

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la costa norte de Nayarit, México

Cristian Tovilla Hernández¹
D. Edith Orihuela Belmonte²

RESUMEN

Desde 1960 cuando el huracán Adriana azotó la región, durante 35 años ningún meteoro había afectado la costa de Nayarit en el Pacífico de México. En octubre de 1994 el huracán Rosa impactó con vientos de hasta 160 km/h, afectando una gran área de manglar. Los efectos más severos se registraron principalmente sobre *Laguncularia racemosa*, seguido por *Avicennia germinans* y de manera poco significativa sobre *Rhizophora mangle*. De los árboles de mangle blanco quedaron en pie únicamente 31,9 % de los individuos con < 10 m de altura y DAP <10,8 cm. El mayor efecto del huracán se registró en un 39,9 % de los árboles de porte medio, los cuales quedaron inclinados y posteriormente murieron. Los árboles más viejos (28,1 %), todos fueron rotos por la fuerza del viento, debido a que presentaban una mayor altura (> 11 m) y mayor resistencia debido al grosor de los troncos (>10,1 cm). En *A. germinans*, el mayor efecto se registró sobre los árboles maduros, los cuales fueron desramados en su totalidad. *L. racemosa* en todo el sistema lagunar presenta un sistema radical angosto y poco profundo (90,7 cm y 30,9 cm), lo cual lo hace vulnerable al viento. La pérdida de madera por el efecto del huracán fue variable: 35,0 m³/ha en el sitio menos afectado y hasta 103,7 m³/ha en un bosque maduro. También se registró una gran pérdida de propágulos y plántulas en los bosques. Estos eventos son frecuentes en los bosques de manglar y pueden favorecer los procesos de selección natural que modulan la sucesión y evolución de esta vegetación en el tiempo.

PALABRAS CLAVE:

Desramados, huracán, impactos, propágulos, sistema radical, vulnerables.

ABSTRACT

Since 1960, when hurricane Adriana hit the region, no meteor had affected the coasts of Nayarit, in the Mexican Pacific. In October 1994, hurricane Rosa hit with winds of up to 160 km/h, affecting large mangrove areas. The most severe effects were exerted mainly on *Laguncularia racemosa*, followed by *Avicennia germinans*, and minimally on *Rhizophora mangle*. From the white mangrove, only 31,9 % of the trees remained standing with <10m of height and a DAP <10,8 cm. The largest effect of the hurricane was recorded in 39,9 % of the medium sized trees, which were bent and died later on. The oldest trees (28,1 %) were broken down by the force of the wind, due to the greater height (>11 m) and greater resistance because of the thickness of the trunks (>10,1 cm). In *A. germinans*, the biggest effect was recorded in the mature trees, since all of them suffered broken branches. In the whole lacunar system, *L. racemosa* presents a narrow and shallow radical system (90,7 and 30,9 cm) that makes it vulnerable to winds. The loss of wood due to the hurricane was variable: 35,0 m³/ha in the least affected site and up to 103,7 m³/ha in the mature forest. A large loss of propagules and plantules was also recorded in the forests. These events are frequent in the mangrove forests and can favor natural selection processes, which modulate succession and evolution of this vegetation along time.

Key words:

Wind damage, hurricane, impacts, propagules, radical system, vulnerability.

- 1 El Colegio de la Frontera Sur-Tapachula, Lab. de Ecología de Manglares y Zona Costera. Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5. Tapachula 30700 Chiapas, México. c.e.: ctovilla@tap-ecosur.edu.mx.
- 2 Gobierno del Estado de Chiapas. Instituto de Historia Natural y Ecología. Calz. Cerro hueco s/n. El Zapotal 29000 Chiapas. c.e.: loeditheo@hotmail.com.

INTRODUCCION

Cada año el litoral del Océano Pacífico registra el paso de unas 20 tormentas tropicales y huracanes, los cuales durante los últimos seis años se han incrementado hasta alcanzar un promedio de 22 (Prieto 1993; SMN 1998). Algunos de estos fenómenos han tenido efectos catastróficos, como sucedió con los huracanes Gilberto en 1988, Roxana en 1994, Paulina y Rick en 1997, Mich en 1998 e Isidore en 2003. En México se presta poca atención al impacto de estos fenómenos sobre los recursos costeros y sus consecuencias únicamente se magnifican cuando afectan a la población, a las vías de comunicación y a la navegación. En la actualidad existen muy pocos registros en la literatura científica mexicana relacionados con alteración provocada por huracanes sobre zonas de dunas, pastos marinos, arrecifes coralinos y bosques de manglar (Jáuregui *et al.*, 1980; Rodríguez *et al.*, 1989; Tovilla 1998; Sánchez e Islebe, 1999). Por el contrario, en otros países han sido ampliamente estudiados desde hace unas cinco décadas; más aún, a partir de 1980 su estudio se ha multiplicado con el apoyo de satélites, globos, barcos y aviones (Craighead y Gilbert, 1962; Stoddart, 1971; Boucher 1990; Tanner *et al.*; 1991; Ogden 1992; Roth 1992; Berke *et al.*, 1993; Blasco *et al.*, 1994; Blair *et al.*, 1994; Smith *et al.*, 1994; Tilmant *et al.*, 1994; Armentano *et al.*, 1995; Imbert *et al.*, 1996; McCoy *et al.*, 1996; Swiadek 1997; Webb *et al.*, 1997; Stone *et al.*, 1997; Boswell *et al.*, 1999; Kwit *et al.*, 2000).

AREA DE ESTUDIO

Se estudiaron tres sitios ubicados en el sistema lagunar de Teacapán-Agua Brava, Nayarit (Fig. 1). En los tres sitios predominan bosques de borde de mangle, los cuales se ubicaban formando un continuo desde el borde del canal de

Cuautla como sucedió en el primer sitio, hasta la margen de las lagunas de las Garzas y Chahuín. El primer sitio se estableció en El Estero de Cuautla a los 22° 19' 21'' N y 105° 38' 03'' W, este lugar está cubierto por un bosque joven constituido por árboles de *Laguncularia racemosa*, con algunos manchones aislados de *Rhizophora mangle*, éste fue el sitio más cercano a la trayectoria del meteoro. En Laguna de las Garzas a los 22° 27' 13'' N y 105° 34' 41'' W, se ubicó el segundo sitio, una laguna con presencia de árboles de *Avicennia germinans* mezclados con *L. racemosa*. El último sitio se ubicó cercano a Laguna de Chahuín, a los 22° 29' 24'' N y 105° 34' 09'' W, aquí existía un bosque maduro con arboles de *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (1998) el día 8 de octubre de 1994 se formó la tormenta tropical Rosa en el Océano Pacífico a 800 km al SW del Puerto de Acapulco, la cual durante los siguientes cuatro días desarrolló una deriva hacia el NE. En la tarde del día 12 se convirtió en huracán con vientos de 120 km/h; posteriormente, durante los días 13 y 14 se aproximó a la costa pacífica del país con vientos hasta de 160 km/h. La trayectoria del huracán rozó la costa de esta entidad a lo largo de unos 75 km entre las localidades de Palmar de Cuautla en el Sur y Novillero en el Norte, como se observa en la figura 1. Las paredes del ojo del huracán penetraron a tierra entre las 01:00 y 03:00 A.M. del día 14 de octubre de 1994, con una velocidad máxima de 167 km/h, con vientos sostenidos entre 38 m/s y 44 m/s (148 km/h) y con una velocidad de desplazamiento hacia el NW de 14 km/h, con una presión barométrica de 977 Mb. De acuerdo con la escala de huracanes de Saffir/Simpson, este meteoro se ubicó en la categoría 2, con un potencial destructivo de 4.

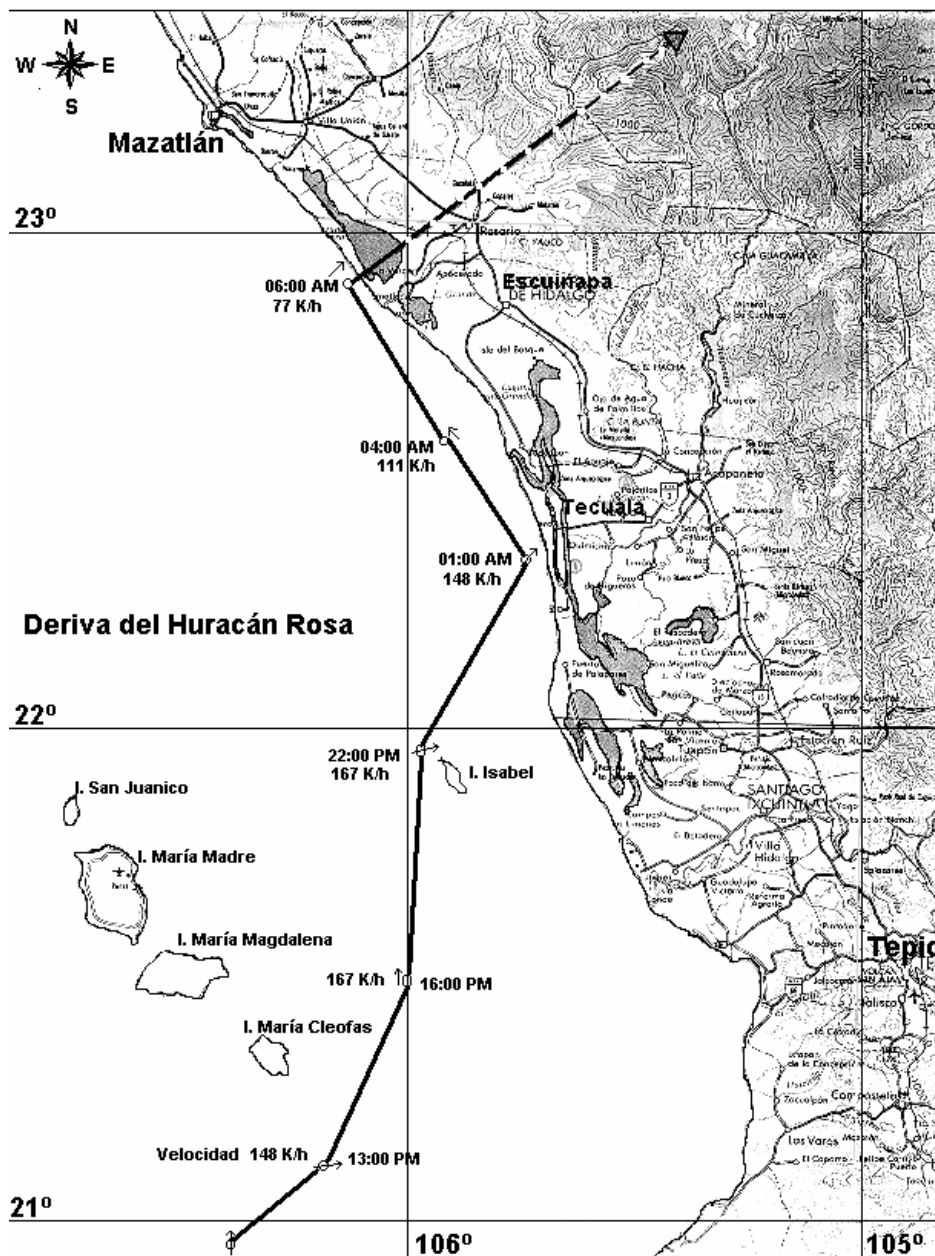


Figura 1. Deriva del huracán Rosa a lo largo de la costa Norte de Nayarit y Sur de Sinaloa, y ubicación de los sitios de muestreo.

METODOLOGÍA

Dieciochos días después del paso del huracán, el tres de noviembre de 1994, se midió el impacto del meteoro en los tres sistemas lagunares sobre el arbolado; se utilizó una parcela con una extensión de 1000 m², cada una en cada sistema lagunar. Cada parcela se ubicó desde la orillas del espejo de agua hacia el interior del bosque (31,3 m x 32 m). En cada una se midió la densidad promedio de plantas y el diámetro a la altura del pecho (DAP) a los arboles con diámetros mayores de 4 cm así como su altura. También se estimó el estado que presentaban los árboles después del meteorero (muertos/vivos) y la condición en que quedaron: en pie, inclinados, derramados/rotos, de acuerdo con los criterios de Reilly (1991); Roth (1992) y Brokaw y Gear (1991). En el caso de los árboles que quedaron inclinados, se registró la profundidad y el diámetro de su sistema radical, cuando fue posible. Se cuantificó también la cantidad de madera derribada en cada bosque de acuerdo con los criterios establecidos por Chon (1989) y Loyche y Amadou (1989).

RESULTADOS

Canal de Cuautla

El mayor efecto del huracán se observó en este bosque, el cual después del meteoro presentaba un aspecto desolador, aproximadamente 150 ha del bosque de manglar ubicado a la orilla del estero fueron derribadas. El sitio estaba cubierto por un bosque de borde de mangle, dominado en un 87,4 % por *L. racemosa*, seguido por *A. germinans* con el 8,5 % y *R. mangle* (4 %). En esta parcela se contabilizaron 199 árboles, para una densidad total de 1992 árboles/hectárea, el efecto de la tormenta fue heterogéneo sobre el arbolado. *L. race-*

mosa fue la especie más afectada por el viento: el 20,6 % de los árboles más pequeños (41) con DAP de 6 cm a 9 cm y altura de 7 m a 10 m quedaron en pie y aunque sufrieron una gran defoliación, tres meses después del meteoro en enero de 1995, la mayoría de estos árboles había recuperado prácticamente la totalidad de las hojas. El 43,7 % de los arboles (87) quedaron con > 20° de inclinación, los fustes presentaban diámetros entre 8,1 cm a 11 cm y alturas de 9 m a 12 m. Debido al grado de inclinación y a la emergencia de las raíces por arriba del nivel del suelo fue posible medir el diámetro y profundidad del sistema radical completo de los árboles de esta localidad. La profundidad y diámetro promedio del sistema radicular varió entre 32 cm y 99 cm. Finalmente, 46 árboles de mangle blanco, los mejor desarrollados y más maduros (23,1 %) fueron rotos por la fuerza del viento, siendo los que presentaban los troncos más gruesos (10,9 cm a 15,8 cm) y los de mayor altura (11,0 m a 15,5 m). En la figura 2, se observa el efecto del meteoro en el bosque de *L. racemosa* en el estero de Cuautla.

En esta parcela sólo se registraron plantas de *L. racemosa* en el piso del bosque, con una elevada densidad de individuos, principalmente en la orilla del canal y hasta 16 m de donde llegaba la inundación de la marea, en esta área se cuantificaron 39 plantas/m² y 5 en el resto de la parcela; la altura de estas plantas, de 1,1 m, era muy uniforme. De un total de 23 490 plantas estimadas en la parcela, la mortalidad de plantas, después del huracán, fue de 59,5 %, logrando sobrevivir sólo 9 514. En la parte posterior de esta parcela se registró que, de los árboles que había en la parcela a *A. germinans*, siete quedaron inclinados y nueve con las ramas rotas; en ningún caso se registró rotura de los troncos, mientras que la profundidad y diámetro promedio de las raíces en esta especie

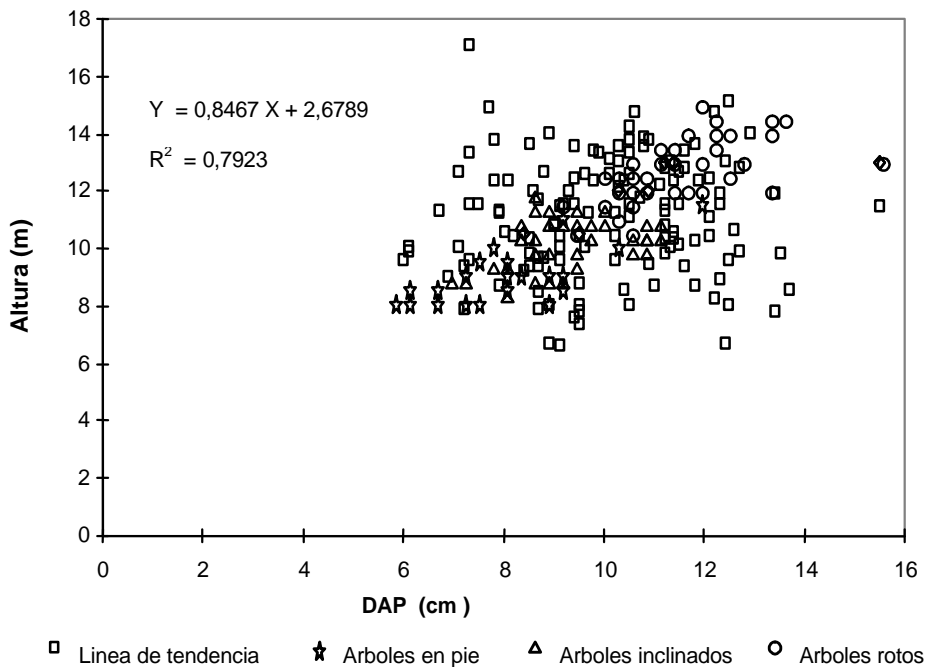


Figura 2. Condición de un grupo de árboles de *L. racemosa* en el Canal de Cuautla, Nayarit en octubre de 1994, después del paso del meteoro.

fue mucho mayor que en las de las otras especies con 69 cm y hasta 297 cm. En *R. mangle*, todos los árboles fueron inclinados, quedando parcialmente expuesto el sistema radical.

La defoliación en todos los árboles fue catastrófica, más de 80 % de las hojas se perdieron, depositándose en el suelo, donde llegaron a formar, junto con los propágulos, frutos y la palizada, una capa de 61 cm de espesor. Cuando el sitio se visitó, ya no estaba lloviendo, sin embargo se registró una temperatura de 33 °C y hasta 90 % de humedad en el aire.

Para estimar la pérdida de madera, se aplicó la ecuación de regresión del volumen de madera para cada una de las

especies cuyos árboles quedaron inclinados o rotos a causa del huracán en cada parcela, las ecuaciones fueron:

A. germinans:

$$\log (V) = -9,06038 + 2,39559 X \log (D)$$

L. racemosa:

$$\log (V) = -8,72393 + 2,36491 X \log (D)$$

R. mangle:

$$\log (V) = -8,92114 + 2,38992 D \log (D)$$

La mayor pérdida de madera en este sitio correspondió a *L. racemosa* con 3,09 m³, seguida por *A. germinans* con 1,09 m³ y *R. mangle* con 0,03 m³; para una pérdida total de 4,21 m³, equivalentes a 42,01 m³/ha. A diferencia de los otros sitios, los árboles de este sitio presentaban fustes

rectos y pudieron ser aprovechados por los habitantes en más de un uso.

Laguna de las Garzas

En este sitio los efectos del meteoro fueron menores debido a la baja densidad de árboles en la parcela (95, equivalentes a 950 árboles/ha), así como al espaciamiento entre ellos a lo largo de la orilla de la laguna y canales cercanos, además, este sitio está ubicado a unos 12 km tierra adentro con respecto al anterior. En esta parcela, la densidad más alta de árboles correspondió a *L. racemosa* con 77 fustes, seguido de *A. germinans* con 18. El mayor daño se registró sobre *L. racemosa*; los árboles más pequeños (24) con un DAP de 4 cm a 9 cm y de 4 m a 8,5 m de altura quedaron de pie; mientras que 28 árboles de 6 cm a 10 cm de diámetro y de 8 m a 10 m de altura sufrieron una inclinación mayor que 20°. Los árboles

inclinados presentaban una profundidad promedio en el sistema radical de 31 cm y un diámetro de la base de 86 cm. El daño más severo provocado por la fuerza del viento se registró en los fustes más altos (altura de 8,5 m a 12,5m) y con los troncos más gruesos (10,2 cm a 15,6 cm). Veinticinco de ellos fueron rotos como se observa en la figura 3. En el análisis de correlación se obtuvo un coeficiente bajo debido a la presencia de un número reducido de clases de edad registradas entre 4 m y 12 m de altura en esta parcela; sin embargo es visible el efecto diferencial del meteoro sobre los árboles con diferente altura y grosor.

En *A. germinans* los árboles presentaron valores de DAP muy heterogéneos (7 cm a 39 cm); así como de altura del arbolado (6,5 m a 12 m); sin embargo el 83 % (15) de ellos presentaron diámetros de 14 cm a 23,5 cm y alturas de 8 m a 11,5 m. En esta especie también se regis-

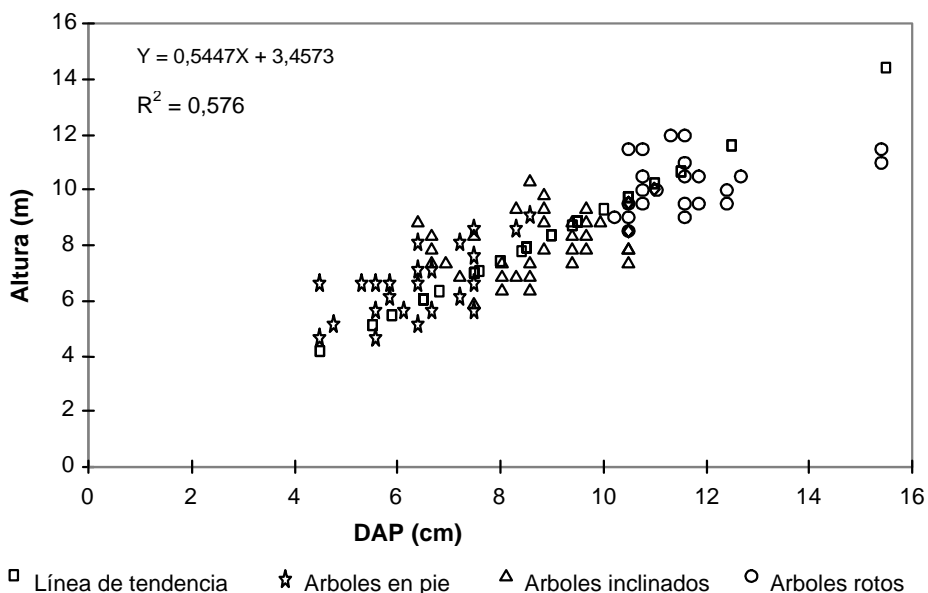


Figura 3. Condición de un grupo de árboles de *L. racemosa* en Laguna de Las Garzas, después del paso del huracán Rosa en octubre de 1994.

traron árboles rotos e inclinados tanto de tamaño pequeño como grande, por lo que no se pudo realizar el análisis de regresión correspondiente. La profundidad y el diámetro del sistema radical en los árboles inclinados fueron de 76 cm y 344 cm, respectivamente. La densidad de plantas en esta parcela fue baja: 6/m² en *L. racemosa*, 1/m² en *A. germinans* y 0,8/m² en *R. mangle*, para un total de 7 800. En esta parcela la mortalidad de plantas provocada por el huracán fue de 27,3 %, quedando 5 671 árboles.

Se registró una gran defoliación en los árboles, principalmente en aquellos que quedaron en pie e inclinados, así como la acumulación de esta biomasa en el piso del bosque. Cuando se realizó el estudio, esta materia estaba en plena descomposición, por lo que el agua del bosque tenía fuerte olor a amoníaco y color café oscuro. En el momento que se produjo el fenómeno, el mangle blanco estaba en la fase final de la caída de propágulos, por lo que se también se registró la acumulación de grandes cantidades de estos en muchos sitios inundados.

La mayor pérdida de madera en esta parcela correspondió a *A. germinans* con 2,4 m³, seguida por *L. racemosa* con 1,1 m³, para una pérdida total de 3,5 m³/parcela, que expresados en hectáreas es de 35,0 m³/ha; esto se debió a que *A. germinans* presentó fustes muy gruesos. En ambas especies cuando los árboles fueron inclinados, estos murieron posteriormente debido a la excesiva insolación sobre los tallos, así como a la exposición de las raíces al aire.

Laguna de Chauín

El sitio está ubicado a unos 10,5 km al norte de estero de Cuautla, como se observa en la figura 1. Existía una cober-

tura de 51 % de árboles de *L. racemosa*, seguido por *A. germinans* con 36,1 % y finalmente *R. mangle* con 12,8 %, para un total de 75 árboles en la parcela y una densidad absoluta de 750 arboles/ha. Teinta y siete árboles de mangle blanco quedaron en pie, no obstante que presentaban DAP (10,8 cm a 26,8 cm) y alturas (11 m a 20 m) muy superiores a los sitios anteriores. Únicamente en dos árboles se pudo estimar la profundidad y diámetro del sistema radical (38 cm y 103 cm), mientras que sólo 10 árboles fueron rotos, siendo los más altos (17 m a 22 m) y con los troncos mejor desarrollados (12,6 cm a 34,5 cm). En *A. germinans*, de un total de 26 árboles; sólo los más delgados (11) con DAP de 17,5 cm a 34,8 cm y alturas de 8 m a 11 m quedaron en pie. Los árboles más gruesos fueron rotos todos, con DAP de 26,4 cm a 79,4 cm y alturas de 11 m a 15 m. Las pocas mediciones del sistema radical en *A. germinans* fueron profundidad de 89 cm y diámetro de 390 cm. La figura 4 ilustra el efecto del meteoro en los árboles de *A. germinans* y *L. racemosa* en este sitio. En la laguna de Chauín los árboles de *R. mangle* (2) sólo fueron ligeramente inclinados, la profundidad y diámetro del sistema radical fueron de 54 cm y 202,2 cm, respectivamente. La densidad de plantas registrada para las tres especies fue de 1,4 árboles/ha en *L. racemosa*, 1,02 árboles/ha en *R. mangle* y 0,3 árboles/ha en *A. germinans*, para un total de 2 720 plantas, de las cuales murió 67 %, quedando 898 árboles.

La pérdida de madera fue mucho mayor que en los sitios anteriores, debido al grosor de los fustes y a la altura de los árboles. La menor cantidad correspondió a *R. mangle* con 0,29 m³, seguido por *L. racemosa* con 1,68 m³, mientras que para *A. germinans* la pérdida de madera se estimó en 8,4 m³, con un total en la parcela de 10,37m³, equivalentes a 103,7m³/ha.

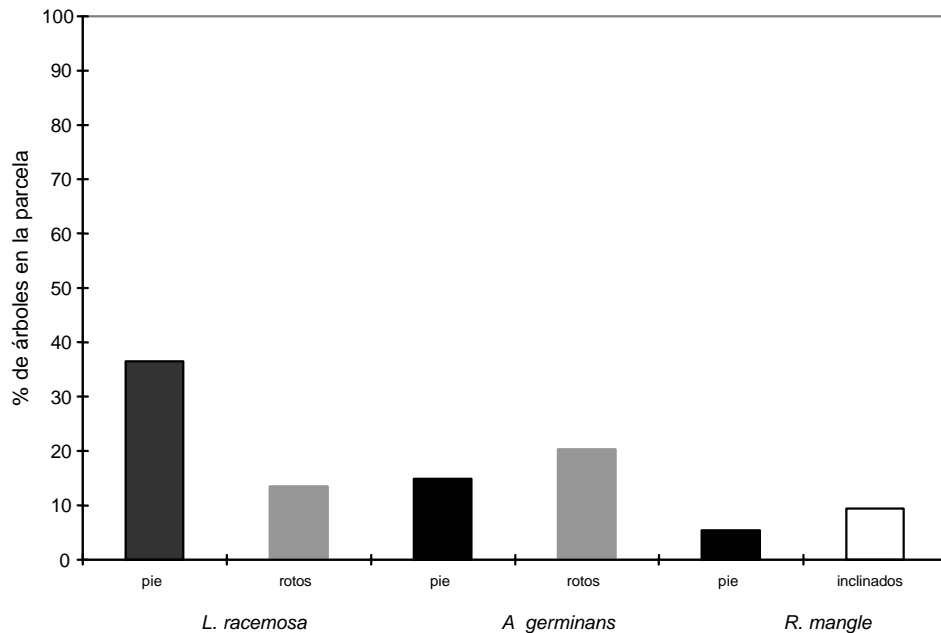


Figura 4. Impacto del huracán Rosa sobre un bosque de manglar mixto ubicado en Laguna de Chauín a una distancia aproximada de 10,5 kilómetros del canal de Cuautla.

DISCUSIÓN

Mucho se ha discutido sobre el efecto de los huracanes sobre la salud, sucesión, disturbio e incluso cómo una presión de selección natural en muchos bosques de las zonas tropicales y subtropicales del Caribe, el Golfo de México y el Atlántico de América (Crow, 1980; Lugo y Brown, 1981; Weaver, 1989; Gresham *et al.*, 1991; Tanner *et al.*, 1991; Roth, 1992; Imbert *et al.*, 1996); sin embargo este tipo de investigaciones son casi nulas para las costas del Pacífico, donde suceden en promedio hasta 22 ciclones/año (Prieto, 1993). Los huracanes y tormentas tropicales afectan anualmente por igual bosques de selvas lluviosas, selvas arbustivas, selvas secas, palmares, bosques de cipreses y de pinos y manglares. De acuerdo con Gresham *et*

al., (1991), las especies de árboles que son más resistentes al embate de los huracanes son aquellas encontradas sobre la planicie costera en relación con aquellas localizadas tierra adentro, esto se debe a la frecuencia de estas perturbaciones a lo largo del tiempo; Ewel (1980) observó que los bosques secos y semi-secos de las zonas de planicies tienen una amplia capacidad a recuperarse rápidamente después de una tormenta.

En la Costa Norte de Nayarit, constituida por una extensa planicie de inundación de más de 150 000 ha, el efecto del huracán Rosa fue más severo sobre *L. racemosa* y *A. germinans*, mientras que en *R. mangle* el número reducido de árboles en cada una de los sitios impidió cuantificar adecuadamente este fenómeno. El estado final del arbolado

después del meteoro estuvo relacionado con cinco factores: altura, DAP, densidad de árboles en cada sitio, profundidad y diámetro del sistema radical; este efecto se observó claramente para *L. racemosa* pero fue menos visible para *A. germinans*. En el caso del mangle blanco, de un total de 288 árboles en los sitios estudiados, 31,9 % (92) quedaron en pie; 39,9 % (115) quedaron inclinados, mientras que 28,1 % (81) fueron rotos. En contraste, de los 52 árboles registrados de *A. germinans*, 18 (35,2 %) árboles quedaron en pie, 6 (13,8 %) fueron inclinados y 27 (50,9 %) fueron derramados, como se observa en la Tabla 1.

Para *L. racemosa*, los árboles de alturas menores de 10 m de, con DAP menores de 10,8 cm, resistieron mejor la fuerza del huracán debido a que presentaban gran flexibilidad en los tallos y una copa muy estrecha (< 77 cm), es factible que aún cuando estaban ubicados frente

a la laguna resistieron mejor el impacto del viento debido a que formaban una masa compacta en un sólo dosel. Adicionalmente, estos árboles presentan un sistema radical de poco diámetro y poco profundo, únicamente perdieron gran cantidad de hojas por la fuerza del viento. Una situación semejante fue observada por Imbert *et al.* (1996) y Horvitz y Koop (2001), en Guadalupe, Indias Occidentales y Florida, en EUA, sobre el efecto del paso de los huracanes Hugo y Andrew en dos bosques terrestres en septiembre y agosto de 1989 y 1992, con vientos sostenidos de hasta 230 km/h y 200 km/h, respectivamente. En estos bosques, las especies de árboles nativas, con tallas de 7 m a 13 m y DAP de 15 cm a 65 cm, resistieron mejor el embate del viento, sufriendo únicamente una severa defoliación.

Por el contrario, Imbert *et al.* (1996) en bosques de mangle en el Caribe, registraron una gran mortalidad para *R.*

Tabla 1. Características y estado final de los árboles por especie en las tres parcelas, después del huracán en octubre de 1994

ESTADO DE LOS ÁRBOLES	NÚMERO ¹	ALTURA (m)	DAP (cm)	DIÁMETRO ²	PROFUNDIDAD ²
<i>L. racemosa</i>					
Árboles en pie	92	5 – 10	4,5 – 10,8		
Árboles inclinados	115	9 – 12	7,2 – 12,5	96,0	33,6
Árboles rotos	81	11 – 22	10,1 – 34,5		
<i>A. germinans</i>					
Árboles en pie	18	6 – 8,5	10,5 – 30,5		
Árboles inclinados	6	9 – 10	20 – 39,5	343,2	78,1
Árboles rotos	27	10 – 14,5	21,5 – 69,4		

1 Número total de árboles

2 Diámetro y profundidad promedio del sistema radical (cm) cuantificado sólo en árboles inclinados

mangle en árboles de tallas menores (5 cm a 15 cm de DAP) en un bosque de borde y cuenca, similares a los evaluados en este estudio en el estero de Cuautla y la laguna de Chahuín. En este mismo sitio, los árboles que fueron inclinados eran, en promedio, 2 m más altos y hasta 1,7 cm más gruesos y presentaban un sistema radical más ancho (91,7 cm) y más profundo (32,9 cm), con copas con diámetros mayores (81 cm a 93 cm). Estos árboles ofrecían mayor resistencia al viento y a la vez presentaban una menor flexibilidad en los troncos. En Florida, Kwit *et al.* (2000), observaron que la resistencia de los árboles se acentuaba a medida que los fustes eran mayores a 12 m de altura con DAP mayores de 23 cm. En Nayarit, todos los árboles de *L. racemosa* rotos en su totalidad, eran hasta 10 metros más altos y 22 cm más gruesos y tenían copas más grandes (189 cm a 295 cm) y seguramente poseían un sistema radical mucho más profundo y amplio que los casos anteriores, lo cual ofrecía una gran resistencia y nula flexibilidad de los troncos al embate del viento; esto mismo se observó en un bosque de pinos en Carolina del Sur en EUA después del paso del huracán Hugo en 1989; los efectos más letales, se observaron en los individuos con los fustes más altos y más gruesos (Gresham *et al.*, 1991). La altura y grosor de los tallos, tiende a ser un factor adverso para la permanencia en pie de los árboles después de un meteoro de cualquier magnitud, esto se ha demostrado tanto en bosques de selvas lluviosas, como en los de pino y en manglares (Craighead y Gilbert, 1962; Boucher, 1990; Reilly, 1991; Tanner *et al.*, 1991; Roth, 1992; Imbert *et al.*, 1996; McCoy *et al.*, 1996; Swiadeck, 1997; Sánchez e Islebe, 1999; Kwit *et al.*, 2000). Debido a esto los fustes en la mayoría de las veces fueron rotos por la mitad (entre 5 m y 11m de altura).

Una tendencia semejante se observó en *A. germinans* (Tabla 1), en esta especie la poca altura de los árboles (< 14,5 m), el grosor de los fustes (10,5 cm a 69,4 cm), la amplitud del sistema radical (343 cm) y la profundidad de las raíces (78,1 cm) fueron determinantes para una mayor resistencia de los árboles al viento, como se demostró por el limitado número de árboles que fueron inclinados en contraste con los de mayores dimensiones que resultaron rotos todos; Imbert *et al.*, 1996, mencionan que en esta especie, a medida que los árboles eran más gruesos y más altos, la mortalidad era total. El número reducido de árboles de esta especie en los sitios de estudio, limitó un análisis más detallado.

Se registró una gran erosión del suelo en el borde del bosque con la laguna, lo cual facilitó la caída de muchos árboles hacia el estero. Además, la caída de los árboles provocó una gran mortalidad de plántulas con más de un año de desarrollo en el piso del bosque. La mortalidad de estas plántulas aparentemente es muy grave para los manglares después del paso de un meteoro, sin embargo como sucedió en este caso, tres meses después del evento se registró una gran cantidad de plantas de *L. racemosa* germinando en los sitios que estaban descubiertos.

CONCLUSIONES

Desde 1960, cuando el huracán Adriana afectó una área de manglar al sur del sitio de estudio, no se había presentado un fenómeno semejante sobre la costa norte de Nayarit, el huracán fue un evento impresionante que afectó alrededor de 450 ha de manglar; según los pobladores locales esto era desconocido para ellos. La mayor afectación se

presentó en los sitios más cercanos a la deriva del meteorito: la laguna de Chauín y el estero de Cuautla.

Los árboles más pequeños de *L. racemosa* que formaban masas compactas en un sólo dosel pudieron resistir mejor la fuerza del viento, debido a la flexibilidad de los tallos, la presencia de copas muy angostas y a una elevada densidad de árboles, a cambio de este esfuerzo se registró una gran defoliación.

Debido a una menor flexibilidad de los tallos y a un mayor diámetro de copas, los conjuntos de árboles más altos y más gruesos, ubicados en la parte posterior de los canales, sometidos a las mismas condiciones, resultaron inclinados.

Los árboles con alturas mayores de 10 m y con DAP más de 12 cm, de *L. racemosa* y *A. germinans* fueron vulnerables a ser derramados o rotos por el viento, estando asociados o dispersos entre otros doseles del bosque.

La capacidad de regeneración de los manglares afectados en esta región fue muy rápida, tres meses después del paso del meteorito, hasta el 85 % de los árboles que fueron defoliados había recuperado las hojas; mientras que el 75 % de los fustes inclinados habían recuperado la vertical.

REFERENCIAS

- Armentano, T.V.; R.F. Doren; W.J. Platt y T. Mullins. 1995. Effects of hurricanes Andrew on coastal and interior forests of South Florida: overview and synthesis. *Journal Coastal Research* 21:111-145.
- Berke, P.R.; T. Beatley y C. Feagin. 1993. Hurricane Gilbert strikes Jamaica: linking disaster recovery to development. *Coastal Management* 21:1-23.
- Blair, S.M.; T.L. McIntosh y B.J. Mostkoff. 1994. Impacts of hurricane Andrew on the offshore Reef systems of Central and Northern Dade County, Florida. *Bulletin Marine Science* 54(3):961-973.
- Blasco F.; E. Janodet y M.F. Bellan. 1994. Natural hazards and mangroves in the Bay of Bengal. *Journal of Coastal Research Special Issue No. 12: Coastal Hazards: 277-288.*
- Boswell, M.R.; R.E. Deyle y R.A. Smith. 1999. A quantitative method for estimating probable public costs of hurricanes. *Environmental Management* 23(3):359-372.
- Boucher, D.H. 1990. Growing back after hurricanes. *Bioscience* 40(3):163-166.
- Brokaw, N.V. y J.S. Grear. 1991. Forest structure before and after hurricane Hugo at three elevations in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Biotropica* 23:386-392.
- Chon, P.W. 1989. manejo integrado de ecosistemas de manglares en la reserva forestal Guanabacoa Cuba. Programa de Cooperación Técnica. Documento de Campo 1, (FO:TCP/CUB/ 8851). Roma. 138 p.
- Craighead, F.C. y V.C. Gilbert. 1962. The effects of hurricane Donna on the vegetation of Southern Florida. *Q.J.Fla. Acad. Sci.* 25:1-28.
- Crow, T.R. 1980. A rain chronicle: 30 year record of change in structure and composition at El Verde, Puerto Rico. *Biotropica* 12:42-55.
- Ewel, J. 1980. Tropical Succession: manifold routes to maturity. *Biotropica Supplement No. 2 Vol. 12:2-7.*

- Gray M.W. 1990. Strong association between West African rainfall and U.S. landfall on intense hurricanes. *Science* 249, September:1251-1256.
- Gresham, C.A.; T.A. Williams y D.J. Lipscomb. 1991. Hurricane Hugo wind damage to Southeastern U.S. Coastal forest tree species. *Biotropica* 23(4a):420-426.
- Horvitz C.C. y A. Koop. 2001. Removal on nonnative vines and post-hurricanes recruitment in tropical hardwood forest of Florida. *Biotropica* 33(2):268-281.
- Imbert D.; P. Labbé y A. Rousteau. 1996. Hurricane damage and forest structure in Guadeloupe, French West Indies. *Journal of Tropical Ecology* 12:663-680.
- Jáuregui E., J. Vidal y F. Cruz. 1980. Los ciclones y tormentas Tropicales en Quintana Roo Durante el Periodo 1871-1978. *In: Memorias del Simposio Quintana Roo: Problemática y Perspectivas*. Instituto de Geografía. UNAM-CIQRO. Cancún, México. p:47-64.
- Kwit Ch.; W.J. Platt y H. H. Slater. 2000. Post-hurricane regeneration of pioneer species in South Florida subtropical hardwood hammocks. *Biotropica* 32(2):244-251.
- Loyche, M. y C.L., Amadou. 1989. A tentative table volume for the mangrove of Sierra Leone. Field Document 7. FAO/UNDP Project SIL/88/008. Freetown, Sierra Leone. 123p.
- Lugo, A.E. y S. Brown. 1981. Ecological monitoring in The Luquillo Forest Reserve. *Ambio* 10:102-107.
- McCoy E.D.; H.R. Mushinsky; D. Johnson y W.E. Meshaka Jr. 1996. Mangrove damage caused by hurricane Andrew on the Southwestern Coast of Florida. *Bulletin Marine Science*, 59(1):1-8.
- Ogden, J.C., 1992. The impact of hurricane Andrew on the ecosystems of South Florida. *Conservation Biology* 6:488-492.
- Prieto, R.G. 1993. Trayectoria de los ciclones tropicales 1984-993. Tesis. Centro de Ciencias de la Atmósfera y Facultad de Ciencias. UNAM. México. 190 p.
- Reilly A.E. 1991. The effects of hurricane Hugo in three tropical forests in the U.S. Virgin Islands. *Biotropica* 23(4a):414-419.
- Rodríguez C.; G.C. Vera; A. Carrillo; J. Chavelas; P. Escoto y L. Parraguirre. 1989. Evaluación de daños en el area afectada por el huracán Gilberto y el incendio ocurrido en el presente año. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Inédito, México.
- Roth, L.C. 1992. Hurricanes and mangrove regeneration: effects of hurricane Joan, October 1988, on the vegetation of Isla del Venado, Blufields, Nicaragua. *Biotropica* 24:375-384.
- Sánchez S. O. y G.A. Islebe. 1999. Hurricane Gilbert and structural changes in a tropical forest in South-Eastern México. *Global Ecology and Biogeography* 8:29-38.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1998. Deriva de los principales meteoros: tormentas tropicales y huracanes que impactaron las costas de México, durante la última década. (datos en crudo sin correcciones)

- (Inédito). Comisión Nacional del Agua. 121p.
- Smith, T.J.; M.B. Roblee; H.R. Wanless y T.W. Doyle. 1994. Mangrove, hurricanes, and lightning strikes. *BioScience* 44:256-262.
- Stoddart, D.R. 1971. Coral reefs and islands and catastrophic storms. *In*: Steers J.A. (Ed.), *Applied coastal geomorphology*. Londres. Mcmillan. pp:155-197.
- Stone, G.W.; J.M. Grymes III; J.R. Dingle y D.A. Pepper. 1997. Overview and significance of hurricanes on the Louisiana Coast, U.S.A. *Journal of Coastal Research* 13(3):656-669.
- Swiadek, J.W. 1997. The impacts of hurricane Andrew on mangrove coasts in Southern Florida: a review. *Journal of Coastal Research* 13(1):242-245.
- Tanner, E.V.J.; V. Kapos y J.R. Realey. 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the Caribbean. *Biotropica* 23(4^a):513-521.
- Tilmant J.T.; R.W. Curry; R. Jones; A. Szmant; J. C. Ziemann; M. Flora, M.B. Roblee; D. Snith, R.W. Snow y H. Wanless. 1994. Hurricane Andrew's effects on marine resources. *BioScience* 44(4):230-237.
- Tovilla H., C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 368 p.
- Weaver, P.L. 1989. Forest changes after hurricanes in Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Interciencia* 14:181-192.
- Webb, C.A.; D.M. Bush y R.S. Young. 1997. Property damage mitigation lessons from hurricane Opal: The Florida Panhandle Coast, October 4, 1995. *Journal of Coastal Research* 13(1):246-252. ♦

Manuscrito recibido el 2 de octubre de 2003.

Aceptado el 14 de marzo de 2004.

Este documento se debe citar como:

Tovilla H., C. y D.E. Orihuela B. 2004. Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la costa norte de Nayarit, México. *Madera y Bosques* Número especial 2:63-75.