

Monitoreo de regeneración en áreas impactadas por Huracán Carlota

Los huracanes son considerados importantes dentro del ciclo de renovación de la vegetación. La caída de árboles que estos propician permite la formación de claros en el dosel, y la germinación y crecimiento de las diferentes especies de árboles nuevos; la caída masiva del arbolado podría también incrementar incendios con la madera muerta presente en el sotobosque. Roth (1992), realizó un estudio antes y después del huracán Joan en 1988 sobre los bosques de manglar en Isla del Venado, Nicaragua y concluye que afecta negativamente en el Índice de Complejidad de Holdridge, aunque promueve la regeneración potencial de todas las especies de mangle allí presente. Por otro lado, la vulnerabilidad a eventos meteorológicos aumenta debido al blanqueamiento de los corales y la pérdida de manglares, haciendo de las costas, zonas más propensas a inundaciones (Mark 2006).

Con el objetivo de identificar la velocidad de regeneración del bosque, seis meses posteriores al huracán “Carlota” en tres sistemas lagunares: La Ventanilla, La Vainilla y El Tomatal en la costa de Oaxaca, México, se realizó un seguimiento de la regeneración natural del manglar en los tres sitios. El seguimiento consistió en 4 monitoreos en las zonas afectadas por el evento meteorológico. Iniciando en noviembre del año 2012, continuando en abril y octubre 2013, finalizando en abril del 2014. El monitoreo se diseñó realizando el monitoreo en 5 módulos para La Ventanilla y cuatro para las otras localidades, cada unidad de monitoreo de $4 \times 4 \text{m} = 16 \text{m}^2$ denominadas “Parcelas”, cada módulo estaba conformado por cuatro parcelas.

A continuación, se describen los sistemas lagunares monitoreados y los resultados concisos.

- **Sistema lagunar La Ventanilla, Oaxaca**

Este sistema lagunar de aproximadamente unas 270 hectáreas, hasta antes del paso del huracán “Paulina” en octubre 1997, la mayor parte de esta área está cubierta por bosque de mangle, en la parte interna de la laguna existía una cobertura muy densa de mangle rojo o *Rhizophora mangle*; con algunos árboles de hasta 42 metros de altura, con promedio de 32m de altura; mientras que frente a la playa, existía una asociación de mangle blanco o *Laguncularia racemosa*, con *R. mangle*, en algunos sitios aparecía *Avicennia germinans*. En esta área la franja de mangle era en promedio de unos 18m de altura, finalmente frente a la playa existía una franja de duna costera de entre 45 y 70 metros de ancho. El sitio es alimentado por el Oeste por el Río Tonameca; mientras que por la parte Norte el bosque de mangle es alimentado por el arroyo de Santo Domingo. Después del paso de este huracán el manglar prácticamente fue eliminado hasta en un 80% del arbolado. Posteriormente en 1998, con el apoyo de la “Cooperativa Ecoturística de La Ventanilla”, se iniciaron labores de reforestación por medio de la siembra directa de propágulos de *R. mangle*, inicialmente se reforestaron 1.2 hectáreas, posteriormente con la asesoría de Ecosur, se reforestaron otras 3.6 ha, para completar 4.8 hectáreas en cuadros de $50 \times 50 \text{m}$, a una densidad de 10,000 propágulos/ha, separando cada cuadrado por un canal de 5m de ancho y 1m de profundidad. A lo largo de los siguientes 13 años la vegetación de mangle se fue recuperando hasta alcanzar una

altura de 15m en 2010, cuando se inició este estudio. La densidad del arbolado cuando se realizó el primer monitoreo era de 4250 árboles/ha. De este bosque durante 2009 y 2011 se realizaron dos monitoreos (Tovilla et al 2010, 2012). En junio de 2012 el huracán “Carlota”, eliminó hasta un 69% del arbolado (Ruiz-Bruce et al 2013), quedando el duelo cubierto por gran cantidad de madera en un espesor de hasta 3 a 4 m de altura, igualmente todos los flujos de agua fueron obstruidos por la palizada, lo cual dificultaba la entrada de agua del mar hacia el sistema. En 2012 con el paso del huracán “Carlota”, la totalidad del arbolado fue derramado o derribados en el caso de *R. mangle*; mientras que para *L. racemosa* gran cantidad del arbolado frente al mar solo fue inclinado, por lo que en los siguientes meses buena parte del arbolado juvenil se recuperó completamente.

Módulo 1

Se registró a *Rhizophora mangle* como la especie dominante en toda el área monitoreada, con un porcentaje promedio de 96.51% y densidad promedio de 12 968 ind/ha, seguido de *Laguncularia racemosa* con 3.49% y 468 ind/ha. Se registró una disminución de la densidad en cada una de las Parcelas monitoreadas, como en la parcela uno, con una densidad inicial de 3594 ind/ha, finalizando con una densidad de 625 ind/ha. Se registró un aumento en el diámetro promedio de las plántulas vivas. La parcela 2 y 3 presenta un diámetro constante en los primeros tres monitoreos; la parcela 4 presenta aumento de diámetros en los individuos sobrevivientes. La altura promedio de las plantas paso de 31 a 196 cm y un diámetro promedio de 0.48 a 2.45cm de grosor en los tallos. El estrés provocado por la excesiva insolación del sitio provocaba cambios muy significativos en los cinco parámetros ambientales monitoreados: temperatura del suelo, salinidad intersticial, humedad ambiental, pH y nivel de inundación del suelo. En el caso de la temperatura promedio del suelo medida a 25cm de profundidad, este parámetro varió en lluvia a secas de 29.5 a 30.7°C; mientras que la salinidad varió fuertemente entre lluvias y secas de 42.1 a 48.6UPS salinidades críticas principalmente en el estiaje donde en algunos sitios este factor fue ≥ 55 UPS; por otro lado la humedad ambiental varió de 60.9 a 75.2%, este factor asociado a la salinidad provocó una elevada mortalidad entre los dos primeros monitoreos provocando hasta un 55% de mortalidad entre las plantas. El pH, registró cambios marcados en el suelo de 8.1 a 8.8; por último el nivel de inundación del suelo cambió de 7.5 a suelo seco; incluso el manto freático en la época de secas se registró por abajo del suelo hasta una profundidad de hasta 75cm, situación que asociada a la salinidad derivó en una elevada mortalidad de las plántulas. La mortalidad en las plántulas al inicio del monitoreo fue muy elevada, por cada planta viva se registraron hasta dos plantas muertas. Incluso de las plántulas vivas inicialmente medidas, solo un 17% sobrevivieron después de 560 días que duró el monitoreo.

Módulo 2

Se reportó como especie dominante a *L. racemosa*, con un porcentaje de 62.5% y una densidad promedio de 781 ind/ha, seguido de *R. mangle* con 37.5% y una densidad promedio de 781 ind/ha. En el área afectada se observó gran deterioro de la vegetación, a consecuencia de esta situación solo se reporta regeneración para las primeras dos parcelas, con densidades que van de 459 y 156

ind/ha; la altura paso de 6 a 135 cm y los diámetros cambiaron a lo largo del periodo de 0.5 a 1.7 cm. Los factores ambientales medidos en este módulo indican una temperatura promedio de 29°C en el suelo; mientras que la salinidad cambió entre lluvias y secas de 45 a 46.2UPS, así mismo la humedad ambiental registro cambios desde 73.2-63.6%, mientras que el pH observó cambios marcados entre lluvias y secas de 8.6 a 8.9; finalmente el nivel de inundación del suelo registro cambios muy marcados, pasando de 11.5 en lluvias a suelo seco, con un promedio de profundidad del manto freático de -66.5cm. Estos cambios tan marcados en los factores ambientales en el suelo, provocaron que con excepción de las parcelas 1 y 2, en el resto de los sitios todas las plantas estaban muertas durante todo el monitoreo, incluso en algunos sitios se observó la presencia a algunas plantas halófitas estrictas como *Batis sp.* y *Suaeda sp.*

Módulo 3

La especie dominante fue *R. mangle* con 91.9% con una densidad promedio de 7031 ind/ha, seguido de *L. racemosa* con un 8.2 % y densidad promedio de 625 ind/ha. Existe una disminución de la densidad por mortalidad de plántulas, con 2188 ind/ha y 1250 ind/ha en el primer monitoreo hasta 313 y 156 ind/ha para el cuarto monitoreo. Los diámetros reportados durante el primer monitoreo son de 0.3 y 0.6 cm a 2.6 cm. Se registró una altura promedio de 30 a 232 cm. Como en el resto de los sitios o parcelas los factores ambientales observaron cambio marcados entre lluvias y el estiaje, la temperatura en el suelo paso de 28.9 a 30.8°C; la salinidad de 42.1 a 48UPS, mientras que la humedad ambiental promedio paso de 73.9 a 61.4%, el pH 8.2 a 8.9, por último en este módulo el nivel de inundación del suelo entre lluvias y secas fue de 8.3cm a suelo seco, mientras que el manto freático se localizó en el estiaje a-55cm de profundidad promedio. En este módulo con excepción de la parcela 4, en las tres restantes se registró mortalidad total de todas las plantas, condición extrema en la parcela 3 donde en ninguno de los monitoreos hubo plantas vivas.

Módulo 4

No se registró crecimiento de plántulas en ninguno de los monitoreos. Este es el sitio que está dentro del área donde mayor acumulación de restos de troncos y palizada había posterior a un año y medio del paso del huracán, debido a ello se obstruyo los flujos de agua al sitio, la mínima lámina de agua que había se calentaba fuertemente durante las horas del día, debido a ello las pocas plantas que se desarrollaban se secaban inmediatamente. Los parámetros ambientales en el sitio fluctuaron así, la temperatura promedio del suelo cambio entre lluvias y secas: 29.7 a 31.2°C, mientras que la salinidad promedio cambió entre lluvias y secas 46.7 a 49.3UPS, así la humedad cambio de 70.32 a 59.31%, el pH se modificó 8.1 a 8.7; finalmente la inundación del suelo fue de 5 a suelo seco, registrando una profundidad promedio del manto freático de -89cm.

Módulo 5

La especie dominante fue *L. racemosa* con 77.5% y densidad promedio de 14,531 ind/ha, seguida de *R. mangle* con un porcentaje promedio de 22.5% y densidad promedio de 4218 ind/ha. Se registró una disminución por mortalidad, principalmente en *L. racemosa*, de 5625 ind/ha a 469 ind/ha, y de *R. mangle* con 1250 ind/ha a 313 ind/ha. El diámetro mínimo reportados variaron desde 0.32 hasta 2.4 cm; mientras que la altura para la especie dominante *L. racemosa* varió de 10.6 a 252.3cm; mientras que en la especie asociada *R. mangle*, la altura cambio de 27 a 232.5; mientras

que el grosor de los tallos varió 0.65 a 2.95 cm. Este sitio está situado más cercano a la playa sobre un antiguo bosque de *L. racemosa*. Los cambios en los factores ambientales más importantes en el suelo y el ambiente fueron marcados: la temperatura en el suelo varió de 27.4 a 30°C, la salinidad intersticial 35- 39UPS; así mismo la humedad ambiental cambió de 77.5 a 61.4% entre las lluvias y el estiaje; mientras que el pH se modificó así 7.5 a 8.05, finalmente el nivel promedio de inundación del suelo varió de 7.5cm en lluvias, a suelo totalmente seco en el estiaje; mientras que el manto freático se registró a -59cm de profundidad en secas. En todas las parcelas con excepción de la parcela 1, en el resto en los últimos monitoreos las plantas estaban muertas, siendo extremo en la parcela 4, donde en todo tiempo las plantas estaban muertas; incluso en la parcela 2 en el último monitoreo las plantas fueron taladas completamente. En muchos de los sitios donde no había crecimiento de plántulas de mangle el sitio se llenó de *Tipha* sp. y *Cyperáceas* sp.

- **Sistema Lagunar Vainilla, Oaxaca:**

Este sistema lagunar estaba constituido hasta antes del huracán “Carlota” por bosques de mangle de 4 a 8m de altura, siendo *L. racemosa* la especie dominante sobre *A. germinans* y *R. mangle*. En la periferia del manglar hacia la playa existen algunas áreas extensas de halófitas estrictas como *Batis* sp., *Salicornia* sp. y *Suaeda* sp., llegando a constituir áreas de marismas con elevada salinidad en el suelo.

Módulo 1

El módulo está ubicado cercano a la playa en la parte Oeste del sistema lagunar. La especie dominante fue *L. racemosa* con un porcentaje de 91.3 % y densidad promedio de 18,125 ind/ha, seguido de *Avicennia germinans* con 9.4% y 1875 ind/ha. Se observa una disminución en la densidad de las especies, principalmente *L. racemosa* dentro de la parcela 1 y 3, así como un incremento constante 0.69 a 3.1cm en el diámetro de los arbustos. Los datos de alturas permiten observar un crecimiento constante en las plántulas desde un mínimo 48.4 a 309.5cm desde el primer monitoreo, hasta finalizar la evaluación. Los factores ambientales como la temperatura en el suelo fluctuaron desde 26.9 a 30.5°C; así como la salinidad intersticial varió de 38.25 a 46.1UPS, por otro lado la humedad ambiental varió desde 77.5 a 59.5%, así mismo el pH, varió en el suelo entre lluvias y secas de 7.5 a 8.7, finalmente el nivel de inundación del suelo entre lluvias y secas varió de 5.9cm a suelo completamente seco, en promedio el manto freático durante el estiaje se ubicó a -85cm de profundidad. En todas las parcelas al principio se registró una elevada mortalidad en las plántulas, siendo crítico en la parcela 4, donde de cada planta viva había hasta 5 plantas muertas. En este módulo se registró una gran extracción de varas de mangle blanco, principalmente el aprovechamiento se realiza a partir de que los arbustos alcanzaron 2.5cm., como se observó en las parcelas 1, 2, 3 y 4.

Módulo 2

Este sitio está ubicado en la parte norte del sistema lagunar, a pesar de tener una asociación de *L. racemosa*-*A. germinans*, en ninguna de las parcelas se registraron plántulas de mangle negro. Como en otras parcelas en este sitio se observó una elevada mortalidad en todos los sitios, muy pocas

plantas se registraron al final del último monitoreo. La especie dominante es *L. racemosa* con 89.7% y densidad promedio de 7586 ind/ha, seguida de *A. germinans* con 10.3 % y densidad promedio de 862 ind/ha. Los diámetros en las plantas oscilaron entre 0.36 hasta 4.3cm, en la parcela tres se registró un incremento muy marcado en las alturas de los individuos. La altura vario desde 10 hasta 442 cm. En la parcela cuatro no se registraron presencia y crecimiento de plántulas. Los factores ambientales variaron en este módulo fuertemente como es: la temperatura del suelo varió entre las lluvias y secas de 27.5 a 30.5°C, la salinidad del suelo cambió de 39.3 a 47.8UPS; mientras que la humedad ambiental registro un cambio notable entre lluvias y secas: 77.1 a 55.9%; mientras que el pH se modificó de 8 a 9; finalmente el nivel de inundación del suelo cambió de 7.8cm a suelo completamente seco, y donde el nivel promedio de la profundidad del manto freático fue de -93cm

Módulo 3

El módulo está ubicado en la parte sur del sistema lagunar. Presenta una dominancia de *L. racemosa* con el 92.7% de plántulas seguido de *A. germinans* con 4.5%, en el caso de *A. germinans* y *L. racemosa* se registró una densidad de 379 ind/ha, y para *R. mangle* una densidad de 862 ind/ha. La densidad promedio de las parcelas 1 y 2 presentan una disminución notable que va de 2656 y 781 ind/ha, a 1094 y 313 ind/ha, mientras que la densidad en plántulas de *A. germinans* de la parcela tres mantiene su escasa densidad en las cuatro fechas de monitoreo. La altura promedio de las plantas varió a lo largo del monitoreo desde 21.9 hasta 310cm, con pocas plantas alcanzaron los cuatro monitoreos; así mismo el grosor de los tallos de las plantas se modificó desde 0.46 hasta 3.15cm. Gran parte de la mortalidad es el resultado de la variación de los factores ambientales, la temperatura promedio del suelo cambió entre lluvias y secas de 27.4 a 29.3°C; por el contrario la salinidad intersticial se modificó entre lluvias y secas de 41 a 46UPS; mientras que la humedad ambiental registró los siguientes datos: 79.6 a 57.1%, en el caso del pH se modificó así 8.1 a 8.7; mientras que el nivel de inundación del suelo varió de 8.2cm hasta suelo completamente seco durante el estiaje; mientras que la profundidad promedio del manto freático se ubicó a -81cm.

- **Sistema Lagunar Tomatal, Oaxaca:**

En este sistema lagunar solo se estableció un módulo debido a que en el resto de los sitios no se registraron plántulas en el suelo seis meses posteriores al paso del meteoro. En este módulo se registró una asociación entre *L. racemosa* y *A. germinans* en las parcelas 1 y 2; mientras que en la parcela 3, solo se registró a *L. racemosa* en el sitio; por el contrario en la parcela cuatro la asociación fue de *A. germinans-L. racemosa*. La especie dominante en el sistema es *L. racemosa* con un porcentaje de 62.6 % y una densidad promedio de 85625 ind/ha, la segunda especie es *A. germinans* con 37.4% y una densidad promedio de 51250 ind/ha. Se estima una disminución en la densidad de plántulas debido principalmente a los cambios en temperatura y salinidad; el diámetro de las plantas observó un aumento gradual de 0.23 hasta 2.45 cm en el último monitoreo, mientras que el promedio de alturas varió desde 5.6 hasta 180.3 cm, al finalizar el estudio. Los factores ambientales se modificaron de la siguiente manera. Temperatura 26.8 a 28.8°C, así mismo la salinidad en el suelo varió de 42 a 46 entre la época de lluvias y secas; mientras que la humedad

ambiental paso de 79.8 a 53.6%, el pH, vario de 8.1 a 8.4 y finalmente el nivel de inundación del suelo varió de 5cm en lluvias a suelo seco en el estiaje; mientras que el manto freático se ubicó a una profundidad de .157cm por abajo del nivel de la superficie, algo extraordinario y en un suelo arenoso-arcilloso.

Bibliografía

Mark de Souza, R., 2006. En peligro: Huracanes, tendencias demográficas y cambios ambientales. Population Reference Bureau.

Roth, L. C. 1992. Hurricanes and Mangrove Regeneration: Effects of huracane Joan, October 1988, on the Vegetation of Isla del Venado, Bluefields, Nicaragua. *Biotrópica*, 24 (3)-375-384.

Ruiz Bruce Taylor, M. D. M., Rangel-Salazar, J. L., & Cortés Hernández, B. (2013). Resilience in a Mexican Pacific mangrove after hurricanes: implications for conservation restoration. *Journal of Environmental Protection*, 4, 1383-1391.