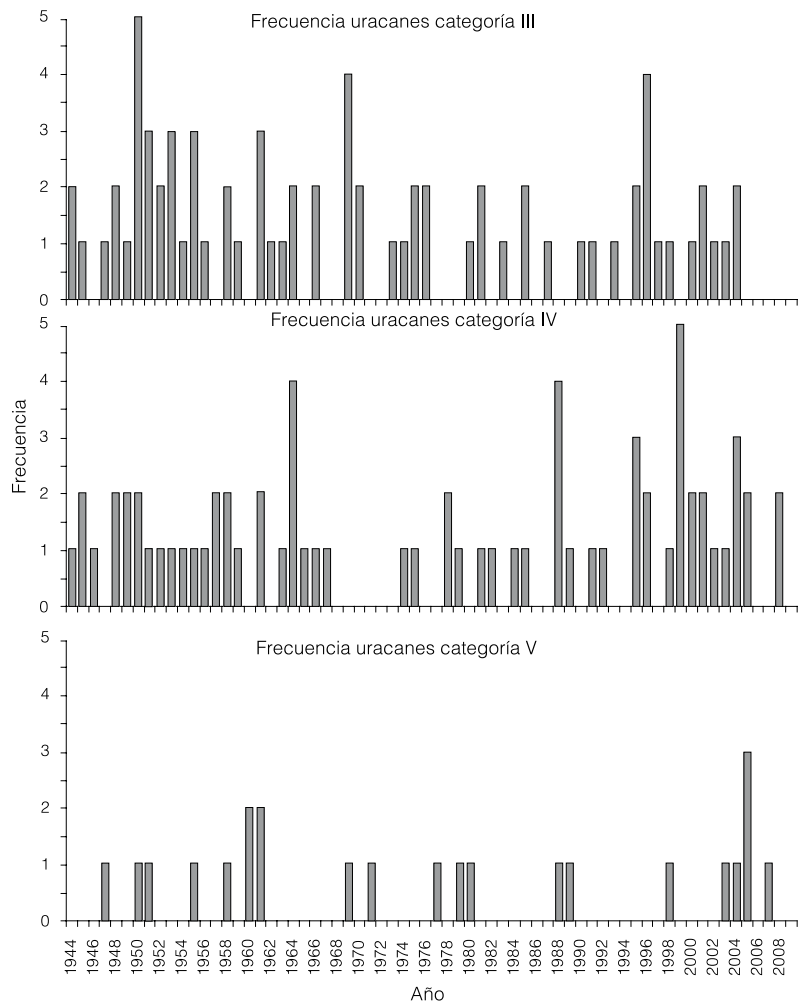


Figura 3. Frecuencia de huracanes de mayor desarrollo por categoría según la escala Saffir-Simpson para el Atlántico, donde se observa que los de categoría III son más numerosos, pero en ninguno de ellos se observa una tendencia al incremento.

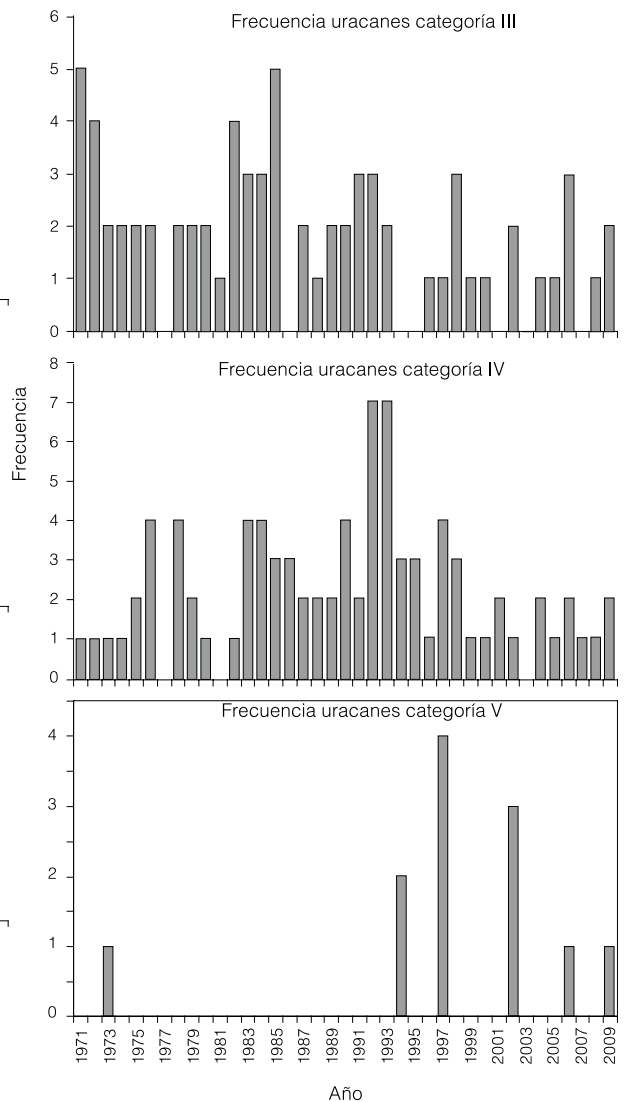


Figura 5. Frecuencia de huracanes de mayor desarrollo por categoría según la escala Saffir-Simpson para el Pacífico.

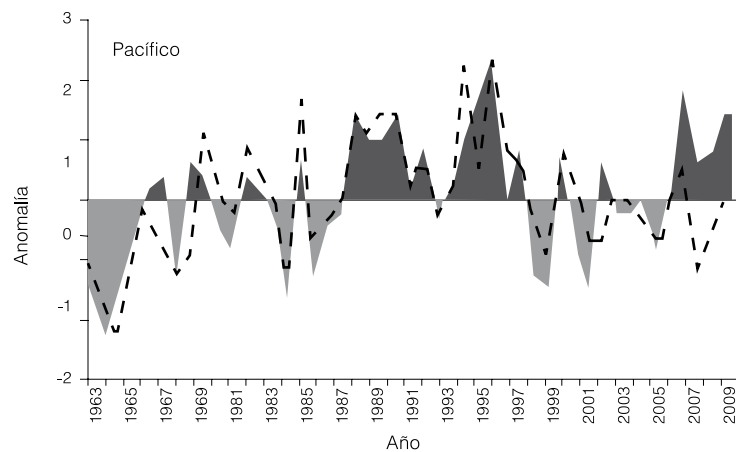


Figura 4. Anomalías de frecuencia de huracanes en el Pacífico. Las áreas marcadas con gris oscuro nos muestran periodos con mayor generación de ciclones tropicales en general, mientras que las áreas con gris claro muestran periodos de menor cantidad. La línea punteada nos muestra las anomalías de frecuencia de ciclones tropicales que llegan a huracanes.

Atlántico, lo cual da un promedio anual de 16 ciclones tropicales para el Pacífico y 11 para el Atlántico.

Pese a que en el Pacífico hay mayor actividad ciclónica, los estudios son más abundantes para el Atlántico,

probablemente debido a los desastres que han ocasionado en las costas de los EEUU. En el periodo estudiado, 153 ciclones tropicales han tocado las costas del Pacífico mexicano, observándose que el estado con mayor incidencia es Baja California Sur, con un 21,5% de frecuencia relativa (Figura 1). Cabe resaltar que la presencia de ciclones tropicales para el noroeste mexicano, caracterizado por un ambiente semiárido, es de suma importancia por la cantidad de lluvias que se presentan asociadas a estos meteoros, equivaliendo en algunas ocasiones a más del 60% de la lluvia que se recibe en el año (Díaz

*et al.*, 2008). Considerando que la falta de agua dulce ha sido una de las principales limitantes para el desarrollo, al menos en Baja California Sur, la cercanía de los ciclones tropicales llena de esperanzas tanto a agricultores como a ganaderos.

La frecuencia de los ciclones tropicales muestra gran variabilidad, pero no una tendencia a aumentar o a disminuir ( $y = 0,03x + 7,2$ ;  $R^2 = 0,03$ ). Lo ocurre pasa con la proporción de ellos que se desarrollan hasta llegar a nivel de huracanes ( $y = 0,12x + 13,23$ ;  $R^2 = 0,11$ ).

La Figura 4 muestra las anomalías para el Pacífico, donde se observa que hay alternancia de periodos con

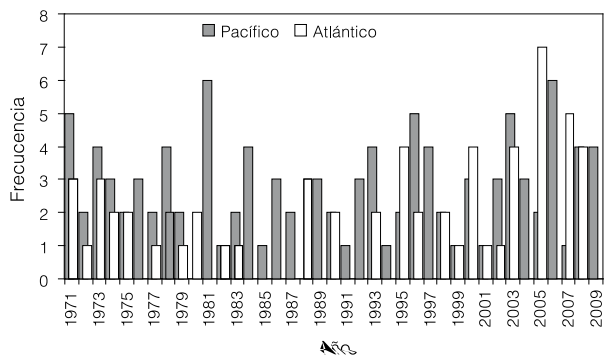


Figura 6. Número de Ciclones Tropicales que tocan costas mexicanas.

TABLA I  
ALGUNOS HURACANES QUE HAN CAUSADO DAÑO EN MÉXICO

| Año  | Nombre    | Estados afectados        | Muertes | Pérdidas (USD)      |
|------|-----------|--------------------------|---------|---------------------|
| 1977 | Anita     | Tamaulipas               | 10      |                     |
| 1988 | Gilberto  | Yucatán, Campeche        | 4       | 7,5×10 <sup>9</sup> |
| 1988 | Debby     | Veracruz                 | 10      |                     |
| 1995 | Ismael    | Sinaloa, Sonora          | 105     | 7,5×10 <sup>9</sup> |
| 1997 | Paulina   | Oaxaca, Guerrero         | 300-400 | 7,5×10 <sup>9</sup> |
| 2002 | Kena      | Nayarit, Jalisco         | 6       | 5×10 <sup>6</sup>   |
| 2005 | Ismael    | Sinaloa, Sonora          | 111     | 8,6×10 <sup>6</sup> |
| 2005 | Wilma     | Yucatán, Campeche        | 4       | 7,5×10 <sup>9</sup> |
| 2006 | John      | BCS, Guerrero, Chihuahua | 6       |                     |
| 2007 | Henriette | Guerrero, BCS, Sonora    | 13      | 25×10 <sup>6</sup>  |

Datos obtenidos de NOAA / National Hurricane Center (www.weather.unisys.com/)

mayor incidencia de ciclones tropicales de 1982 a 1994, mientras que de 1993 a 2004 predominó un menor número de ellos. Para ambas vertientes el mes de mayor presencia de huracanes es septiembre, aunque en el Pacífico en agosto se presenta una actividad similar.

En el Pacífico tampoco se observa una tendencia al incremento de la intensidad de los huracanes (Figura 5). Sin embargo, se puede apreciar que los huracanes categoría 5 son menos frecuentes en el Pacífico. Al revisar la frecuencia de los ciclones tropicales que inciden sobre las costas se observa que en 1981 y 2006 se dan las mayores frecuencias para la vertiente del Pacífico y 2005 para la del Atlántico (Figura 6). En el Atlántico se puede encontrar varios años en los cuales no penetran huracanes, pero también es en esta vertiente donde lo han hecho los huracanes de mayor intensidad.

### Consideraciones que Resaltar

No se observa una tendencia significativa que muestre que se esta incrementando el número o intensidad de los ciclones tropicales, ni en el Atlántico ni en el Pacífico. Así también, debido a lo corto de las series históricas presentadas, no es posible detectar aun la presencia de algún ciclo que nos pudiera permitir hacer predicciones confiables. Sin embargo, se han realizado estudios que demuestran la

asociación de ciclones tropicales con ENOS (Douglas y Englehart, 1999; Landsea, 2000), lo cual ayuda a entender parte de la variabilidad encontrada.

De acuerdo con Withney y Hogood (1997), la temperatura superficial del mar superior a los 26,5°C es indispensable, aunque no suficiente, para que se formen los ciclones tropicales, ya que la intensidad de los ciclones es el resultado de la compleja interacción entre la dinámica interna del sistema y de los factores ambientales que rodean la tormenta. Prueba de ello es que en el Pacífico la densidad de ciclones tropicales es la más alta del mundo (Gray, 1979), aunque la temperatura superficial del mar no es más alta que en el Atlántico.

Por otra parte, los estados mexicanos de Baja California Sur, Sinaloa, Quintana Roo y Tamaulipas son aquellos con mayor impacto de ciclones tropicales, información que debe ser considerada en los planes de desarrollo de dichas entidades, ya sea para realizar obras de protección contra los efectos nocivos de los huracanes, o para realizar obras de retención del agua de lluvia que traen consigo.

Finalmente, para tener una idea más completa acerca de un huracán y su poder destructivo, hace falta integrar en un índice información que incluya velocidades de los vientos, extensión del meteoro, velocidad de desplazamiento y cantidad de lluvia esperada. Esto es por qué se ha visto que huracanes como el Juliet-

te, de 2001, causó grandes desastres en Baja California Sur y Sonora al bajar su velocidad de desplazamiento y seguir de esta manera azotando una región por mayor tiempo. Aunado a esto, el poder destructivo de un huracán, en cuanto a las inundaciones y deslaves que ocasione, dependerá de si el lugar ha sido afectado por lluvias intensas previamente.

### REFERENCIAS

- Andrade E, Sellers W (1988) El Niño y sus efectos en la precipitación. Arizona y Nuevo Mexico. *J. Climatol.* 8: 403-410.
- Diaz S, Salinas C, Hernandez S (2008) Variability of rainfall from tropical cyclones in northwestern México and its relation to SOI and PDO. *Atmósfera* 21: 213-223.
- Farfán LM, Cortez M (2005) An observational and modeling analysis of the landfall of hurricane Marty (2003) in Baja California, México. *Month. Weather Rev.* 133: 2069-2090.
- Douglas A, Englehart P (1999) Modulation of summer rainfall in Mexico by eastern North Pacific tropical storms. *Proc. 24th Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop.* NOAA. US Department of Commerce. Tucson, AZ, EEUU. pp. 45-48.
- Gray W (1979) Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation. En Shaw DB (Ed.) *Meteorology over the Tropical Oceans.* Royal Meteorological Society Londres, RU. pp. 155-218.
- Landsea CW (2000) El Niño-Southern Oscillation and the seasonal predictability of tropical cyclones. En Diaz HF, Markgraf V (Eds.) *El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale Variability and Global and regional impacts.* Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. pp. 149-181.
- Martínez Gutiérrez G, Mayer L (2004) Huracanes en Baja California, México y sus implicaciones en la sedimentación en el Golfo de California. *GEOS México* 24: 57-64
- Pielke RA, Landsea C, Mayfield M, Laver J (2005) Hurricanes and Global warming. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 86: 1571-1575.
- Reyes A, Mejía Trejo S (1991) Perturbaciones tropicales en el Pacífico Este y el campo de precipitación sobre el noroeste mexicano en relación con el fenómeno del ENSO. *Int. J. Climatol.* 11: 515-528.
- Tang BH, Neelin JD (2004) ENSO Influence on Atlantic hurricanes via tropospheric warming. *Geophys. Res. Lett.* 31: L24204.
- Vitart F, Anderson JL (2001) Sensitivity of Atlantic tropical storm frequency to ENSO and intrannual variability of SST in an ensemble of AGCM integration. *J. Climate* 14: 533-545.
- Webster PJ, Holland GC, Curry JA, Chang HR (2005) Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309: 1844-1846.
- Withney L, Hoobgood J (1997) La relación entre la temperatura superficial del mar y el máximo de intensidad de los ciclones tropicales en el Pacífico nororiental. *Am. Meteorol. Soc.* 10: 2921-2930.
- Wu G, Lau N (1992) A GCM simulation of the relationship between tropical storm frequency and ENSO. *Month. Weather Rev.* 120: 958-977.