

# Estructura y composición vegetal del manglar Palo Seco, Quepos, Costa Rica

Laura Alfaro-Sibaja<sup>1</sup>, Daniela Barquero-Salgado<sup>2</sup>, Alicia Fonseca<sup>3</sup>, Randall A. Montoya-Solano<sup>4</sup>, Vanesa Morales-Cerdas<sup>5</sup> & Daniel Ramírez-Arce<sup>6</sup>

Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica; laura070192@gmail.com (1), danibs08@gmail.com (2), ali-fon@hotmail.com (3), randall.namu@gmail.com (4), vane\_moce@hotmail.com (5), daniel.ramirez10@gmail.com (6)

Recibido 16-III-2015 • Corregido 08-VII-2015 • Aceptado 15-VII-2015

**ABSTRACT: Vegetation structure and composition of mangrove Palo Seco Quepos, Costa Rica.** The Palo Seco mangrove in the Pacific coast of Costa Rica is in a tropical wet forest-perhumid forest transition. The nearby human population and tourism are threatening its borders. We studied mangrove's structure, composition and regeneration as a base for future comparisons. We sampled eight 10m x 10m plots. Within them, 1m<sup>2</sup> and 16 m<sup>2</sup> plots were established to measure seedlings and saplings. We measured 153 trees in an 800 m<sup>2</sup> area, with an average density of  $0,19 \pm 0,12$  Ind/m<sup>2</sup>. *Avicennia germinans* was the dominant species, and *Avicennia bicolor* the less abundant. While seedling's basal area and density were high, we found a low sapling density. We found a strong positive correlation between seedling density and trees richness and density, whereas that a strong significant negative correlation between the seedling regeneration index and tree stem height, diameter and basal area. We found a positive correlation between the seedling regeneration index and mangrove tree's richness and density. We conclude that several variables have an influence in the seedling's establishment, survival and growth, intervening in the mangrove's maintenance and regeneration. Strong competition with other vegetation can be a major factor in sapling growth. Palo Seco mangrove has a great potential for regeneration, and stem height and diameter evidence of an old-growth ecosystem.

**Key words:** Palo Seco mangrove, structure, composition, regeneration, zoning.

**RESUMEN:** El manglar Palo Seco se encuentra ubicado en la costa del Pacífico de Costa Rica en una transición entre el bosque tropical húmedo y prehúmedo. La población humana y el turismo en sus inmediaciones están amenazando sus fronteras. Estudiamos su estructura, composición y regeneración como base para futuras comparaciones. Tomamos muestras de ocho parcelas de 10m x 10m. Dentro de ellos, se establecieron 1m<sup>2</sup> y 16 m<sup>2</sup> parcelas para medir las plántulas y árboles jóvenes. Medimos 153 árboles en un área de 800 m<sup>2</sup>, con una densidad media de  $0,19 \pm 0,12$  Ind / m<sup>2</sup>. *Avicennia germinans* fue la especie dominante, y *Avicennia bicolor* el menos abundante. Encontramos una alta densidad de plántulas y de área basal y baja densidad de árboles jóvenes. Existe una correlación positiva entre la densidad y riqueza de plántulas de árboles y la densidad, mientras que una fuerte correlación negativa significativa entre el índice de regeneración de plántulas y el árbol de la altura del tallo, diámetro y área basal. Se encontró una correlación positiva entre el índice de regeneración de plántulas y riqueza de árboles de mangle y la densidad. Llegamos a la conclusión de que algunas variables tienen una influencia en la creación, la supervivencia y el crecimiento de la plántula, que interviene en el mantenimiento y regeneración de los manglares. La fuerte competencia con otros tipos de vegetación puede ser un factor importante en el crecimiento del retoño. Palo Seco manglar tiene un gran potencial para la regeneración y por la altura y el diámetro del tallo evidencia de un ecosistema de edad madura.

**Palabras clave:** Manglar Palo Seco, estructura, composición, regeneración, zonificación.

Los manglares son ecosistemas exclusivos de las zonas litorales tropicales y subtropicales del mundo, estos se encuentran integrados por agrupaciones de árboles que crecen en las zonas costeras. En general, permanecen inundados por las mareas, presentando alta salinidad, que regula el crecimiento, altura, sobrevivencia y zonificación de las especies de árboles presentes (Gómez-Lara & Flores-Rodríguez, 2003; Benitez, 2007; Marín, 2009; Zamora-Trejos & Cortés, 2009; González & Herrera, 2010; Manrow-Villalobos & Vilchez-Alvarado, 2012).

Los manglares constituyen una transición entre la zona marítima y el bosque húmedo, por lo que sirven de hábitat para gran cantidad de especies. También, protegen contra inundaciones, disminuyen la cantidad de agentes contaminantes y son trascendentes en la adaptación al cambio climático (Carbonell et al., 2003; Benitez, 2007; González & Herrera, 2010; Manrow-Villalobos & Vilchez-Alvarado, 2012). Pese a su importancia, los manglares se encuentran amenazados, ya que han sido dañados en el proceso de crecimiento demográfico (Carbonell et

al., 2003; Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, 2005; Zamora-Trejos & Cortés, 2009).

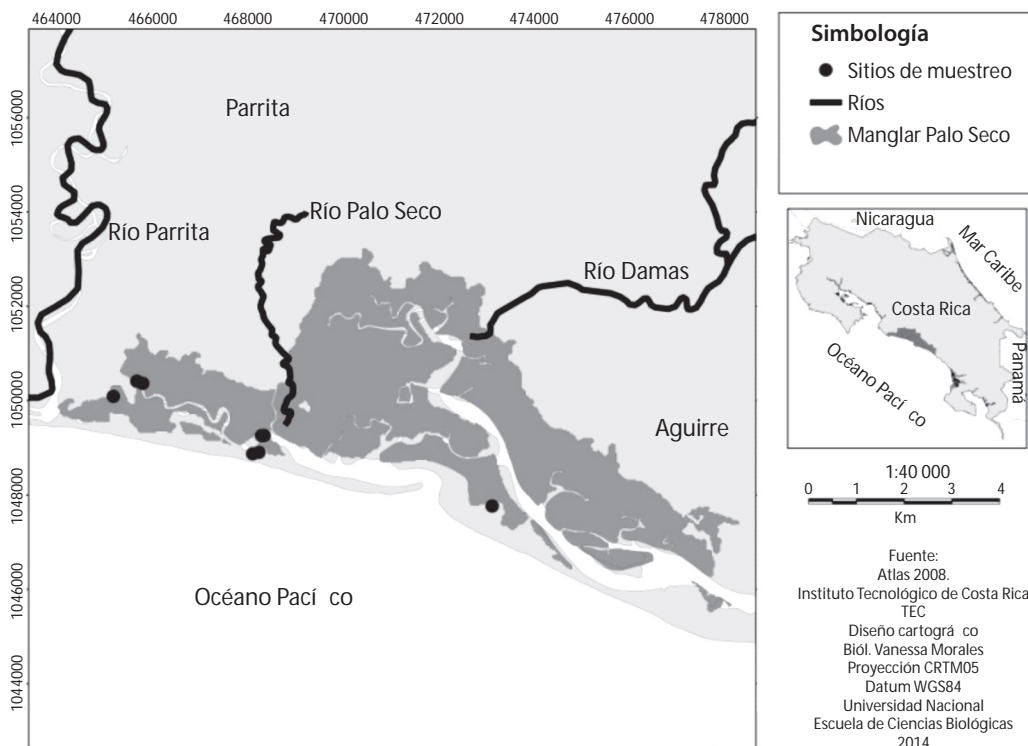
El manglar Palo Seco es uno de los manglares del Pacífico de Costa Rica. Este marca la transición entre un bosque húmedo tropical a bosque perhúmedo. Este se encuentra en problemas debido al exceso de población humana, turismo y el crecimiento urbano en las áreas limítrofes que amenaza con su deterioro (Córdoba et al., 1998; Marín, 2009). Además, presenta una disminución de su área, principalmente por la expansión agrícola y problemas de contaminación. Actualmente se encuentra legalmente protegido bajo la categoría de humedal, pero el grado de protección real alcanzado ha sido nulo (Córdoba et al., 1998; Marín, 2009).

Ahora bien, hasta el 2008 la Municipalidad de Parrita se comprometió a desarrollar un plan para reforestar el manglar, sin embargo, este no se ha efectuado, y continúa deteriorándose a causa de actividades humanas (Marín, 2009). Asimismo, la carencia de investigaciones en este manglar, repercute negativamente en los esfuerzos para restaurarlo. Por consiguiente, este trabajo pretendió efectuar una caracterización de la estructura, composición y regeneración del manglar Palo Seco, de manera que se genere información base que sea de utilidad en la realización de investigaciones futuras y programas de manejo de los recursos naturales.

## MÉTODOS

**Sitio de Estudio:** El manglar Palo Seco se ubica en la provincia de Puntarenas, Cantón de Parrita (Figura 1). Tiene una extensión de 6km<sup>2</sup> en la playa Isla Palo Seco y se encuentra entre las coordenadas 09°33'02" Latitud Norte y 84°20'54" Longitud Oeste. Presenta una temperatura promedio de 25.8°C, precipitaciones anuales entre 3000 y 3500 mm. Es alimentado por los ríos Damas, Cañas, Palo Seco y Parrita. Se encuentra bajo la influencia de comunidades como Parrita, Damas y Quepos. La economía se basa en el turismo, ganadería, agricultura, tala y pesca de subsistencia (Córdoba et al., 1998; Marín 2009)

**Caracterización vegetal:** El estudio fue realizado en septiembre, 2013. Para determinar la estructura y composición del manglar se establecieron ocho parcelas cuadrangulares de 10m x 10m (cuadro 1). Donde cuantificamos e identificamos los individuos para determinar la diversidad, frecuencia, densidad, dominancia y el valor de varianza para cada especie. A partir del promedio de abundancia de las mismas, se determinó la agregación espacial de modo que si la varianza estaba por encima del promedio, los individuos se encontraban agregados, mientras que si esta fue inferior se consideraron dispersos (Espinoza, 1992; Gutiérrez, 2010).



**Fig. 1.** Manglar de Palo Seco (Fuente: Atlas, 2008)

CUADRO 1  
Coordenadas de parcelas

Parcela	Latitud norte	Longitud oeste
1	09°28'32.4"	84°14'40.8"
2	09°29'56.9"	84°18'40.9"
3	09°29'58.4"	84°18'44.9"
4	09°29'47.9"	84°19'01"
5	09°29'09.3"	84°17'21.1"
6	09°29'08.4"	84°17'25.2"
7	09°28'08,4"	84°17'25,1"
8	09°29'08,4"	84°17'25,1"

Se midió la cobertura en cinco puntos dentro de cada parcela (esquinas y centro) de los cuales se calculó el promedio. La altura se midió en 10 individuos representativos de la parcela (Espinosa, 1992). El diámetro a la altura del pecho (DAP) se midió en los individuos con un DAP mayor a 10cm, esto se realizó a una altura de 1.3m, con excepción de *R. mangle* en el cual se realizó a 0.3m sobre la gamba o raíz. Además, se cuantificaron los individuos con un DAP entre 5 y 10 cm. Se calculó el área basal (AB) de estos individuos, mediante la fórmula:

$$AB = \pi \frac{DAP^2}{4}$$

(Mostacedo & Fredericksen, 2000).

A partir de las mediciones del DAP se realizó un histograma de frecuencia de los valores totales obtenidos en cada una de las parcelas y del sitio de estudio en general. Además, se obtuvo el Índice de Complejidad (IC) de Holdridge (1978) para cada parcela, el cual corresponde a

$$IC = (riqueza + densidad + AB + altura) 10^{-3}$$

Para evaluar la regeneración se realizaron parcelas de 1m<sup>2</sup> en las que se contabilizaron plántulas (individuos de altura menor a 50cm) y para brinzales (individuos entre 50cm a 200cm de altura) parcelas de 16m<sup>2</sup> y se identificaron nivel de especie. Se estimó la abundancia como la cantidad de individuos con respecto al área muestreada y la diversidad con el índice de regeneración mediante la fórmula:

$$IR = S/A$$

Donde IR=índice de regeneración, S=número de especies, A= área de la parcela.

**Análisis de datos:** Para analizar la dominancia y equidad se realizaron índices de Simpson e índice de Shannon-Wiener estandarizado. Se realizó un

Kruskal-Wallis para identificar diferencias en los valores de la cobertura, altura, DAP, diámetro basal, IR de plántulas e IR de brinzales en cada parcela. Además, se realizó un análisis de Chi cuadrado para evaluar diferencias entre las parcelas con respecto a las densidades de plántulas, brinzales y el IC. Por último, la abundancia e IR de plántulas y brinzales fueron analizados a partir de correlaciones de Spearman, midiendo la relación de estos con la cobertura, riqueza, densidad, altura, DAP y área basal, para establecer cuáles pueden ser los factores determinantes en la regeneración.

## RESULTADOS

Se cuantificaron 153 individuos en un área de 800 m<sup>2</sup>, con una densidad promedio de 0,19±0,12 Ind/m<sup>2</sup>, representado por cinco especies de las familias Rhizophoraceae, Acanthaceae y Pellicieraceae. La especie más abundante fue *Avicennia germinans* representando un 53,59% de los individuos y la menos frecuente fue *Avicennia bicolor* con un 2,61%. Esta frecuencia se refleja en los índices de diversidad, donde se obtiene un alto valor de dominancia (D=0,75) y un valor medio de equidad (H=0,49) (Cuadro 2).

Por otra parte, la dominancia varió por parcela, en la dos la frecuencia de *A. germinans* fue de 93,94%, pero en la siete y ocho, fue de 0%, mientras *R. mangle* representó en ambos casos el 100% de los individuos (Cuadro 2). Para cada especie, el valor promedio fue superado por el valor de varianza, lo que indica que estas se encontraban agregadas (Cuadro 3).

Se obtuvo un mayor número de individuos con un DAP entre 5cm y 10cm (Fig. 2), para un total 70 registros. Las otras clases presentaron menos a 20 individuos, a excepción de la clase entre 10cm y 15cm (Fig. 2). En las parcelas siete y ocho la frecuencia fue similar entre las diferentes clases de DAP y en estas se encontraron individuos con un DAP entre 45cm y 50cm. Por otro lado, las demás parcelas presentaron una frecuencia alta de árboles con DAP menores a 10cm y un menor número de individuos en clases diamétricas mayores (Anexo 1).

El área basal y la densidad de plántulas mostraron valores altos. Sin embargo, la densidad de brinzales fue baja y el promedio de la altura de los árboles no superó los 20m (Cuadro 4). Además, se notaron valores altos de desviación estándar en los promedios (Cuadro 3), indicando diferencias entre las parcelas y por tanto una posible heterogeneidad en el manglar, razón por la cual se evaluó las variables por parcela (Anexo 2).

CUADRO 2

Frecuencia de las especies encontradas e índices de dominancia de Simpson y equidad de Shannon-Weiner estandarizado

Parcela	Frecuencia (%)					Diversidad		
	RM	RR	AG	AB2	PR	Riqueza	Simpson	H'/H
1	0	63,16	0	0	36,84	2	0,53	0,95
2	0	6,06	93,94	0	0	2	0,89	0,16
3	0	38,89	61,11	0	0	2	0,52	0,96
4	14,29	0	0	19,05	66,66	3	0,50	0,79
5	71,43	0	28,57	0	0	2	0,59	0,86
6	2,56	0	97,44	0	0	2	0,95	0,17
7	100	0	0	0	0	1	1	0
8	100	0	0	0	0	1	1	0
Total	16,34	13,73	53,59	2,61	13,73	5	0,75	0,49

RM: *R. mangle*, RR: *R. racemosa*, AG: *A. germinans*, AB2: *A. bicolor*, PR: *Peliciera rizophora*.

CUADRO 3

Valores promedio de individuos de cada especie por parcela con su respectivo valor de varianza

	RM	RR	AG	AB2	PR
Promedio	3,13	2,63	10,25	0,50	2,63
Varianza	16,70	20,27	241,36	2,00	27,13

Se encontraron diferencias significativas entre las parcelas, en cuanto a las medianas de las coberturas, alturas, DAP y AB de las especies de mangle encontradas ( $H=88,43$ ;  $g.l= 7-159$ ;  $P\text{-value}< 0,05$ ;  $H=26,68$ ;  $g.l= 7-62$ ;  $P\text{-value}< 0,05$ ;  $H= 34,32$ ;  $g.l= 7-152$ ,  $P\text{-value}< 0,05$ ;  $H=31,12$ ;  $g.l= 7-84$ ;  $P\text{-value}< 0,05$ ; respectivamente). La parcela siete presentó los valores más altos de altura, DAP y AB, sin embargo, los valores mayores de la cobertura se encontraron en las parcelas tres y cuatro (Anexo 2).

En cuanto a los índices de regeneración de las plántulas, no se encontraron diferencias significativas entre las parcelas ( $H= 8,62$ ;  $g.l= 7-39$ ,  $P\text{-value}> 0,05$ ). Pero, las parcelas siete y ocho presentaron valores del índice más bajos que las demás (Anexo 2). De igual manera no hubieron diferencias significativas entre las parcelas en cuanto al IR de los brinzales ( $H= 11,43$ ;  $g.l= 7-31$ ;  $P\text{-value}>$

0,05). No obstante, las parcelas cinco y siete presentaron los valores más bajos (Anexo 2).

No se presentan diferencias significativas en cuanto a los valores del IC y densidad de brinzales ( $X^2= 1,01$ ;  $g.l= 7$ ;  $P\text{-value}> 0,05$ ;  $X^2= 0,39$ ;  $g.l= 7$ ;  $P\text{-value}> 0,05$ , respectivamente). Mientras que cuanto a la densidad de plántulas

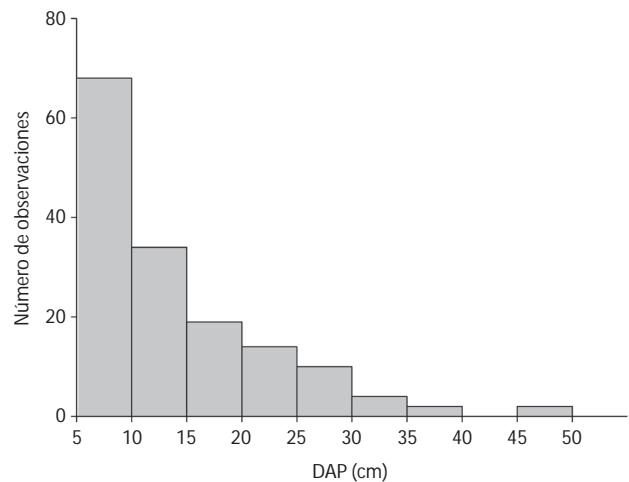


Fig. 2. Histograma de las frecuencias de árboles por clases de DAP (cm).

CUADRO 4

Promedios y desviación estándar de las variables medidas

	Promedio y desviación estándar por variable								
	DAP	AB	Cobertura	Altura	IC	IR plántulas	IR Brinzales	Densidad plántulas	Densidad brinzales
Manglar Palo Seco	18,91 (8,40)	335,86 (329,22)	25,33 (7,13)	17,68 (6,92)	0,42 (0,23)	0,63 (0,54)	0,05 (0,05)	9,45 (13,71)	0,09 (0,07)

CUADRO 5  
Coeficientes de correlación de Spearman R de las variables estructurales medidas

	Cobertura	Altura	DAP	AB	Riqueza	Densidad arboles
Densidad plántulas	0,54	-0,47	-0,54	-0,54	*0,78	*0,83
Densidad brinzales	0,40	-0,52	-0,59	-0,59	0,61	*0,78
IR de plántulas	0,40	*-0,85	*-0,77	*-0,77	*0,84	*0,79
IR de brinzales	0,54	-0,67	-0,49	-0,49	*0,80	*0,71

\* muestran significancia de  $P < 0.05$ .  $g.l = 1, 7$

entre las parcelas si se encontraron diferencias significativas ( $X^2 = 139,33$ ;  $g.l = 7$ ;  $P\text{-value} < 0,05$ ) mostrando una mayor densidad en las parcelas dos y cuatro (Anexo 2).

La densidad de plántulas solamente presentó una correlación fuerte positiva con respecto a la riqueza y densidad de los árboles encontrados. La abundancia de brinzales presentó una relación positiva relativamente fuerte y significativa entre la abundancia de brinzales y la densidad de árboles presentes en las parcelas, no así con las demás variables. En cuanto al IR de plántulas, se encontró una correlación negativa fuerte y significativa de esta variable con respecto a la altura, DAP y AB, y una correlación positiva con respecto a la riqueza y densidad. Además, IR de brinzales, presentó una correlación positiva y significativa con la riqueza y densidad de árboles (Cuadro 5).

## DISCUSIÓN

Las especies encontradas en el manglar Palo Seco coinciden con lo reportado por Córdoba et al. (1998). El sitio muestra una alta dominancia por *A. germinans* y una baja densidad de *A. bicolor*, esto debido a que esta última especie se encuentra principalmente en climas secos estacionales (Jiménez & Soto, 1985; Soto y Jiménez, 1982; Jiménez, 1999). La segunda especie más abundante fue *R. mangle*, dado que es propia de la zona y se adapta a climas tanto lluviosos como secos, además, la alta dominancia de esta en las parcelas siete y ocho puede concernir a que están ubicadas en una zona expuesta a un fuerte oleaje, lo que propicia el establecimiento de esta especie (Pool et al., 1997; Jiménez, 1999).

En general el manglar presentó un histograma de DAP en forma de "J" invertida, expresando un alto potencial de regeneración, ya que sugiere gran cantidad de individuos jóvenes cuyo DAP se encuentra alrededor de 5 y 10cm (Hoyos et al., 2013). Los resultados obtenidos de las clases diamétricas de este estudio son comparables con los de Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez (1999), quienes

encontraron individuos de *A. germinans* con un diámetro promedio aproximado de 0.4m y algunos hasta más de 1m, indicando la presencia de individuos maduros.

Por otra parte, el tamaño del área basal y alturas promedio alude una composición vegetal adulta (Roig & Boninsegna, 1991; Zuchowski, 2007). Además, es posible que el aumento de la densidad de árboles, con respecto a la disminución en el área basal total de las especies, esté relacionado con una alta abundancia de brinzales, pero no de árboles maduros en el borde del manglar con influencia de alto estrés salino, producto del oleaje. Esto podría ser explicado por lo que mencionan Jiménez y Soto (1985); Soto & Corrales (1987); Jiménez (1994) quienes indican que existe una relación directamente proporcional entre el suministro de agua dulce, y el área basal y la altura de los árboles de manglar, ya que existe menor concentración de sal en el suelo al darse el proceso de lixiviado, provocando menor estrés salino en las plantas y por ende mayor absorción de nutrientes y desarrollo estructural (Hicks & Burns, 1975; Cintron et al., 1978).

La alta densidad promedio de plántulas y pocos brinzales, podría deberse a que las plántulas de las especies de manglar son tolerantes a la sombra y no requieren de tanta agua y nutrientes como los brinzales. Pero, conforme las plántulas crecen presentan altas tasas de mortalidad por factores como sequía o depredación, por lo que sólo pocas plántulas logran sobrevivir más de seis meses y llegan a ser brinzales. Esto sumado a que la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas está fuertemente influenciado por el estrés físico-químico y leves cambios en el hábitat (Lema & Polanía, 2006; Krauss et al., 2008; Hoyos et al., 2012).

Ahora bien al analizar las variables físicas de cada parcela, se puede confirmar la existencia de heterogeneidad en el área de estudio. Condición que podría darse por las perturbaciones presentes en la zona de Palo Seco-Damas, donde las actividades pesqueras, extracción de mangle, establecimiento de áreas de cultivo y vivienda,

han alterado de forma desigual diferentes partes de manglar (Córdoba et al., 1998).

En cuanto a la regeneración, Manrow-Villalobos & Vilchez-Alvarado (2012) afirman que las plántulas de *R. mangle* parecen tener problemas con la regeneración, produciendo poca cantidad de plántulas; mientras que *A. germinans* presentan altas tasas de producción de propágulos. Esto podría explicar la baja cantidad de plántulas y brinzales en la parcela siete, ya que el 100% de sus individuos pertenecían a la especie *R. mangle*. Además, dicha parcela presentó árboles adultos de gran tamaño, DAP y área basal, los que demandan altas cantidades de nutrientes y luz, limitando el crecimiento de las pocas plántulas y brinzales que ahí se encuentren (Flores & Yeaton, 2000; Hoyos et al., 2012).

En lo que corresponde a la estructura horizontal y vertical del manglar, se cree que la primera se encuentra determinada por los rangos de tolerancia de las especies a diferentes concentraciones salinas, mientras la segunda está influenciada por la tolerancia a la sombra (Louman et al., 2001; Manrow, 2011). En el manglar de Palo Seco diferentes variables como la cobertura, altura, DAP, AB, riqueza y densidad de las especies de mangle no explicaron la abundancia de plántulas y brinzales presentes, pero se debe considerar que existen otros factores como la salinidad, precipitación y sedimentación que pueden afectar los procesos de regeneración natural en los manglares (Hoyos et al. 2013).

El IR de brinzales y de plántulas así como la abundancia de estas últimas, estuvo relacionados con la riqueza y densidad de árboles en el sitio. Mientras que la abundancia de brinzales solamente estuvo correlacionada positivamente con la densidad de árboles adultos. Esto podría deberse a que el alto número de árboles de varias especies en el sitio propicia la producción de una mayor cantidad de semillas, generando a su vez gran cantidad de propágulos y aumentando las probabilidades de establecerse exitosamente en el sitio. También, según Ellison & Farnsworth (1993) una composición vegetal diversa permite que la competencia por espacio y recursos disminuya, ya que los requerimientos de las especies son distintos, así como sus tasas de crecimiento.

Además, la supervivencia y el crecimiento, posteriores al establecimiento de las plántulas, está influenciado por el estrés físico-químico, dado por la intensidad lumínica (Krauss et al. 2008). Se atribuye a esta condición que el IR de plántulas presentara una correlación negativa fuerte con variables como la altura, DAP y AB, ya que al aumentar estos parámetros, disminuye la incidencia de luz en los estratos más bajos. Por ejemplo Hoyos et al. (2013), indica que por la mayor disponibilidad de luz asociada

a los claros originados por la tala de árboles de mangle, se favorece el establecimiento de algunas especies como *A. germinans*.

Ahora bien, se puede considerar la posibilidad de que exista relación entre el establecimiento de brinzales con la disminución de perturbaciones antrópicas o naturales en el área de estudio, que permitiría la colonización vegetal del borde del manglar, que presenta un proceso de regeneración, mayormente con especies tolerantes al estrés salino. Por otra parte, en este estudio no se tomó en cuenta el componente faunístico que según Smith (1987) puede influir en la zonación de especies vegetales, puesto que pueden disminuir su población al depredar los propágulos o beneficiar su establecimiento o dispersión. Por lo que para el caso de futuros estudios es importante tomar en cuenta este elemento que podría explicar el comportamiento de la comunidad tanto vegetal como animal del manglar.

Se considera, necesario realizar esta misma metodología a finales de la época seca para determinar realmente la regeneración neta o real de las especies, al analizar el establecimiento de las plántulas y su éxito en la sobrevivencia.

Finalmente se puede señalar que existen gran cantidad de variables que influyen en el establecimiento, sobrevivencia y crecimiento de las plántulas y por consiguiente también intervienen en la regeneración y mantenimiento del manglar. La competencia con otras plantas parece ser uno de los factores más influyentes en el crecimiento de los árboles jóvenes. En general, el manglar Palo Seco cuenta con un gran potencial de regeneración y la presencia de árboles con gran altura y DAP en algunas parcelas indica la madurez del ecosistema. A pesar de esto, es sumamente necesario realizar esfuerzos para su conservación en el tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Roberto Cordero por la ayuda en la redacción de este documento y al Hotel La Isla, en especial a Sally Delgado por su colaboración en la logística de muestreo de este estudio.

## REFERENCIAS

- Beneditez, D. (2007). *Forestación artificial con manglares en isletas de dragados en una región semiárida de México*. Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Bolivia.

- Carbonell, F., E. Gómez & I. Torrealba. (2003). *Situación de los manglares: Una síntesis sobre el caso de Costa Rica*. Documento borrador resumen a diciembre 2002. Investigación sobre los manglares en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. ONG Meralvis, Heredia, Costa Rica.
- Cintron, G., Lugo, A., Pool, D. & Morris, G. (1978). Mangrove of arid environments in Puerto Rico and Adjacent islands. *Biotropica*, 10, 112-121.
- Córdoba, R., J. Romero-Araya & N. Windevoxhel-Lora. (1998). *Inventario de los humedales de Costa Rica*. UICN, MINAE, SINAC y Embajada Real de los Países Bajos, San José, Costa Rica.
- Ellison, A.M. & Farnsworth, E.J. (1993). Seedling Survivorship, Growth, and Response to Disturbance in Belizean Mangal. *Am. J. Bot.* 80, 1137-1145.
- Espinosa, A. (1992). *Evaluación de la estructura y composición del bosque de manglar y lineamientos para su manejo silvícola en la Reserva Forestal de Terraba-Sierpe, Costa Rica*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Cartago. 160 p.
- Flores J. & Yeaton, R. (2000). La importancia de la competencia en la organización de las comunidades vegetales en el Altiplano Mexicano. *Interciencia*, 25 (8), 365-371.
- Gómez-Lara, J. & R. Flores-Rodríguez. (2003). *El fascinante mundo del manglar*. La secretaria armada de México, IV Sector Naval Militar de Chetumal, México DF, México.
- González, A & P. Herrera. (2010). *Diagnóstico para la Elaboración de un Plan de Manejo para los Manglares del Golfo Dulce en el Área de Conservación Osa, Costa Rica*. "Proyecto para Apoyar el Manejo Sostenible y Conservación de la Biodiversidad de los Manglares en el Canal Gbaga en Benín y el Golfo Dulce en ACOSA, Costa Rica". Fundación Neotrópica, San José, Costa Rica.
- Gutiérrez, E. (2010). *Métodos estadísticos para las ciencias biológicas*. EUNA, Heredia, Costa Rica. 178 Pp.
- Hicks, D.B. & Burns, L.A. (1975). *Mangrove metabolic response to alternation of natural freshwater drainage to southwestern Florida estuaries*. In G. Walsh, & S. Snedaker (eds.). Proc. Intl. Symp. Biol. Manag. Mangroves, Inst. Food and Agric. Sciences, Florida.
- Holdridge, L.R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano. Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 216 p.
- Hoyos R., L. Urrego & Á. Lema. (2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intranual. *Rev. Biol. Trop.* 61 (3), 1445-1461
- Jiménez, J.A. & R. Soto. (1985). Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33, 25-37.
- Jiménez, J.A. (1994). *Los manglares del Pacífico Centroamericano*. EFUNA. Heredia, Costa Rica. 336 Pp.
- Jiménez, J. A. (1999). *Ambiente, distribución y características estructurales en los Manglares del Pacífico de Centro América: Contrastes climáticos*, p. 51-70. In: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- Krauss, K., Lovelock, C., McKee, K., López-Hoffman, L., Ewe, S. & Sousa, W. (2008). Environmental Drivers in Mangrove Establishment and Early Development: A Review. *Aquat. Bot.* 89, 105-127.
- Lema, L. & Polanía, J. (2007). Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 55 (1), 11-21.
- Louman, B., Quirós, D. & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados tropicales con énfasis en América Central*. Turrialba, CR, CATIE. 265 p.
- Manrow, M. (2011). *Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares laguna de Gandoca y estero Moín, Limón - Costa Rica*. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico De Costa Rica, Escuela De Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica.
- Manrow-Villalobos, M. & B. Vilches-Alvarado. (2012). Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9 (23), 1-18.
- Marín, A. (2009). *Plan de Proyecto para el Desarrollo de la Restauración del Manglar en Isla Palo Seco, Parrita, Puntarenas*. Tesis de Maestría, Universidad para la Cooperación Internacional, San José, Costa Rica.
- Mostacedo, B. & Fredericksen, T.S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS). Santa Cruz, Bolivia. 87 Pp.
- Pool, D.J., S.C. Snedaker & A.E. Lugo. (1977). Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico and Central America. *Biotropica* 9, 195-212.
- Roig, F. & Boninsegna, J. (1991). Estudios sobre el crecimiento radial, basal, en altura y de las condiciones climáticas que afectan el desarrollo de *Pilgerodendron uviferum*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 64:53-63
- Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales. (2005). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005*. Estudio temático sobre manglares Costa Rica, Perfil Nacional. Departamento de Montes de Recursos Forestales Dirección de Recursos Forestales (FAO), Roma, Italia.
- Smith, T.J. (1987). Seed predation in relation to tree dominance and distribution in mangrove forest. *Ecology*, 62, 266-273.
- Soto, R. & Jiménez, J. A. (1982). Análisis fisionómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 30(2), 467-470.

- Soto, R. & Corrales, L.F. (1987). Variación de algunas características foliares de *Avicennia germinans* (L.)L. (Avicenniaceae) en un gradiente climático y de salinidad. *Rev.Biol.Trop.* 35(2), 245-256.
- Yáñez-Arancibia, A. & Lara-Domínguez, A. L. (1999). *Los manglares de América Latina en la encrucijada*, p. 9-16. In: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p
- Zamora-Trejos, P. & Cortés, J. (2009). Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. *Revista de Biología Tropical*, 57 (3), 473-488.
- Zuchowski, W. (2007). *Tropical plants of Costa Rica*. A guide to native and exotic flora. A zona Tropical Publication. Ithaca, Nueva York.