

## Diversidad de las comunidades de palmas en dos fragmentos de bosque húmedo tropical de Antioquia

### Diversity of palms communities in two fragments of tropical rainforest of Antioquia

Juan-Carlos Copete\*, Víctor Alfonso Mondragón Valencia\*

#### Resumen

**Objetivo:** Evaluar cómo se afecta la presencia de palmas en dos fragmentos del bosque (bosque maduro y bosque secundario) en Antioquia. **Metodología:** Se realizaron transectos lineales de 24 x 4 m (0,01 ha); en cada transecto se registró las especies presentes en el área teniendo en cuenta sus diferentes estadios de desarrollo. **Resultados:** Se registró un total de 8 especies de palmas distribuidas en seis géneros con una abundancia de 104 individuos. El bosque maduro fue el más diverso con un alfa Fisher de 2,17, y se presentaron las tres formas de crecimiento (plántulas, juveniles y adultos). La profundidad del mantillo se relacionó positivamente con la riqueza de palmas con un ( $r^2=0,9918$ ,  $p=0,0289$ ). En el bosque secundario, se registraron 4 especies y 4 géneros de palmas con una abundancia de 20 individuos; este tipo de bosque fue menos diverso con un alfa Fisher de 1,50. En este bosque se registraron dos formas de crecimiento (plántulas y adultos). La variable que se relacionó con la riqueza de palma fue la profundidad del mantillo con un ( $r^2=0,9980$ ,  $p=0,0141$ ). **Conclusiones:** La diversidad y abundancia de palmas son afectadas por la pérdida de bosques; estos resultados demuestran que la fragmentación del bosque es uno de los mayores factores antrópicos que aumenta la disminución de las especies e individuos de palmas en los bosques de Antioquia.

**Palabras clave:** Cantidad de mantillo, Intensidad de la luz, Riqueza, Variables ambientales.

#### Abstract

**Objective:** To evaluate how the presence of palms is affected in two fragments of the forest (mature forest and secondary forest) in Antioquia. **Methodology:** Linear transects of 24 x 4 m (0.01 ha) were carried out, in each transect the species present in the area were recorded taking into account their different stages of development. **Results:** A total of 8 species of palms distributed in six genera with an abundance of 104 individuals were recorded. The mature forest was the most diverse with an alpha Fisher of 2.17, and the three forms of growth were presented (seedlings, juveniles and adults). The depth of the mulch was positively related to the richness of palms with a ( $r^2=0,991$ ,  $p=0.028$ ). In the secondary forest, 4 species and 4 genera of palms with an abundance of 20 individuals were recorded, this type of forest was less diverse with a Fisher alpha of 1.50. They recorded two forms of growth (seedlings and adults). The variable that was related to palm richness was the depth of the mulch with a ( $r^2=0.998$ ,  $p=0.014$ ). **Conclusions:** The diversity and abundance of palms are highly affected by the loss of forests; our results show that forest fragmentation is one of the major anthropic factors that increases the decrease of species and individuals of palms in the forests of Antioquia.

**Keywords:** Environmental variables, Light intensity, Mulch amount, Richness.

#### Introducción

En Colombia, la familia Arecaceae está bien conocida taxonómicamente y descrita en la Guía de

Campo de las Palmas de Colombia (Galeano y Bernal 2010), ubicándose como el segundo país en el mundo con mayor diversidad de palmas, con 44 géneros y 231 especies. La región andina alberga 43% de estas

\* Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia.

e-mail: [jccopetem@unal.edu.co](mailto:jccopetem@unal.edu.co)

[vamondragonv@unal.edu.co](mailto:vamondragonv@unal.edu.co)

Fecha recepción: Febrero 28, 2017

Fecha aprobación: Agosto 15, 2017

Editor Asociado: Torres-Torres MG

plantas con 82 especies. Esta riqueza está relacionada con su posición geográfica, en la parte noroccidental de sur América, considerada la ruta migratoria de las especies de centro y sur América. Además, la ramificación de los Andes en tres cordilleras crea los valles interandinos, donde crecen especies endémicas (Pintaud *et al.* 2008, Galeano y Bernal 2010).

Las palmas son una de las familias de plantas con ciclos de vida de mayor duración (Scariot 1999). La fase de establecimiento es una de las etapas más críticas con un período largo durante los primeros estadios de desarrollo, donde el tallo alcanza el máximo diámetro (Henderson 2002). Después de esta etapa, la planta empieza a alargar más el tallo y alcanza potencial reproductivo. Este grupo de plantas cumplen un papel ecológico importante, por encontrarse en todos los estratos del bosque y ser importantes para el mantenimiento de su estructura y composición (Scariot 1999). Así mismo, son consideradas como posibles indicadores del nivel de alteración en bosques tropicales, debido a que la apertura de claros favorece la colonización de palmas (Svenning 1999), cumpliendo un papel crucial en la regeneración y la dinámica general de los bosques (Fleischmann *et al.* 2005). Es de resaltar que las palmas son una de las familias de plantas más usadas por las comunidades rurales debido a que partes de sus estructuras se utilizan como materia prima para la elaboración de múltiples objetos (Johnson 1997, Macia *et al.* 2011, Ledezma-Rentería y Galeano 2014, Camara-Leret *et al.* 2016), y por lo tanto muchas de sus especies podrían ser susceptibles a la extinción. De ahí la importancia de establecer un protocolo que sirva para evaluar la sostenibilidad del uso de las palmas (Galeano *et al.* 2010).

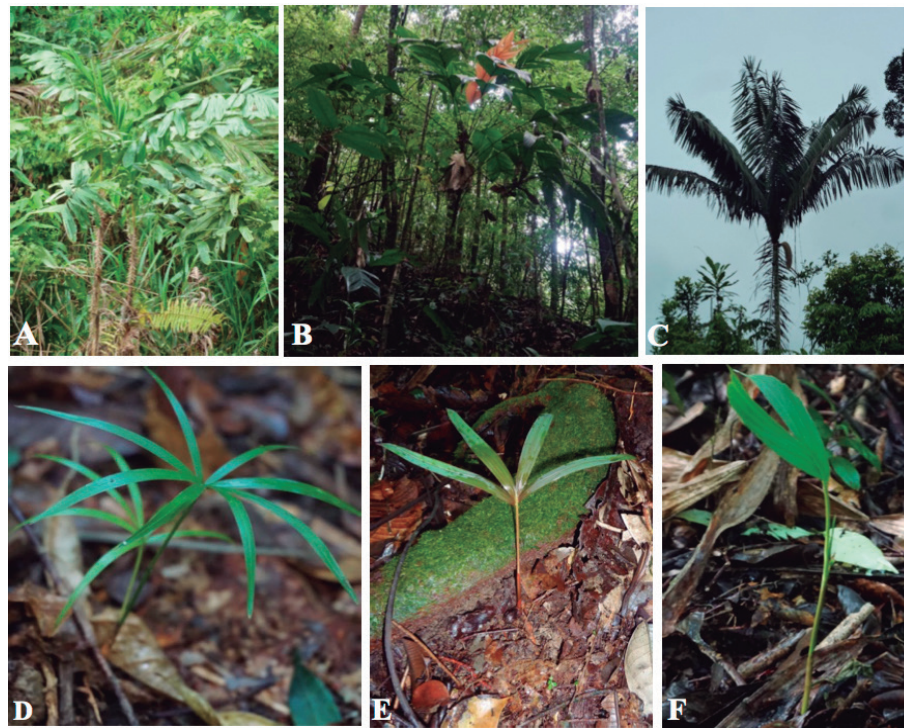
El presente estudio tiene como objeto evaluar cómo se afecta la presencia de palmas en dos fragmentos del bosque (bosque maduro y bosque secundario) en Antioquia, donde sus suelos eran dedicados a prácticas productivas de café, enfocándonos en responder las siguientes preguntas: ¿cómo el estado sucesional de dos fragmentos de bosque influye en la proporción de palmas y en el estadio de desarrollo de las mismas? y ¿de qué manera las variables ambientales (cantidad de mantillo, inclinación de la pendiente y radiación solar) afectan la distribución de las comunidades de palmas dentro de dos fragmentos de un bosque húmedo en la región de Maceo, Antioquia?

## Metodología

**Área de estudio.** El trabajo de campo se realizó en el municipio de Maceo, departamento de Antioquia, en la reserva natural de San Pedro, ubicada a 6° 27' N y 74° 47' W. Es un área de reserva de carácter privado, localizada en la vertiente oriental de la cordillera Central en el margen derecho del río Nus, con un rango altitudinal entre 800 y 1100 msnm, clasificado como un bosque húmedo tropical (Holdridge 1987). La temperatura promedio anual es de 23,8°C, y la precipitación media anual oscila entre 2.000 y 4.000 mm y una humedad relativa de 87%. Esta reserva tiene una extensión aproximada de 300 ha con bosques en diferentes estados sucesionales; 30 hectáreas son de pasto; 90 presentan procesos de regeneración natural con especies pioneras de muy rápido crecimiento; y 180 ha son bosque maduro.

**Muestreo de campo.** Para la toma de la información se siguió con algunas modificaciones la metodología descrita por Balslev *et al.* (2010). Se realizaron 6 transectos distribuidos así: 3 transectos en bosques maduros, ubicados a 6° 27' 33" N; 74° 47' 11" W, a una altura de 1048 m; este tipo de bosque es aquel que no ha sido alterado por actividades antrópicas como ganadería o expansión agrícola y 3 transectos en bosques secundarios de 20 años de abandono, ubicados a 6° 27' 38.4" N; 74° 47' 17.2"; este tipo de bosque ha sido utilizado para ganadería y cultivos agrícolas. Cada transecto tenía una dimensión de 24 x 4 m (0,001 ha), subdivididos en 3 cuadrantes de 8 x 4 m, donde se identificaron y se contaron todas las especies de palmas en 3 clases de tamaño (plántula, juvenil y adulto). Las especies eran identificadas con ayuda de claves taxonómicas y guías de campo (Galeano y Bernal 2010, Henderson 2011).

Se tomaron datos de variables ambientales en cada cuadrante como inclinación de la pendiente y apertura en el dosel; estas dos variables se midieron usando la aplicación para Android, GPS status. La cantidad de mantillo se evaluó en cuadrantes de 15 x 15 cm, en donde se midió la profundidad y se recolectó la cantidad de mantillo dispuesto. Estas muestras se empacaron en bolsas plásticas y se rotularon para ser transportadas al Laboratorio del Biogeoquímica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para sus posteriores análisis o tratamientos. Estas



**Figura 1.** Algunas especies registradas en el bosque maduro. A. Individuo adulto de *Bactris maraja*. B. Individuo adulto de *Geonoma deversa*. C. Individuo adulto de *Oenocarpus bataua*. D. Plántula de *Euterpe precatoria*. E. Plántula de *Oenocarpus minor*. F. Plántula de *Socratea exorrhiza*.

muestras se secaron en un horno a una temperatura de 110°C.

### Análisis de los datos

**Estimador de riqueza.** La riqueza de especies de palmas registradas se realizó mediante el índice de diversidad de alfa de Fisher, definido por la fórmula:

$$S = \alpha \ln(1 + n/\alpha)$$

donde:

S, es el número de especies

n el número de individuos

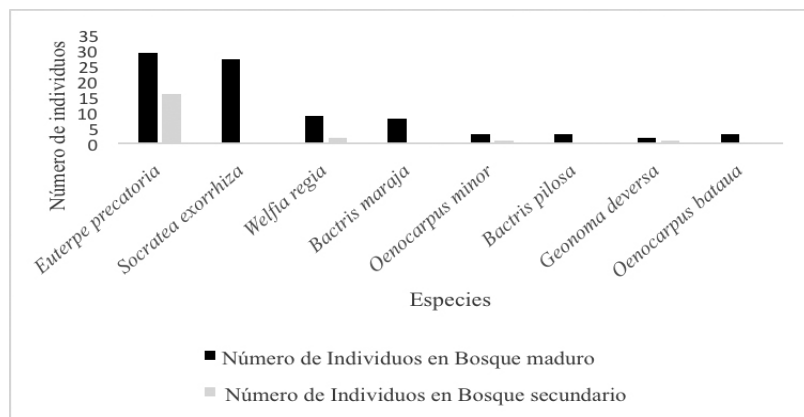
$\alpha$  alfa de Fisher

Para esto se utilizó el programa Past versión 3.12 (Hammer *et al.* 2001). Para identificar si había diferencias significativas entre la abundancia de palmas de los diferentes estados sucesionales (bosque maduro y bosque secundario) se realizó un ANOVA simple, con el programa Statgraphics versión 16.1.15. Para observar la relación entre la profundidad del mantillo,

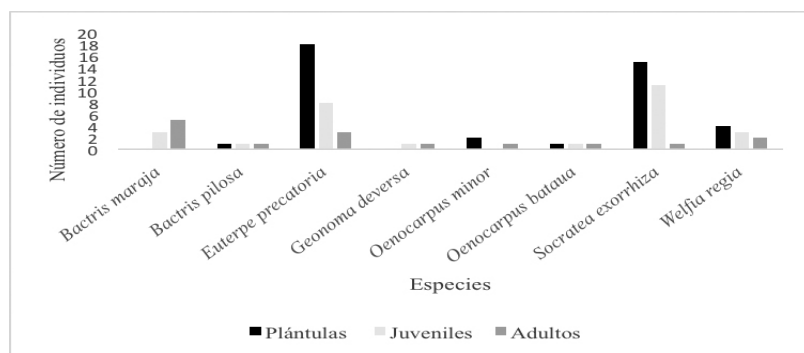
la inclinación de la pendiente y la intensidad de luz con la riqueza y abundancia de palmas se realizó un análisis de correlación con el programa estadístico R versión 3,3,2 ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)).

### Resultados

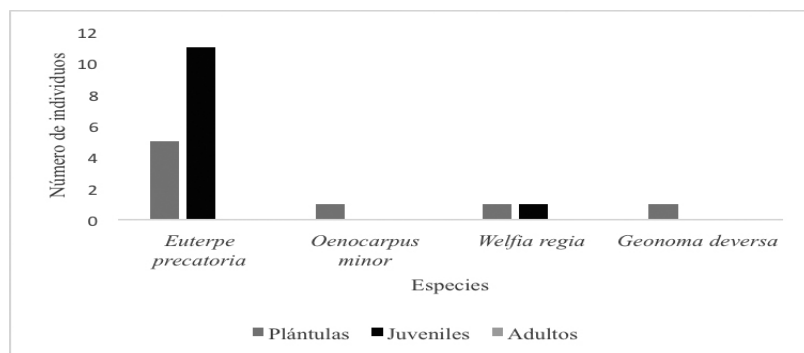
**Palmas del bosque maduro (Figura 1) vs. variables ambientales.** En este tipo de bosque se realizaron 3 transectos (0,003 ha). Se registraron 8 especies pertenecientes a 6 géneros y 84 individuos de palmas (Figura 2). Las especies más abundantes fueron *Euterpe precatoria* con 18 (21%) individuos, *Socratea exorrhiza* con 15 (17%), *Bactris maraja* con 8 (9%) y *Welfia regia* con 7 (8%) individuos (Figura 3A). En este tipo de bosque se presentaron las tres clases de tamaño (plántulas, juveniles y adultos); la categoría mejor representada fue la de plántulas con 41 (48.8%) individuos y le siguieron los juveniles con 28 (33.3%) y adultos con 15 (17.9%) individuos (Figura 3A). En cuanto a las variables medidas, la proporción de mantillo encontrada fue 24,3 kg/ha, la intensidad de luz fue de 54.407 luxes y la inclinación de la pendiente fue de 2,1% (Tabla 1).



**Figura 2.** Especies de palmas encontradas en cada tipo de bosque con sus abundancias; la barra negra es un bosque maduro y la gris es un bosque secundario de 20 años.



**Figura 3 A.** Especies encontradas en el bosque maduro y la distribución de las categorías de crecimiento (plántulas, juveniles y adultos).



**Figura 3 B.** Especies encontradas en el bosque secundario de 20 años y la distribución de las categorías de crecimiento (plántulas, juveniles y adultos).

Se encontró una fuerte relación estadísticamente significativa entre la profundidad del mantillo y el número de especie encontrada con ( $r^2=0,9918, p=0.0289$ ). También con la intensidad de la luz ( $r^2=0.9869, p=0,0377$ ). Con la variable inclinación no se encontró ninguna relación estadísticamente significativa ( $r^2=0,4808, p=0,2561$ ). Lo que quiere decir que entre mayor sea la profundidad del mantillo hay más probabilidad de encontrar mayor número de especies.

**Palmas del bosque secundario vs. variables ambientales.** En los 3 transectos establecidos se registraron cuatro especies pertenecientes a cuatro géneros y 20 (19%) individuos de palmas (Figura 2). La especie más abundante fue *Euterpe precatória* con 16 (84%) individuos (Figura 3B). En este tipo de bosque se presentaron solo dos formas de crecimiento, plántulas y juveniles, siendo los juveniles los mejores representados con 11 (55%) individuos (Figura 3 B).

Las variables medidas arrojaron los siguientes valores para este tipo de bosque, cantidad de mantillo 13,8 kg/ha, la intensidad de luz fue de 43.744 luxes y la inclinación de la pendiente fue de 2% (Tabla 1).

Al igual que en el bosque maduro, se encontró una fuerte relación estadísticamente significativa entre la profundidad del mantillo y el número de especies registrada con ( $r^2=0,9980, p=0,0141$ ). No se encon-

**Tabla 1.** Variables ambientales medidas en campo

	Transectos	Intensidad lumínica de luxes	Cantidad de mantillo (kg/ha)	Inclinación de pendiente (%)
Bosque maduro	3	54407	24,3	2,1
Bosque secundario	3	43744	13,8	2,0



**Tabla 2.** Diversidad y abundancia de las palmas en el área de estudio, encontradas en 6 transectos a lo largo de un gradiente sucesional.

	Transectos	Individuos	Especies	Especies/transecto (media)	Alpha Fisher
Bosque maduro	3	84	8	4-6 (5,0)	2,17
Bosque secundario	3	20	4	1-3 (2,0)	1,50
Total	6	104	8	1-6 (3,5)	

tró diferencias significativas con las demás variables. La intensidad de luz arrojó ( $r^2=0,2489$ ,  $p=0,6674$ ) y la inclinación ( $r^2=0,4986$ ,  $p=0,5009$ ) lo que quiere decir que entre mayor sea la profundidad del mantillo hay más probabilidad de encontrar mayor número de especies.

**Riqueza de especies de palmas.** En total se registraron 8 especies de palmas y seis géneros en los 6 transectos en (0,06 ha), siendo los bosques maduros los que mayor número de palmas albergaron con 8 especies. En los bosques secundarios se registraron 4 especies, siendo, como en el caso anterior, *Euterpe precatoria* la más representativa.

**Diversidad de palmas** (Tabla 2). El índice de diversidad alpha Fisher, muestra que el bosque maduro fue el más diverso con 2,17, con un mínimo de 4 especies por transecto y una máxima de 6 en promedio 5; en comparación con el bosque secundario, el alfa Fisher de 1,50, con un valor mínimo de una especie por transecto y máxima de tres especies y un promedio de 2.

**Abundancia de palmas.** La abundancia de palmas fue de 104 individuos en el área muestreada; el ANOVA mostró que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tipos de bosques ( $p=0,0321$ ). El bosque maduro presentó la mayor abundancia de palmas con 84 individuos, con un valor mínimo de 2 individuos por transecto y una máxima 29 individuo con un promedio de 10,5 y el bosque secundario registró 20 individuos, con un valor mínimo de un individuo por transecto y máxima de 16 individuos, con un promedio de cinco individuos; la especie más abundante fue *Euterpe precatoria* para ambos bosques (Figura 3).

**Riqueza vs. variables ambientales.** Se encontró una fuerte relación significativa entre la riqueza de especie y la profundidad del mantillo ( $r^2=0,9640$ ,  $p<0,0001$ ). Las otras variables fueron: inclinación de la pendiente ( $r^2=0,1337$ ;  $p=0,1666$ ) y la intensidad de luz ( $r^2=0,066$ ;  $p=0,251$ ) lo que demuestra que no hay

diferencias significativas entre estas dos variables y la riqueza de especies. El porcentaje de luz fue mayor en el bosque maduro, este resultado fue porque los transectos realizados en este tipo de bosque se ubicaron en unos claros, a su vez, esto responde al porqué la presencia de muchos individuos en la categoría de plántulas; este proceso es muy común en los bosques tropicales, porque cada vez que en un bosque se abre un claro esto genera la germinación de las semillas que están latentes en el banco de semillas.

## Discusión

Las palmas son un componente importante en los bosques tropicales por su diversidad y funciones ecológicas. Sin embargo, estas son afectadas por diferentes actividades antrópicas, que tienden a disminuir su diversidad y abundancia. Las palmas son indicadoras de un buen estado de conservación de los bosques. En esta investigación se encontraron pocas especies e individuos en los bosques secundarios y a medida que el bosque tenía más fisionomía de un bosque maduro, las especies de palmas iban aumentando. Estos resultados son similares a los encontrados por Aguilar y Jiménez (2009), quienes al estudiar la diversidad y distribución de palmas en tres fragmentos de bosque muy húmedo en Costa Rica, encontró que la diversidad de palmas aumenta a medida que cambian el estado sucesional de menor edad a mayor del bosque. Letcher *et al.* (2015), quienes estudian los gradientes ambientales y la evolución de la especialización de hábitat de sucesión, en un estudio de caso con 14 sitios de bosques neotropicales, registraron que las palmas no son generalistas y que parecen en un estado sucesional tardío.

**Palmas del bosque maduro vs. variables ambientales.** Las palmas suelen ser diversas y abundantes en bosques maduros; los resultados encontrados en esta investigación parecen soportar esta idea, algunos autores han demostrado esto. Gentry (1995) registra 9

especies en transectos de 0,1 ha en Murri, Antioquia y 7 especie en el Alto de Mira, Magdalena. Báez y Balslev (2007), quienes estudian el efecto de borde sobre la diversidad de palmas en un bosque lluvioso fragmentado en el occidente del Ecuador, registran 12 especies en 51 transectos (1 ha) además, demuestran que existen más especies de palmas en el interior del bosque que en las zonas cercanas al borde y que la proporción de individuos adultos decrece a medida que se acercan a las áreas con mayor efecto de borde. Aguilar y Jiménez (2009) estudian la diversidad y distribución de palmas en tres fragmentos de bosque muy húmedo en Costa Rica; estos autores demuestran que la diversidad de palmas es mayor en los bosques primarios. Correa y Vargas (2009), quienes estudian regeneración de palmas en bosques nativos y plantaciones del Santuario de Fauna y Flora Otún, (Quimbaya, Risaralda, Colombia) registran 10 especies en 5 transectos de 50x4 (0,1 ha). Browne y Karubian (2016), estudiaron la diversidad de las comunidades de palma a diferentes escalas espaciales en un paisaje tropical recientemente fragmentado y encontraron que la abundancia de los adultos aumenta con la altura del dosel y disminuye cerca al área fragmentada. Carrillo (2014) estudia el efecto de la actividad humana y factores ambientales en la diversidad y estructura de comunidades de palmeras en el Chocó Biogeográfico en el Ecuador y encontró que la proporción de individuos adultos es mayor en los remanentes de bosque que en las áreas perturbadas.

*Euterpe precatoria* fue la especie de palma más abundante en este estudio; este resultado coincide con el registrado por ter Steege *et al.* (2013) quienes al estudiar la hiperdominancia de las especies en la Amazonia, encontraron que *E. precatoria* es la especie más abundante de la región.

Entre las variables ambientales medidas en el bosque maduro, la que mejor respondió a este estudio fue la profundidad del mantillo que juega un papel importante para el establecimiento de las plántulas y la germinación de las semillas, debido a que la cantidad de materia orgánica proporciona nutrientes para el crecimiento y establecimiento de los nuevos individuos de palmas en este tipo de bosque; este fenómeno ha sido poco estudiado en los bosques tropicales (Svenning 1999, Correa y Vargas 2009).

**Palmas del bosque secundario vs. variables ambientales.** Los resultados aquí encontrados dan

soporte que las palmas son una familia de plantas que están mejor adaptadas para vivir en ambientes sin perturbaciones; algunos autores han demostrado que las palmeras son menos diversas y menos abundantes en lugares alterados y que de la misma manera sus categorías de tamaño (plántula, juvenil y adultos), decrecen con el grado de alteración (Báez y Balslev 2007, Aguilar y Jiménez 2009, Carrillo 2014, Browne y Karubian 2016).

**Riqueza vs. variables ambientales.** En este estudio se encontró una fuerte relación estadísticamente significativa entre la profundidad del mantillo y la riqueza de especie en ambos tipos de bosque; esto demuestra que la cantidad de mantillo juega un papel fundamental para el establecimiento de las plántulas en un área en proceso de regeneración, porque las palmas necesitan de un buen grado de humedad y de sombra para su germinación; no se encontró relación significativa entre las otras variables y la riqueza de palmas, pero se observó que la cantidad de luz es importante en la abundancia de los individuos, porque en el tipo de bosque donde hubo más intensidad de luz, se presentó mayor número de individuos de palmas en las categoría de plántulas y juveniles; este resultado es muy similar a los encontrados por Correa y Vargas (2009).

La inclinación de la pendiente no jugó un papel importante en este estudio porque el área de estudio fue muy homogénea en su topografía; caso contrario son los resultados de algunos autores como Kristiansen *et al.* (2011) y Vormisto *et al.* (2004), quienes estudiaron los patrones de distribución de las palmas en los bosques tropicales de la Amazonia y su relación con la topografía, y demostraron que la distribución de algunas especies de palmas está fuertemente relacionada con algunas variables microclimáticas como la inclinación. La intensidad de luz reportada en el área de estudio fue mayor en los bosques maduros que en los secundarios, debido a la presencia de claros en los transectos realizados dentro de bosques maduros, donde se podía apreciar la mayor cantidad de juveniles de las especies de palmas; este resultado es similar a lo encontrado por Correa y Vargas (2009), quienes estudian regeneración de palmas en bosques nativos y plantaciones del Santuario de Fauna y Flora Otún (Quimbaya, Risaralda, Colombia). Estos autores encontraron mayores individuos en la categoría de juveniles en los bosques maduros y le atribuyeron esto

a la disponibilidad de luz y la proporción de adultos que aportan semillas al bosque.

## Conclusiones

La diversidad y abundancia de palmas son afectadas por diversos factores antrópicos como la extracción de madera, la minería a cielo abierto, ampliación de la frontera agrícola y la ganadería extensiva. En esta investigación se demostró una vez más que la fragmentación de hábitat es uno de los agentes principales en la pérdida de la diversidad. Los resultados mostraron que en los bosques secundarios la diversidad y abundancia de palmas fue menor que en bosque maduros, además, las especies encontradas en bosques secundarios pueden ser utilizadas como especies indicadoras del grado de perturbación del bosque, porque estas familias de plantas son propias de bosques maduros. La diversidad de palmas registrada en este estudio indica que la colonización o regeneración se está dando exitosamente y de seguir así probablemente el bosque secundario se podrá parecer, mucho más en cuanto a su estructura, al bosque maduro. La variable ambiental que se relacionó positivamente con la riqueza de palma fue la cantidad de mantillo; las otras variables medidas, como la intensidad de luz e inclinación de la pendiente, no se relacionaron con la riqueza de especie de palmas registradas en el estudio; sin embargo, se observó una proporción mayor de individuos como plántulas y juveniles cuando había más presencia de luz.

## Agradecimientos

Los más sinceros agradecimientos al propietario de la reserva por permitirnos la estadía y el desarrollo del trabajo; a los profesores Ligia Estela Urrego, Conrado Tobón, Gastón Zamora y Juan Diego León, por su valioso apoyo y explicaciones en campo; a Diego Suescún Carvajal por su colaboración en la revisión del manuscrito y a dos evaluadores anónimos por sus valiosos comentarios al manuscrito.

## Literatura citada

- Aguilar V, Jiménez F. 2009. Diversidad y distribución de palmas (Arecaceae) en tres fragmentos de bosque muy húmedo en Costa Rica. *Rev Biol Trop*. 57 (suppl. 1): 83-92. URL disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v57s1/art08v57s1.pdf>
- Baez S, Balslev H. 2007. Edge effects on palm diversity in rain-forest fragments in western Ecuador. *Biodiv Conservat*. 6 (7): 2201-11. URL disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-007-9159-5>
- Balslev H, Navarrete H, Paniagua-Zambrana N, Pedersen D, Eiserhardt W, Kristiansen T. 2010. El uso de transectos para el estudio de comunidades de palmas. *Ecología en Bolivia* 45 (3): 8-22. URL disponible en: <http://ecologiaenbolivia.com/documents/HenrikFinal453.pdf>
- Browne B, Karubian J. 2016. Diversity of palm communities at different spatial scales in a recently fragmented tropical landscape. *Bot J Linnean Soc*. 182 (2): 461-4. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/boj.12384/full>
- Cámara-Leret R, Copete JC, Balslev H, Soto M, Macía MJ. 2016. Amerindian and Afro-American perceptions of their traditional knowledge in the Chocó Biodiversity hotspot. *Econ Bot*. 79 (2): 160-75. URL disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12231-016-9341-3>
- Carrillo ER. 2014. *Efecto de la actividad humana y factores ambientales en la diversidad y estructura de comunidades de palmeras en el Chocó ecuatoriano*. (Tesis de maestría). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador de Ciencias Exactas y Naturales Escuela de Ciencias Biológicas. URL disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8922>
- Correa D, Vargas O. 2009. Regeneración de palmas en bosques nativos y plantaciones del santuario de fauna y flora Otún - Quimbaya (Risaralda, Colombia). *Caldasia* 31 (2): 195-212. URL disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36087>
- Fleischmann K, Edwards PJ, Ramseier D, Kollmann J. 2005. Stand structure, species diversity and regeneration of an endemic palm forest on the Seychelles. *African J Ecol*. 43 (4): 291-301. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2028.2005.00567.x/abstract>
- Galeano G, Bernal R, Isaza C, Navarro J, García N, Vallejo MI, Torres C. 2010. Evaluación de la sostenibilidad del manejo de palmas. *Ecol Bolivia*. 45 (3): 85-101. URL disponible en: <http://ecologiaenbolivia.com/documents/GaleanoFinal453.pdf>
- Galeano G, Bernal R. 2010. *Palmas de Colombia: guía de campo*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 688 pp.
- Gentry AH. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. pp. 103-26. En: Churchill S, Balslev H, Forero E, Luteyn JL (eds.). *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. Nueva York: The New York Botanical Garden.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol Electr*. 4 (1): 9 pp. URL disponible en: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Henderson A. 2002. Evolution and ecology of palms. Nueva York: New York Botanical Garden Pr Dept; 259 pp.

- Henderson A. 2011. A revision of *Geonoma* (Arecaceae). *Phytotaxa*. 17: 1-271. URL disponible en: <http://www.mapress.com/phytotaxa/content/2011/pt00017.htm>
- Holdridge LR. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José: IICA; 216 pp.
- Johnson DV. 1997. *Non-wood forest products 10: Tropical palms*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United States (FAO); 166 pp.
- Kristiansen T, Svenning J-C, Pedersen D, Eiserhardt WL, Grández C, Balslev H. 2011. Local and regional palm (Arecaceae) species richness patterns and their cross-scale determinants in the western Amazon. *J Ecol*. 99 (4): 1001-15. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2011.01834.x/abstract>
- Letcher SG, Lasky JR, Chazdon RL, Norden N, Wright SJ, Meave JA, et al. 2015. Environmental gradients and the evolution of successional habitat specialization: a test case with 14 Neotropical forest sites. *J Ecol*. 103 (5): 1276-90. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2745.12435/abstract>
- Ledezma-Rentería ED, Galeano G. 2014. Usos de las palmas en las tierras bajas del Pacífico colombiano. *Caldasia*. 36 (1): 71-84. URL disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/43892/45233>
- Macia MJ, Armesilla PJ, Cámara-Leret R, Paniagua-Zambrana N, Villalba S, Balslev H, et al. 2011. Palm uses in North-western South America: A quantitative review. *Bot Rev*. 77 (4): 462-570. URL disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12229-011-9086-8>
- Pintaud P-J, Galeano G, Balslev H, Bernal R, Borchsenius F, Ferreira F, de Granvill J-J, Mejía K, Millán B, Moraes M, Noblick L, Stauffer F, Kahn F. 2008. Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Rev Peru Biol*. 15 (supl. 1): 5-28. URL disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/viewFile/2662/2329>
- R Development Core Team 2017. The R project for statistical computing. <http://www.R-project.org>
- Scariot A. 1999. Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia. *J Ecol*. 87 (1): 66-76. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2745.1999.00332.x/full>
- Svenning J-C. 1999. Recruitment of tall arborescent palms in Yasuni National Park, Amazonian Ecuador: are large treefall gaps important? *J Trop Ecol*. 15: 355-66. URL disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-tropical-ecology/article/recruitment-of-tall-arborescent-palms-in-the-yasuni-national-park-amazonian-ecuador-are-large-treefall-gaps-important/138171F168F3F4E510DFD75AFB1141E8>
- ter Steege H, Pitman NCA, Sabatier D, Baraloto C, Salomão RP, Guevara JE, et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*. 342 (6156): 1243092. URL disponible en: <http://science.sciencemag.org/content/342/6156/1243092>
- Vormisto J, Tuomisto H, Oksanen J. 2004. Palm distribution patterns in Amazonian rainforests: What is the role of topographic variation? *J Veget Sci*. 15 (4): 485-94. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02287.x/abstract>