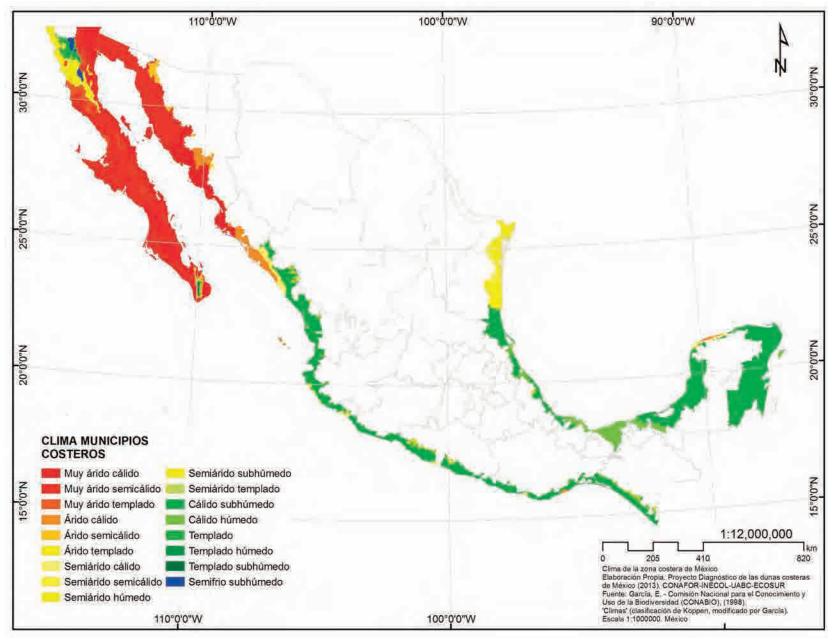




Foto: M.L. Martínez

Ma. Luisa Martínez Óscar Jiménez-Orocio Ileana Espejel

Clima de las costas de México y su relación con los diferentes tipos de vegetación



▲ figura 1.

Distribución de climas en los municipios costeros de México. Los grupos climáticos siguen la clasificación de Köppen, modificado por García (1998).

El clima se clasifica en función de diferentes variables como son la temperatura, el promedio anual, las variaciones estacionales de la temperatura, la precipitación y su distribución en el año (Köppen modificado por García, 1998). México cuenta con prácticamente todos los tipos de clima que se han clasificado para el mundo, abarcando desde los tropicales lluviosos hasta los de tundra, casi polares (ubicados en las altas montañas). Lo anterior se debe a la gran diversidad topográfica del país y también a que se encuentra en la zona de transición entre la región tropical y subtropical. Una de las consecuencias

de la heterogeneidad climática de las costas de México es la gran riqueza florística de las dunas costeras mexicanas.

En la figura 1 se muestra la distribución de los climas de los municipios con influencia costera (156) además de aquellos sin litoral pero con influencia costera (13), lo que suma un total de 169. Se observa una gran diversidad de climas tropicales que abarcan desde los áridos y muy áridos hasta los húmedos y muy húmedos (cuadro 1). Los climas áridos y calientes predominan en el noroeste del país y en una pequeña porción de la

cuadro 1

Descripción de los climas de las costas de México según la clasificación de Köppen, modificado por García (1998).

	Modificado por darcia (1556).
Grupos climá	áticos
Se establece	n en función de la temperatura media mensual
Α	Climas Iluviosos tropicales. El mes más frío tiene una temperatura superior a los 18°C
В	Climas secos. La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico
С	Climas templados y húmedos. Temperatura media del mes más frío es menor de 18°C y superior a -3°C y al menos un mes la temperatura media es superior a 10°C
Subgrupos cl	limáticos
Dependen de	e la humedad
S	Semiárido (estepa). Sólo para climas de tipo B
w	Árido (desértico). Sólo para climas de tipo B
f	Húmedo sin estación seca. Sólo para climas de tipo A, C y D
m	Húmedo con una corta estación seca. Sólo para climas de tipo A
w	Estación seca en invierno. Sol en posición baja
s	Estación seca en verano. Sol en posición alta
Subdivisione	es climáticas
Dependen de	e características adicionales
a	La temperatura media del mes más cálido supera los 22°C. Se aplica a los climas tipo C y D
b	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22°C. Se aplica a los climas tipo C y D
:	La temperatura media del mes más frío es inferior a -38°C. Se aplica a los climas tipo D
h	La temperatura media anual es superior a 18°C. Se aplica a los climas tipo B
k	La temperatura media anual es inferior a 18°C. Se aplica a los climas tipo B
Combinacio	nes con base en las denominaciones anteriores
Af	Clima de selva tropical lluviosa. El mes más seco caen más de 60 mm de lluvia
Am	Clima monzónico. El mes más seco caen menos de 60 mm de lluvia
Aw	Clima de sabana tropical. Por lo menos hay un mes en el que caen menos de 60 mm de lluvia
BS	Clima de estepa. Clima árido continental
BW	Clima desértico. Clima árido con precipitaciones inferiores a 400 mm
Cf	Clima templado húmedo sin estación seca. Las precipitaciones del mes más seco son superiores a 30 mm
Cw	Clima templado húmedo con estación invernal seca. El mes más húmedo del verano es diez veces superior al mes más seco del invierno
Cs	Clima templado húmedo con veranos secos. Las precipitaciones del mes más seco del verano es inferior a 30 mm y la del mes más lluvioso del invierno tres veces superior



Frecuencia de climas en las costas de México de México Cálido subhúmedo Cálido húmedo Semicálido subhúmedo dunas costeras Semiárido cálido Árido cálido Muy árido cálido Muy árido semicálido Templado subhúmedo -Semicálido húmedo Árido semicálido Templado húmedo -Muy árido templado -Árido templado gnóstico de las Templado /lluvias inver Semifrío subhúmedo -Semiárido templado Semiárido semicálido -20 % de municipios con cada tipo de clima ▲ figura 2. Frecuencia de los diferentes tipos de clima en las costas de México.

Península de Yucatán, mientras que el Pacífico centro, Pacífico Sur, el Golfo de México y la mayor parte de la Península de Yucatán son mucho más lluviosos. Los únicos municipios costeros con climas templados se localizan en la península de Baja California, y en este caso se trata de municipios con porciones de sierra, donde las temperaturas son menores debido a la altitud, pero en la costa el clima se denomina tipo mediterráneo y es semiárido. Es la única porción costera del país con este tipo de clima.

El clima predominante en las costas mexicanas es el cálido subhúmedo, que se presenta en cerca del 40% de las localidades costeras (figura. 2). Otros climas que también son frecuentes en las costas son el cálido húmedo, semicálido subhúmedo, semiárido cálido y árido cálido. Los otros tipos de clima ocurren en menos del 10% de las localidades costeras.

Comparando los dos litorales de México se nota que el Pacífico tiene una mayor variedad de climas (6 tipos de climas) según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1998). La Península de Baja California del lado oeste presenta cuatro tipos de climas: BSs (semiseco con lluvias en invierno) también conocido como clima mediterráneo, BWs (desértico con lluvias en invierno), BWx> (desértico con lluvias poco abundantes en cualquier época del año), y BWw en Los Cabos (desértico con lluvias en verano). Predominan los climas secos debido a que las lluvias son escasas en la mayor parte de ambos estados. En la costa de la Península de California, a lo largo del Golfo de California y en Sonora predominan los climas BWx> y BWw. Hacia Sinaloa el clima es del tipo BSw (semiseco con lluvias en verano). En el Pacífico, sobre todo en la zona norte, existe mucha variación de la temperatura, con medias que van desde los

CONAFC

Viento climatológico superficial mensual en el mar (1999-2006) Fuente: Centro de Ciencias Atmosféricas, 2013 Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre Octubre Noviembre Diciembre

▶ figura 3. Viento mensual en la superficie del mar (1999-2006). Fuente: Centro de Ciencias de la Atmósfera (2013).

14-16°C (Baja California) hasta los 22-26°C en el norte de Sinaloa. Excepcionalmente la temperatura mínima extrema puede alcanzar valores de cero grados en el extremo norte de Baja California sobre el Océano Pacífico (Rzedowski, 1981). En el resto del Pacífico el clima es del tipo Aw (cálido subhúmedo con lluvias en verano). En el Pacífico sur predominan las temperaturas medias entre 24 y 26°C hacia el norte y entre 26 y 28 desde Jalisco hasta Chiapas.

El Golfo y Caribe presentan cuatro tipos de climas. Se pueden considerar regiones más homogéneas tanto por el menor número de tipos climáticos como por la predominancia de dos de ellos. En el norte de Tamaulipas el clima es del tipo BSx> (semiseco con lluvias poco abundantes todo el año), en el sur de Veracruz y Tabasco es del tipo Am (cálido húmedo con lluvias en verano) y en el norte de Yucatán corresponde al BWw, mientras que en la mayor parte del Golfo y Caribe es del tipo Aw. La temperatura en el

Golfo y Caribe mantiene una media que oscila entre los 24 y 28°C. Únicamente en Tamaulipas se da una media menor, que oscila entre 22 y 24°C, aunque también esta zona es la única que presenta heladas durante el invierno (García, 1964).

En el ámbito tan amplio de climas que tienen las costas mexicanas, la precipitación es uno de los factores que más varía. En el extremo norte de la Península de Baja California el clima es de tipo mediterráneo (semiseco con lluvias en invierno) formándose un continuo con el estado de California en Estados Unidos y compartiendo también las principales características de la vegetación costera. En las costas del Golfo de California se presenta la menor incidencia de precipitación del país, en particular en la zona del delta del río Colorado, con registros medios anuales cercanos a los 40 mm. En esta zona la vegetación de dunas está mezclada con especies de matorral xerófito donde abundan arbustos espinosos y cactáceas. En Baja California, el mayor porcentaje de lluvia ocurre entre diciembre y abril, siendo el porcentaje de lluvia invernal de 54.9 %. Para el resto de la costa del país el porcentaje de lluvias invernales es menor de 20%.

A partir del sur de Sonora las lluvias en el verano aumentan y estas condiciones se mantienen en el resto del país. Lo que varía de manera importante en esta región tan extensa es la cantidad de lluvia y su distribución en los meses de verano, lo cual resulta en una época de secas más o menos marcada. El intervalo de precipitación en la zona costera fluctúa desde 84 mm (Puerto Peñasco, Sonora) hasta más de 1600 mm anuales (Quintana Roo) hasta casi 3000 en Tabasco, según García (1964). Hay costas muy secas como en Baja California, Sonora, parte de Sinaloa y el norte de la península de Yucatán. En un ámbito intermedio están las de Tamaulipas y Sinaloa, seguidas por partes de Jalisco, Colima, Oaxaca y Campeche. El resto de las costas reciben más de 1000 mm, aunque

Escala Saffir/Simpson para la denominación de los ciclones tropicales.

Tipo de ciclón	Categoría	Velocidad del viento (km/hr)	Marejada (m)	Daño
Depresión	Depresión tropical	< 62		
Tormenta tropical	Tormenta tropical	62-117		
Huracán	1	118-153	< 1	Mínimo
Huracán	2	154-177	1-3	Moderado
Huracán	3	178-200	3-4	Extensivo
Huracán	4	201-250	4-6	Extremo
Huracán	5	> 250	> 6	Catastrófico

en el Pacífico Sur la precipitación es mucho más estacional que en el Golfo de México. Si se compara el porcentaje de precipitación que cae entre junio y octubre en ambos litorales, puede apreciarse que para las estaciones de Mazatlán (Sinaloa), Manzanillo (Colima), Acapulco (Guerrero) y Salina Cruz (Oaxaca) las lluvias de verano suman más del 90% de la precipitación total anual, lo que demuestra que la estación de secas está bien definida. En el Golfo de México y Caribe, las lluvias de verano suman entre el 57% (para la isla de Cozumel) y el 80% (Campeche). Durante las secas llueve menos del 10%; aunque este valor es bajo, es mayor que en el Pacífico.

Nortes, tormentas tropicales y huracanes

Existen otra serie de fenómenos, como los "nortes" y huracanes, que modifican, estacionalmente y por períodos cortos, el régimen de lluvias de la costa. Los nortes tienen un mayor efecto en el Golfo de México (Cruikshank et al., 1976). Se originan por la invasión de masas de aire polar continental, procedentes del norte de Canadá y del norte de Estados Unidos. Producen fuertes vientos provenientes del Norte que soplan por varios días seguidos sobre las costas del Golfo de México. Ocurren durante el invierno, entre noviembre y abril. Al pasar sobre el Golfo de México, estos vientos recogen abundante humedad que después es liberada en forma de lluvia (García, 2003). En la península de Baja California hay vientos secos denominados "santanas" y en el desierto otros denominados "westes" que traen arena del desierto y mueven las dunas hacia el mar.

En las dunas costeras el principal efecto de estos vientos extraordinarios es a través de la fuerza que alcanzan, lo que produce movimiento de arena y por tanto mantienen la dinámica del sistema (Poggie, 1962; Moreno-Casasola, 1982; Rebman et al., 2012). Cada mes, la dirección predominante de los vientos cambia (figura. 3). Sin embargo, entre octubre y febrero, los vientos provenientes del noreste predominan en gran parte del Golfo de México y en todas las costas del Caribe y a fines del verano en la península de Baja California pudiendo causar incendios. Cuando ocurre la presencia de estos vientos fuertes e intensos, junto con la relativa seguía de estos meses, dan como resultado un intenso movimiento de arena y la orientación general norte-sur que tienen las dunas costeras de esta región, sobre todo en Veracruz y la península de Baja California.

Los ciclones tropicales son sistemas de tormentas que se caracterizan por presentar una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión y que producen vientos fuertes y lluvia abundante. Estos sistemas tormentosos se distinguen de otros por tener un núcleo cálido. Dependiendo de la velocidad del viento y de su localización, los ciclones tropicales reciben diversos nombres, como son: depresión tropical, tormenta tropical, huracán y tifón (especialmente en las Islas Filipinas y China) o simplemente

ciclón. El término ciclón se refiere a la rotación que presentan estas tormentas: en el hemisferio norte van en sentido contrario a las manecillas del reloj y en el sur giran en dirección contraria. El término tropical indica el origen geográfico de estos sistemas, que se forman casi exclusivamente en los trópicos (National Hurricane Center- USA, http:// www.nhc.noaa.gov/). Las tormentas tropicales tienen vientos de al menos 63 km/h. Cuando los vientos son de más de 119 km/h, entonces se les denomina huracanes. Los ciclones tropicales reciben su denominación en función de la velocidad máxima de los vientos, como se muestra en el cuadro 2.

Los ciclones tropicales son las tormentas más violentas del planeta. Pueden producir vientos extremadamente fuertes, lluvias torrenciales, olas extremadamente grandes y tornados; también pueden provocar fuertes marejadas en áreas costeras. Además de los efectos "dañinos" de los vientos huracanados, se pueden producir inundaciones y corrimientos de tierra. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Así, las zonas costeras sufren mayores daños por efecto de los ciclones que las regiones interiores, donde no llegan los vientos fuertes. Sin embargo, las marejadas pueden producir inundaciones extensas a más de 40 km hacia el interior en costas con poca pendiente y las lluvias torrenciales pueden producir fuertes inundaciones tierra adentro.

Las tormentas tropicales ocurren en los dos litorales de México (figura. 4). Entre 1951 y 2000 las costas mexicanas recibieron un total de 119 tormentas tropicales, siendo más abundantes en el Pacífico (88) que en el Atlántico (31) (Jáuregui, 2003). Los estados donde han hecho tierra un mayor número de tormentas tropicales son Baja California Sur (25% de las tormentas entre 1951 y 2000), seguido por Jalisco y Quintana Roo (ambos con el 12%) (cuadro 3) (Jáuregui, 2003). El resto de los estados ha recibido menos del 10% de las tormentas tropicales en el periodo de tiempo analizado (1951-2000) (cuadro 3; figura. 5).

Los huracanes también se presentan en el Atlántico y en el Pacífico (Figuras 6 y 7). En el periodo comprendido entre 1951 y 2000, el Atlántico tuvo 294 huracanes, de los cuales 27 (9%) hicieron tierra en México (Jáuregui, 2003). En cambio, en el Pacífico ocurrieron 368 huracanes y 65 de ellos (18%) hicieron tierra en costas mexicanas (cuadro 4; figura. 8). Lo anterior indica que hay una mayor probabilidad de que los huracanes hagan tierra en el Pacífico que en el Atlántico. La intensidad de los huracanes que hacen tierra en México también es diferente entre los dos litorales. Entre 1951 y 2000, la mayoría (77%) de los huracanes que hicieron tierra en el Pacífico eran de categoría 1 ó 2 y sólo el 23% eran de categoría 3 ó más, habiendo ocurrido solamente un huracán categoría 5 en Manzanillo en 1959). En contraste, durante el mismo periodo, el 40% (11) de los huracanes que hicieron tierra en el Golfo eran de categoría 1 ó 2 y el 60% (16) de categorías 3 a 5. Además, 7 huracanes fueron de categoría 5. Es decir, la frecuencia de huracanes es mayor en el Pacífico, pero la intensidad es mayor en el Atlántico (Jáuregui, 2003). Los estados donde han hecho tierra el mayor

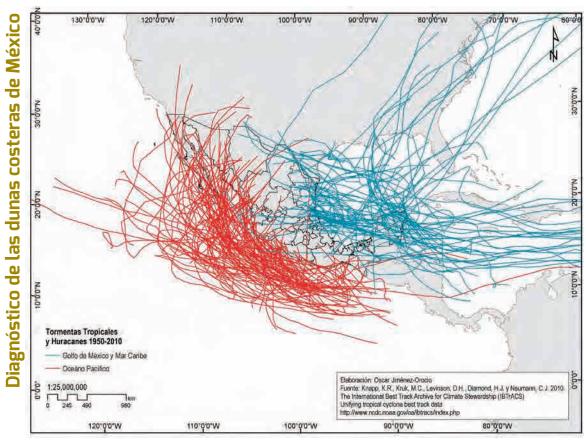
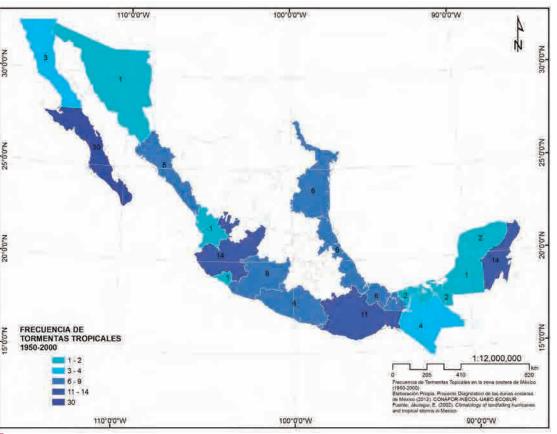
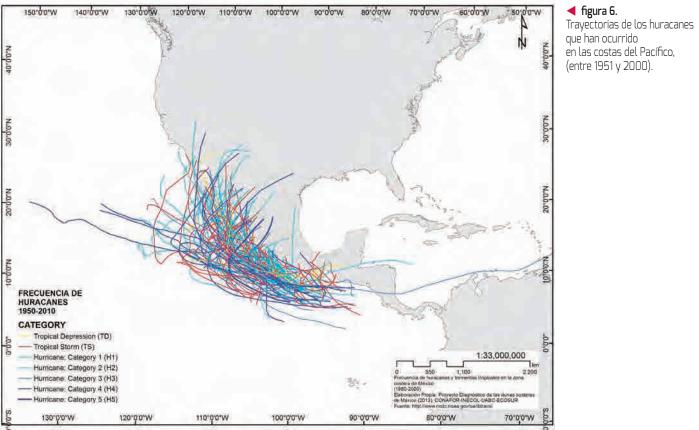


figura 4. Trayectorias seguidas por las tormentas tropicales que han ocurrido en las costas de México, (entre 1854 y 2010).



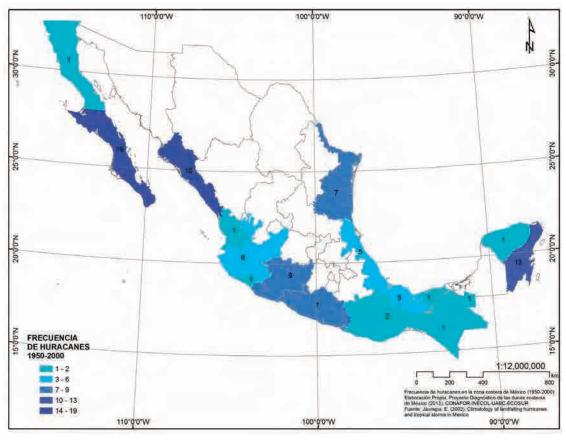
◀ figura 5. Número de tormentas tropicales que han hecho tierra en las costas mexicanas entre 1951 y 2000, (modificado de Jáuregui, 2003).



◀ figura 7. Trayectorias de los huracanes que han ocurrido en las costas del Golfo







✓ figura 8.
Número de huracanes que han hecho tierra en las costas mexicanas entre 1951 y 2000, (modificado de Jáuregui, 2003).

número de huracanes son Baja California Sur (21%), Sinaloa (20%) y Quintana Roo (14%) (Jáuregui, 2003).

La fuerza de los vientos y las grandes cantidades de agua que caen en forma de lluvia durante las tormentas tropicales y los huracanes pueden producir pérdidas cuantiosas. Los diez huracanes más fuertes que han golpeado las costas mexicanas durante los últimos 30 años revelan un impacto elevado. Algunos huracanes hicieron tierra dos veces, como ocurrió con Gilberto y Dean, generando daños en los dos estados que tocaron. Quintana Roo fue el estado que recibió el mayor número de huracanes (40%) categoría 4 ó 5, seguido por Veracruz y Sinaloa (cada uno con 20%) (cuadro 5). El huracán Paulina (1997) fue el que más pérdidas humanas causó en Oaxaca, y el huracán Wilma (2005) el que mayores daños materiales generó en Quintana Roo. Esta información revela que en México necesitamos fortalecer la cultura de prevención de daños por estos eventos meteorológicos y contar con normativas muy claras y mecanismos de verificación que reduzcan la vulnerabilidad. Al respecto se ha propuesto que la presencia de ecosistemas naturales, como dunas y humedales, ayuda a mitigar el impacto de los huracanes (Costanza et al., 2008). También hay que recordar que gran parte del efecto destructivo de estos fenómenos meteorológicos se deben a las malas decisiones tomadas por los particulares y el gobierno. Ejemplo de ello es Cancún, establecido sobre una isla de barrera, que constituye uno de los ambientes costeros más frágiles y vulnerables. Además muchos hoteles se encuentran construidos no solamente sobre la duna frontal, sino a

cuadro 3.

Número total y porcentaje relativo de tormentas tropicales que han hecho tierra en las costas de México (entre 1951 y 2000) (Fuente: Jáuregui, 2003)

Fatada	No do tomos t	0/
Estado	No. de tormentas	
	tropicales	tormentas
Baja California	3	2
Baja California Sur	30	25
Campeche	1	1
Chiapas	4	3
Colima	1	1
Guerrero	6	5
Jalisco	14	12
Michoacán	9	8
Nayarit	1	1
Oaxaca	11	9
Quintana Roo	14	12
Sinaloa	8	7
Sonora	1	1
Tabasco	2	2
Tamaulipas	6	5
Veracruz	6	5
Yucatán	2	1.7
	119	100

cuadro 4.

Número total y porcentaje relativo de huracanes que han hecho tierra en las costas de México (Fuente: Jáuregui, 2003).

Estado	No. de	%	
	huracanes	huracanes	
Raia California	1	1 1	
Baja California	1	1.1	
Baja California Sur	19	20.7	
Campeche	0	0.0	
Chiapas	1	1.1	
Colima	1	1.1	
Guerrero	7	7.6	
Jalisco	6	6.5	
Michoacán	9	9.8	
Nayarit	1	1.1	
Оахаса	2	2.2	
Quintana Roo	13	14.1	
Sinaloa	18	19.6	
Sonora	0	0.0	
Tabasco	1	1.1	
Tamaulipas	7	7.6	
Veracruz	5	5.4	
Yucatán	1	1.1	
	92	100	

veces aun en la playa. Seingier et al., (2009) mencionan que la franja costera que más dunas ha perdido es la de Cancún. En esta costa numerosos huracanes han hecho tierra y se han estacionado frente a las costas, resultando en un severo proceso de erosión que no puede ser revertido por la falta de dunas (y sedimento) con el que se puedan nutrir y recuperar las playas y dunas nuevamente. En caso de recibir el impacto de un huracán, no hay mejor receta para un desastre de grandes consecuencias ambientales, económicas y sociales que tener construcciones en zonas de alto riesgo, así como una costa deteriorada y con ecosistemas degradados.

A pesar del efecto destructivo de los ciclones tropicales (tormentas tropicales y huracanes), también son fenómenos meteorológicos que aportan mucha humedad al continente y pueden amortiguar los efectos de las sequías (Jáuregui, 2003). El efecto humificador de los huracanes beneficia a las comunidades vegetales y a las zonas de cultivo de la costa, siendo en algunos sitios la única ocasión en que reciben humedad durante el ciclo anual.



cuadro 5

Los diez huracanes más fuertes que han golpeado las costas mexicanas en los últimos 30 años (National Hurricane Center-USA), los estados donde hicieron tierra y los daños que provocaron.

(National Harricane certicit 03/1), tos estados donde meleron tierra y tos danos que provocaron.							
Huracán	Año	Categoría	Vientos (Km/h)	Estado entrada	Número de Muertes	Daños (millones dólares)	de
Gilberto	1988	5	295	Quintana Roo/ Veracruz	433	7,100	
Wilma	2005	5	282	Quintana Roo	63	29,000	
Dean	2007	5	280	Quintana Roo/ Veracruz	40	1,600	
Kenna	2002	5	230	Nayarit	4	101	
Emily	2005	4	215	Quintana Roo	17	1,000	
Tico	1983	4	215	Sinaloa	141	284	
Paulina	1997	4	215	Oaxaca	200-500	448	
Isidoro	2002	3	205	Yucatán	22	1,300	
Lane	2006	3	205	Sinaloa	4	206	
Jova	2011	3	201	Jalisco	9	204	



Referencias bibliográficas

Costanza, R., Pérez-Maqueo, O.M., Martínez, M.L., Sutton, P., Anderson, S.J. y Mulder, K. 2008. The value of coastal wetlands for hurricane protection. Ambio 37(4): 241-248

Cruikshank, G. et al. 1976. Atlas del Agua de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidraúlicos. México D.F.

García, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México D.F. pp. 1-71

García E. 2003. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Investigaciones Geográficas 50: 67-76

Jáuregui, E. 2003. Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico. Atmósfera 193-204.

Moreno-Casasola, P. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos. BIOTICA 7 (4): 577 602.

Poggie, J.J. 1962. Coastal pioneer plants and habitat in the Tampico region, Mexico. Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, Technical Report 17 A: 1-62

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa, México D.F. Seingier, G., Espejel I., y. Fermán J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. 1(1): 54-69.

Rebman, J. P., Roberts, N. C., y Ezcurra, E. 2012. Baja California Plant Field Guide. San Diego Natural History Museum.

48