

NOTA:**SUPERVIVENCIA DE PROPÁGULOS DE *RHIZOPHORA MANGLE* BAJO TENSORES AMBIENTALES EN EL BRAZO CALANCALA DEL RÍO RANCHERÍA, CARIBE COLOMBIANO**

Ostin Garcés-Ordoñez^{1,2} y Martha Ligia Castellanos-Martínez¹

¹*Grupo de Investigación Territorios Semiáridos del Caribe, Universidad de La Guajira, Km 5 vía Maicao, Riohacha, Colombia.*

²*Programa Calidad Ambiental Marina, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar, Santa Marta, Colombia. ostin.garces@invemar.org.co*

RESUMEN

Se evaluó la supervivencia de propágulos de *Rhizophora mangle* por siembra directa en presencia y ausencia de factores tensionantes (pastoreo de caprinos) y limitantes (déficit hídrico e insolación) del manglar en el brazo Calancala del río Ranchería, La Guajira, Colombia, asumiendo el déficit hídrico como la época seca y la insolación como la exposición directa al sol. Se establecieron cuatro parcelas experimentales de 100 m², ubicándose en diferentes condiciones de iluminación, dos bajo la sombra de árboles y dos expuestas al sol. Algunas parcelas se cercaron para proteger los propágulos sembrados del pastoreo, y otras se dejaron expuestas al pastoreo. Se encontraron diferencias significativas en las probabilidades de supervivencia de propágulos en condiciones de déficit hídrico (épocas seca) y disponibilidad de agua (época lluviosa) (χ^2 log-rank; $p < 0.05$). En época seca los propágulos no sobrevivieron por la baja disponibilidad de agua y la alta insolación. En época lluviosa, la supervivencia fue mayor en ausencia del pastoreo (0.46-0.96), en comparación con los expuestos al pastoreo de chivos (0.0), que se comieron los propágulos. En conclusión, la supervivencia de propágulos de *R. mangle* se ve afectada por factores limitantes, y por el tensor de pastoreo continuo de caprinos, el cual requiere control y vigilancia para mitigar los daños al manglar, y conlleve a prácticas pecuarias responsables con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVES: *Rhizophora mangle*, Delta del río Ranchería, Supervivencia de propágulos, Déficit hídrico, Forrajeo de manglar.

ABSTRACT

Survival of *Rhizophora mangle* propagules under environmental stressors in the Calancala branch of the Ranchería River, Colombian Caribbean. The survival of *Rhizophora mangle* propagules was assessed by direct seeding in the presence and absence of stressful factors (grazing of goats) and limitations factors of mangroves (hydric deficit and sunshine) in the Calancala branch of the Ranchería River, La Guajira, Colombia, assuming as hydric deficit the dry season, and sunshine the direct exposure to the sun. Four experimental plots of 100 m² were established, located in different sunshine conditions, two under tree shade and two exposed to the sun. Some plots were enclosed in

order to protect propagules from grazing, and others were exposed to grazing. Significant differences in propagules survival was found between conditions of hydric deficit (dry season) and availability of water (wet season) (χ^2 log-rank; $p < 0.05$). In dry season the propagules did not survive because the low water availability and high sunshine. During rainy season, survival was greater in absence of goats grazing (0.46-0.96), in comparison with those exposed to goats grazing (0.0), because they ate propagules. In conclusion, survival of *R. mangle* propagules is affected by limitations factors and continuous grazing goats, this stressful factor required surveillance and control in order to mitigate damage to mangroves, and lead to environmentally responsible livestock practices.

KEY WORDS: *Rhizophora mangle*, Ranchería river delta, Survival of propagules, Water deficit, Mangrove grazing.

Los manglares son ecosistemas muy productivos que brindan bienes y servicios a las poblaciones costeras de Colombia y de otros países del trópico (Sanjurjo y Welsh, 2005; Uribe y Urrego, 2009). No obstante, estos bosques se han visto afectados por las actividades antrópicas (factores tensionantes), causando deterioro ambiental (Álvarez-León, 2003), condición que puede ser reforzada por elementos restrictivos propios del sistema (factores limitantes), aumentando el impacto sobre los manglares (SER, 2004; Barrera-Cataño y Valdés-López, 2007).

En La Guajira los manglares se ven afectados por tensores ambientales que varían entre las subregiones Alta, Media y Baja Guajira, debido a las condiciones predominantes y por las actividades socioeconómicas que se desarrollan (Ruiz-Ochoa *et al.*, 2006; Lema y Polanía, 2007; Gil-Torres *et al.*, 2009; Orjuela-Rojas *et al.*, 2011; Castellanos y Menjívar, 2012). En la Media Guajira, especialmente en los manglares del delta del río Ranchería, por efecto de la insolación y la baja disponibilidad de agua (Díaz, 2001; Lema y Polanía, 2005, 2007), sumado al pastoreo de caprinos (*Capra aegagrus hircus*) que consumen los propágulos y plántulas de mangles (Lema *et al.*, 2003; Lema y Polanía, 2007), la regeneración natural del bosque se ha visto amenazada. Otros tensores como la tala, expansión urbana y contaminación con residuos sólidos, han llevado al deterioro del manglar, trayendo como consecuencia pérdida de servicios ambientales y de biodiversidad (Uribe y Urrego, 2009).

Con el propósito de cuantificar el efecto de los tensores ambientales sobre el establecimiento de propágulos de *Rhizophora mangle*, se determinó su supervivencia por siembra directa en presencia y ausencia de pastoreo de caprinos y en condiciones de déficit hídrico e insolación. Para evaluar la condición de déficit hídrico, el análisis se llevó a cabo en la época seca, contrastando con la época lluviosa como una condición normal; el análisis de insolación se hizo sobre los propágulos

expuestos directamente al sol. La información aquí presentada es un insumo para la planificación de actividades que permitan la recuperación del manglar y sus servicios ecosistémicos.

El área de estudio se localiza en el brazo Calancala del río Ranchería, ubicado en Riohacha, La Guajira, Caribe colombiano, entre las coordenadas 11°33'N y 72°52'W (Figura 1). Esta zona hace parte de la planicie deltaica conformada por la división del río Ranchería en tres brazos: Santa Rita, Calancala y Riíto, en dirección N-S (Corpogujira, 2011). Las especies que conforman el manglar del brazo Calancala en orden de dominancia son *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *R. mangle* y *Conocarpus erectus*, en asociación con *Prosopis juliflora*, *Capparis odoratissima*, *Rhabdadenia biflora* y *Batis maritima* (Lema y Polanía, 2007) que se desarrollan detrás de una barra de arena de ~ 100 m de ancho, sin estar expuestos a las mareas. El régimen climático es bimodal, la época seca se presenta entre los meses de mayo y junio, y la época de lluvias entre los meses de septiembre y noviembre, con una precipitación total de 546 mm al año; la temperatura oscila entre 25.0 y 30.0 °C con un promedio anual de 28.3 °C; la humedad relativa anual en promedio es de 73% y la evaporación total mensual multianual es de 2467.8 mm (Datos IDEAM 1972-2014). La radiación solar oscila entre 6.5 y 7.0 kWh/m² en época seca y entre 5.0 y 5.5 kWh/m² en época lluviosa (IDEAM y UPME, 2005). El suelo es de textura franco arcillo limoso, y de consistencia dura en época seca (García *et al.*, 2006), con altos valores de salinidad intersticial (31.93 y 106.94; Vidal, 2013), los cuales se reducen durante la época lluviosa (9.6 y 3.7; Garcés-Ordóñez, 2014). Durante la época seca, se han registrado valores de nivel freático cercano a 1.0 m (Ruiz-Ochoa *et al.*, 2006; Lema y Polanía, 2007; Vivas-Aguas y Garcés-Ordóñez, 2014), y en época lluviosa niveles de inundación alrededor de 60 cm (Lema *et al.*, 2003; Garcés-Ordóñez, 2014).

Si bien *R. mangle* no es la especie más prominente de la zona, se seleccionó por ser colonizadora de las riberas del río y por su presencia en el bosque. Para el estudio, se establecieron cuatro parcelas experimentales de 100 m², a lo largo de la franja de árboles de *R. mangle* (Figura 1), en diferentes condiciones de iluminación, para evaluar el efecto de la insolación, dos parcelas bajo sombra de árboles, con una cobertura aproximada de 50% debido al poco dosel, y dos expuestas directamente al sol, situadas en el margen del manglar. Para cuantificar el efecto del pastoreo de caprinos, en cada condición de insolación, una parcela fue encerrada con cerca de alambre de púa para proteger los propágulos sembrados.

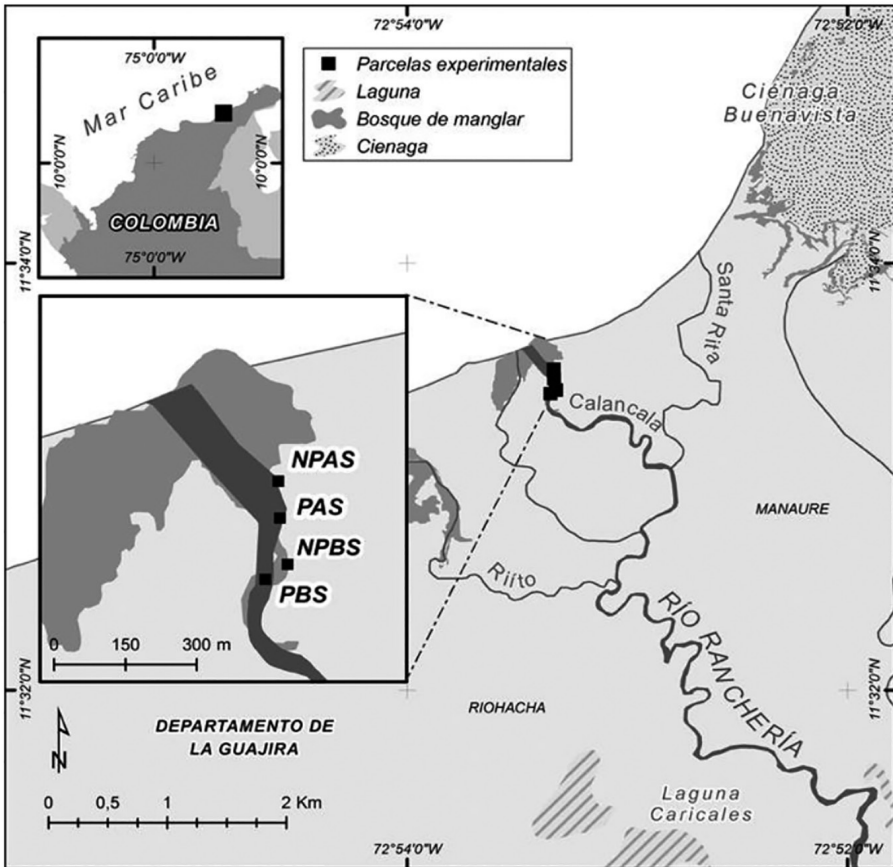


Figura 1. Localización del área de estudio en el delta del río Ranchería, Caribe colombiano. El recuadro de ampliación muestra la ubicación de las parcelas experimentales: protegida del pastoreo bajo sombra (PBS), protegida del pastoreo expuesta al sol (PAS), no protegida del pastoreo bajo sombra (NPBS) y no protegida del pastoreo expuesta al sol (NPAS).

Debido a la baja disponibilidad de propágulos en la época seca, se recolectaron 200 propágulos sanos directamente del suelo del manglar (Tovilla *et al.*, 2004) en ambas épocas climáticas, los cuales se mantuvieron hidratados entre 12 y 24 h desde la recolección hasta antes de la siembra, para evitar su desecación y pérdida de viabilidad (Reyes y Tovilla, 2002). Los propágulos se distribuyeron equitativamente entre las parcelas (50 propágulos por parcela) y se sembraron directamente en el suelo superando 3.0 cm de su hipocótilo de manera vertical (Lema *et al.*, 2003), con una densidad de un propágulo cada 1.50 m², teniendo en cuenta que la densidad estimada del bosque es de 1557 ind/ha, con una abundancia de 3.1% para *R. mangle* (Lema y Polanía, 2007).

Para calcular la probabilidad de supervivencia acumulada en base a la ley multiplicativa, se aplicó el análisis de supervivencia de Kaplan-Meier (1958), usando el programa Infostat®, generando salidas gráficas conocidas como curvas de supervivencia (Arribalzaga, 2007). El periodo de seguimiento para este análisis correspondió a la duración de cada época climática (seca y lluviosa de 2013), iniciando a partir de la siembra de los propágulos y finalizando hasta presentarse el evento de interés (muerte por desecación o pastoreo de caprinos) en todos los individuos sembrados, o al iniciar la época de lluvias, y 30 días después de haber finalizado las lluvias, cuando las condiciones de la época seca reaparecen. Las observaciones se realizaron semanalmente, registrándose los individuos muertos y el estado de los propágulos. Se consideraron como datos censurados a los propágulos desaparecidos y a los establecidos como plántulas que lograron sobrevivir hasta finalizar el periodo de seguimiento, cuyo tiempo de supervivencia posterior se desconoció. Se aplicó la prueba Log-rank para comparar las curvas de supervivencia obtenidas. Esta prueba se basa en la distribución Chi-cuadrado (χ^2) para conocer la significancia estadística.

En la Figura 2, se presentan las curvas de supervivencia de los propágulos de *R. mangle* en los tratamientos: PBS, protegidos del pastoreo bajo sombra; PAS, protegido del pastoreo expuesto al sol; NPBS, no protegido del pastoreo bajo sombra; y NPAS, no protegido del pastoreo expuestos al sol. Los resultados mostraron que existen diferencias significativas entre las probabilidades de supervivencia de los propágulos en condiciones de déficit hídrico (época seca) y normales (época lluviosa) (χ^2 log-rank; $p < 0.05$). En época seca, los propágulos sembrados directamente en el suelo del manglar no sobrevivieron (Figura 2a) por la falta de hidratación (IDEAM y UPME, 2005, García *et al.*, 2006; Vidal, 2013). Estos propágulos presentaron signos de deshidratación, pérdida de turgencia y empezaron a desecarse desde el ápice del propágulo.

Los propágulos en los tratamientos expuestos a la insolación (PAS y NPAS), presentaron menor probabilidad y tiempo de supervivencia (Figuras 2a), sin encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos (χ^2 log-rank; $p > 0.05$); estos resultados concuerdan con los descritos por Díaz (2001), Lema *et al.* (2003), Lema y Polanía (2005; 2007) en el delta del río Ranchería y por Elster *et al.* (1999), Elster (2000) y Elster y Polanía (2000) en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, quienes relacionaron la alta mortalidad de propágulos con la baja disponibilidad de agua y la alta irradiación solar, y su relación con altos valores de salinidad y suelos duros, factores ambientales que afectan parte de la regeneración natural del manglar.

Durante la época lluviosa, en las parcelas protegidas del pastoreo de caprino (PBS y PAS) se registró mayor probabilidad de supervivencia (0.46-0.96),

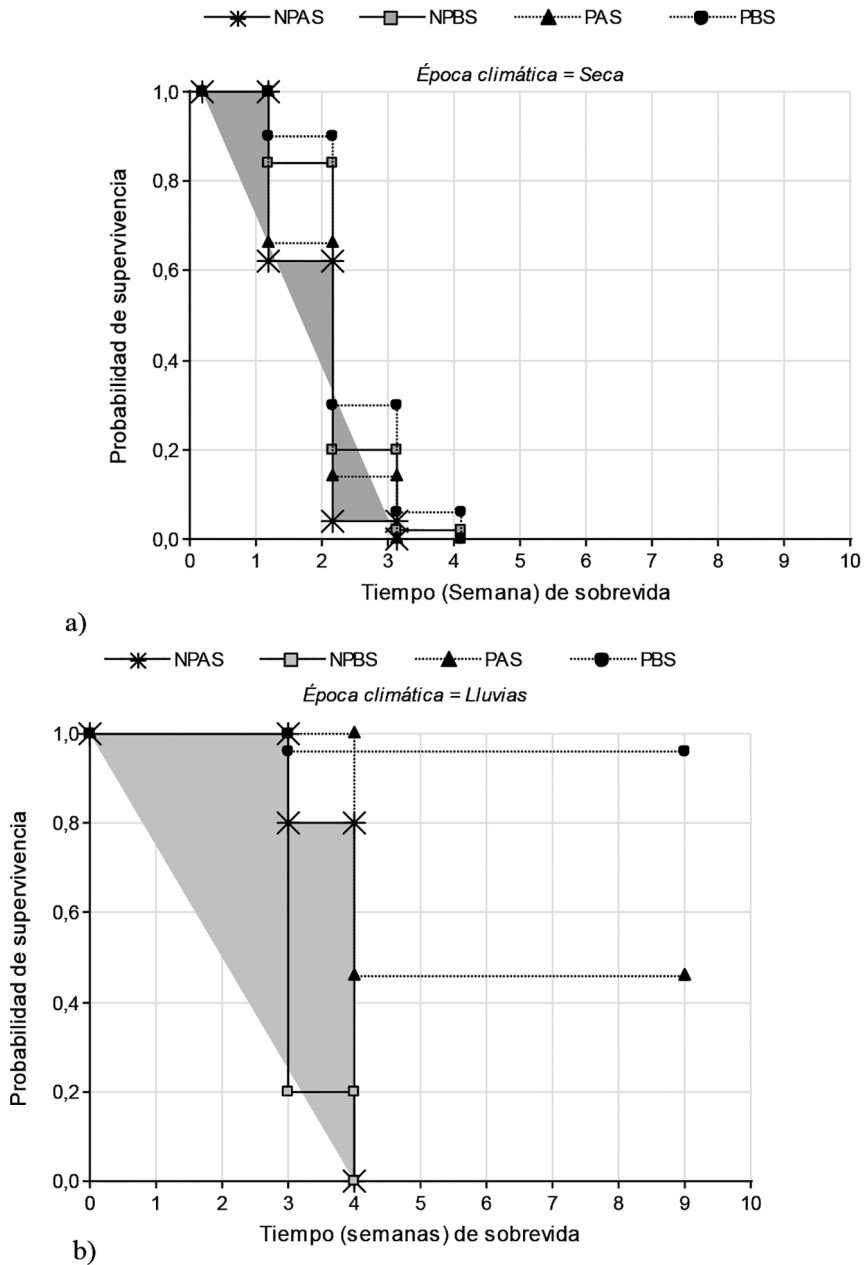


Figura 2. Curvas de supervivencia de propágulos de *R. mangle* por siembra directa en época seca (a) y lluviosa (b) de 2013, en el manglar del brazo Calanaca del río Ranchería, Caribe colombiano. Parcelas experimentales con los tratamientos: protegida bajo sombra (PBS), protegida expuesta al sol (PAS), no protegida bajo sombra (NPBS) y no protegida expuesta al sol (NPAS).

en comparación con las parcelas expuestas al pastoreo (0.0; NPBS y NPAS; Figura 2b), en las cuales la gran mayoría de los propágulos fueron consumidos por los chivos que ingresaron en el bosque al bajar la inundación. Como evidencia quedaron las huellas de las pisadas de estos animales en el sedimento dentro de las parcelas, y los cortes transversales observados en la parte basal del tallo de algunos propágulos que se habían establecido como plántulas sujetos en el suelo (Figura 3). Este tensor es el principal causante de la baja supervivencia de propágulos, principalmente al finalizar la época de lluvias, cuando hay mayor disponibilidad de propágulos y plántulas en el ecosistema (Díaz, 2001; Lema *et al.*, 2003; Lema y Polanía, 2005, 2007; Gil-Torres *et al.*, 2009).



Figura 3. Propágulos de *R. mangle* en la parcela no protegida expuesta al sol (NPAS), consumidos por el ganado caprino en el brazo Calancala del río Ranchería, La Guajira, Colombia. Fotografías tomadas en noviembre de 2013 (O. Garcés).

En síntesis, la regeneración natural del manglar en el sector del brazo Calancala del río Ranchería, está siendo afectada por las condiciones ambientales naturales que actúan como factores limitantes, afectando la supervivencia de los propágulos y plántulas establecidas de *R. mangle*, sumado a tensores como el pastoreo continuo del ganado caprino. La problemática ocasionada por este tipo de pastoreo en el área de estudio, requiere vigilancia y control por parte de las autoridades ambientales, para mitigar los daños causados a los manglares del delta del río Ranchería y de otras zonas de la Media Guajira (Gil-Torres *et al.*, 2009), y que conlleve a prácticas pecuarias responsables con el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones de la Universidad de La Guajira por la financiación del proyecto, al grupo de investigaciones Territorios

Semiáridos del Caribe y a la comunidad indígena Wayuú de los resguardos El Pasito y Cangrejito en Riohacha por su participación en el trabajo de campo, al Invemar por apoyo cartográfico y a la Dra. Luisa Espinosa por su apoyo para mejorar la calidad del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-León, R. 2003. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. *Mad. Bos.*, 9 (1): 3-25.
- Arribalzaga, E. 2007. Interpretación de las curvas de supervivencia. *Rev. Chil. Cir.*, 59 (1): 75-83.
- Barrera-Cataño, J.I. y C. Valdés-López. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12: 14-24.
- Castellanos, M. y J. Menjívar. 2012. Tensores edáficos de los manglares de La Guajira. 39-64. En: *La Tierra en el pensamiento: pequeñas acciones para medir la salud del planeta*. Castellanos, M. y A. Carabalí (Eds.). 1ª Edición. G. I. Territorios semiáridos del Caribe, Universidad de la Guajira, Riohacha. 94 p.
- Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira. 2011. Plan de Ordenamiento de la cuenca del río Ranchería. Corpoguajira, Parques Nacionales Naturales, Conservación Internacional Colombia, Riohacha. 90 p.
- Díaz, K. 2001. Regeneración natural del manglar en el Riño y el Valle de los cangrejos, delta del Río Ranchería. Tesis de Ing. Ambiental, Facultad de ingeniería, Universidad de La Guajira, Riohacha. 55 p.
- Elster, C. 2000. Reasons for reforestation success and failure with tree mangrove species in Colombia. *For. Ecol. Manage.*, 131: 201-214.
- Elster, C. y J. Polanía. 2000. Posibilidades de recuperación del manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). *Acta Biol.*, 22 (72): 29-36.
- Elster, C., L. Perdomo y M. Schnetter. 1999. Impact of ecological factors on the regeneration of mangroves in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Hydrobiologia*, 413: 35-46.
- Garcés-Ordóñez, O. 2014. Patrones de crecimiento y mortalidad de los propágulos de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* para proceso de restauración en la desembocadura del río Ranchería, La Guajira. Tesis Biol., Facultad Ciencias Básicas Aplicadas, Universidad de La Guajira, Riohacha. 79 p.
- García, M., A. López y J. Robles. 2006. Distribución espacial de algunas propiedades físicas del suelo en el delta del río Ranchería, Riohacha. Tesis Ing. Ambiental, Facultad Ingeniería, Universidad de La Guajira, Riohacha. 95 p.
- Gil-Torres, W., G. Fonseca, J. Restrepo, P. Figueroa, L. Gutiérrez, G. Gómez, M. Sierra-Correa, P. Hernández-Ortiz, A. López y C. Segura-Quintero. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. 283 p.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales. Datos meteorológicos departamento de La Guajira 1972-2014, Bogotá.

- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales y UPME - Unidad de Planeación Minero Energética. 2005. Atlas de Radiación Solar de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales y Unidad de Planeación Minero Energética (Eds.), Bogotá. 25-40.
- Karplan, E. y P. Meier. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. *JASA*, 53 (282): 457-481.
- Lema, L. y J. Polanía. 2005. Regeneración natural y producción del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Actual. Biol.*, 27 (82): 25-33.
- Lema, L. y J. Polanía. 2007. Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Trop.*, 55 (1): 11-21.
- Lema, L., J. Polanía y L. Urrego. 2003. Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río Ranchería en el periodo de máxima fructificación. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 27 (102): 93-103.
- Orjuela-Rojas, A., C. Villamil y A. Sanjuan-Muñoz. 2011. Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la Baja Guajira, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 40 (2): 381-399.
- Reyes, M. y C. Tovilla. 2002. Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. *Mad. Bos.*, 1:103-114.
- Ruiz-Ochoa, M., R. Meléndez, M. Castellanos-Martínez y J. Polanía. 2006. Aplicación de medidas repetidas a cuatro propiedades edáficas en los manglares del brazo Calancala, río Ranchería. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 15 (115): 233-242.
- Sanjurjo, E. y S. Welsh. 2005. Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gac. Ecol.*, enero-marzo: 55-68.
- SER - Society for Ecological Restoration International. 2004. Principios de SER internacional sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencias y políticas. 15 p.
- Tovilla, C., A. Román, G. Simuta y R. Linares. 2004. Recuperación del manglar en la barra del río Cahoacán, en la costa de Chiapas. *Mad. y Bos.*, 2:77-91.
- Uribe, J. y L. Urrego. 2009. Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar: aproximación al caso colombiano. *Gest. Amb.*, 12 (2): 57-72.
- Vidal, A. 2013. Establecimiento del proyecto piloto de monitoreo de manglares en La Guajira. Convenio de asociación No. 103 de 2013 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS y la Corporaciones Autónomas Regionales y de desarrollo Sostenible - ASOCARS, Riohacha. 30 p.
- Vivas-Aguas, J. y O. Garcés-Ordóñez. 2014. Monitoreo de la calidad del agua en áreas priorizadas de manglar. Componente No. 7 del convenio MADS-INVEMAR No. 190. Santa Marta. 139 p.

RECIBIDO: 02/07/2015

ACEPTADO: 07/09/2016

