

Monitoreo de un bosque subandino en proceso de restauración en el Parque Nacional Natural Munchique

Monitoring of a sub-Andean Forest in restoration process in the Munchique National Natural Park

Ana María Maya-Girón¹  , Jorge Mario Becoche-Mosquera² ,
Luis Germán Gómez-Bernal² 

Parque Nacional Natural Munchique. Colombia ¹
Universidad del Cauca. Popayán, Colombia ²

Recibido: 30 de julio 2022

Aceptado: 12 de octubre 2022

Publicado en línea: 1 de enero 2023

Citación del artículo: Maya-Girón, A. M., Becoche-Mosquera, J. M., Gómez-Bernal, L. G. (2023). Monitoreo de un bosque subandino en proceso de restauración en el Parque Nacional Natural Munchique. *Biota Colombiana*, 24(1), e1095.

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1095>

Resumen

El Parque Nacional Natural Munchique conserva ecosistemas estratégicos de Selva Inferior, Subandina y Andina, que han sido alterados por factores antrópicos; por ello, implementa una estrategia de restauración ecológica pasiva como alternativa para recuperar cobertura vegetal y proteger la biodiversidad. El monitoreo se realizó en un bosque subandino con 20 transectos tipo Gentry en dos procesos denominados restauración avanzada y restauración temprana, solo para los años 2013, 2015 y 2017, debido al orden público. Se censaron los individuos con DAP ≥ 1 cm. La riqueza en restauración avanzada fue de 35/2013, 39/2015 y 45/2017 especies mientras que en restauración temprana se registró una riqueza de 31/2013, 44/2015 y 45/2017. En los tres periodos de muestreo y para ambos procesos, las familias Rubiaceae y Melastomataceae fueron las más frecuentes. Restauración avanzada presentó una marcada dominancia de *Miconia theizans* con el 98 %/2013, 83 %/2015 y 65 %/2017 para el valor de importancia (IVI) y en restauración temprana la especie más importante fue *Meriana speciosa* con el 38 %/2013, 50 %/2015 y 55 %/2017. El monitoreo a largo plazo en ambos escenarios de restauración permitió evidenciar una recuperación lenta, pero efectiva para el aumento en diversidad y mejoramiento de la estructura vegetal.

Palabras clave. Áreas protegidas. Bosque subandino. Diversidad. Restauración pasiva.



Abstract

The Munchique National Natural Park conserves strategic ecosystems that have been altered by anthropogenic factors; therefore, a passive ecological restoration strategy is implemented as an alternative to recover plant cover and protect biodiversity. The monitoring was carried out in a sub-Andean forest through 20 Gentry-type transects in two processes called advanced restoration and early restoration, only for the years 2013, 2015 and 2017, for reasons of public order. Individuals with DBH ≥ 1 cm were censused. The richness in advanced restoration was 35/2013, 39/2015 and 45/2017 species, while in early restoration a richness of 31/2013, 44/2015 and 45/2017 was recorded. In the three sampling periods and for both processes, the families Rubiaceae and Melastomataceae were the most frequent. Advanced restoration presented a marked dominance of *Miconia theizans* with 98 %/2013, 83 %/2015 and 65 %/2017 for the importance value (IVI) and in early restoration the most important species was *Meriania speciosa* with 38 %/2013, 50 %/2015 and 55 %/2017. Long-term monitoring in both restoration scenarios revealed a slow but effective recovery for increased diversity and improved plant structure.

Key words. Diversity. Passive restoration. Protected areas. Subandean forest.

Introducción

La transición entre la selva húmeda tropical y en ambientes de alta montaña, constituye el ecosistema de selva subandina, ubicado entre los 100 y 2400 m s.n.m., con climas húmedos, muy húmedos y pluviales, con coberturas boscosas densas (Rodríguez *et al.*, 2006; Cuatrecasas, 1958). Los bosques de la selva subandina presentan un alto grado de intervención debido a las condiciones ambientales favorables para el establecimiento de áreas de cultivos y pastos, lo que ha resultado en la fragmentación y remoción de la cobertura vegetal nativa alterando la composición, estructura y función original del ecosistema e incrementando la vulnerabilidad de las especies que ahí se sustentan (Rudas *et al.*, 2007; Sarmiento *et al.*, 2002).

La restauración ecológica se presenta como una alternativa potencial en contra de la fragmentación y para mitigar la pérdida de biodiversidad (Chazdon, 2003), permitiendo que los bosques secundarios actúen como proveedores de servicios ambientales, como modelos de rehabilitación en áreas degradadas y como refugios de biodiversidad (Fearnside y Guimarães, 1996). El rápido crecimiento que caracteriza a estos bosques, sumado a la presión que actualmente sufren los bosques primarios, les confiere a los bosques secundarios, un enorme potencial de manejo (Guariguata y Ostertag, 2002).

En Colombia, la mayor tasa de transformación de la cobertura vegetal natural a agroecosistemas se presenta en la región andina, donde también se reúne el mayor número de áreas protegidas, las cuales presentan niveles crecientes de presión por implementación de sistemas productivos (Rudas *et al.*, 2007). Ante esta problemática, en 2006 el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) definió la línea estratégica de manejo Restauración Ecológica Participativa (REP), que comprende el desarrollo de actividades, de manera articulada con las comunidades campesinas, para la recuperación de zonas degradadas en su jurisdicción (Resolución 0247, 2007). Con el objetivo de generar un proceso de REP con las comunidades campesinas que se encuentran dentro del área protegida para dar un manejo efectivo de las áreas ocupadas y/o en uso por la implementación de sistemas productivos establecidos antes y después de la declaración del área protegida el Parque Nacional Natural (PNN) Munchique, presentó el proyecto titulado "Restauración

Ecológica Participativa con Familias Campesinas en el Parque Nacional Natural Munchique para la Alianza de la Conservación” (Acevedo y Maya-Girón, 2018).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es caracterizar la dinámica temporal de la composición y estructura de la comunidad vegetal de una zona en proceso de restauración ecológica en un ecosistema de bosque subandino, partiendo de la información tomada por el PNN Munchique del monitoreo de parcelas de vegetación tipo Gentry, que implementó desde 2013 hasta 2017 y el cual no logró su continuación debido a situaciones de riesgo público y por las limitaciones generadas por pandemia del COVID-19. Las parcelas fueron establecidas con el fin de determinar si las acciones de aislamiento de áreas intervenidas, implementadas por el área protegida para su restauración ecológica, son eficientes para la recuperación de los ecosistemas.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se ubica en el sector nororiental del Parque Nacional Natural Munchique, en el flanco occidental de la Cordillera Occidental, Municipio de El Tambo, Departamento del Cauca, en las coordenadas 02°47'02"N-76°53'47"O, a 1755 m s.n.m. y 02°46'57"N-76°53'48"O a 1723 m s.n.m. (Figura 1). La zona de vida corresponde a un bosque subandino según Cuatrecasas (1958), que se encuentra en proceso de regeneración natural (Parque Nacional Natural Munchique, 2014).

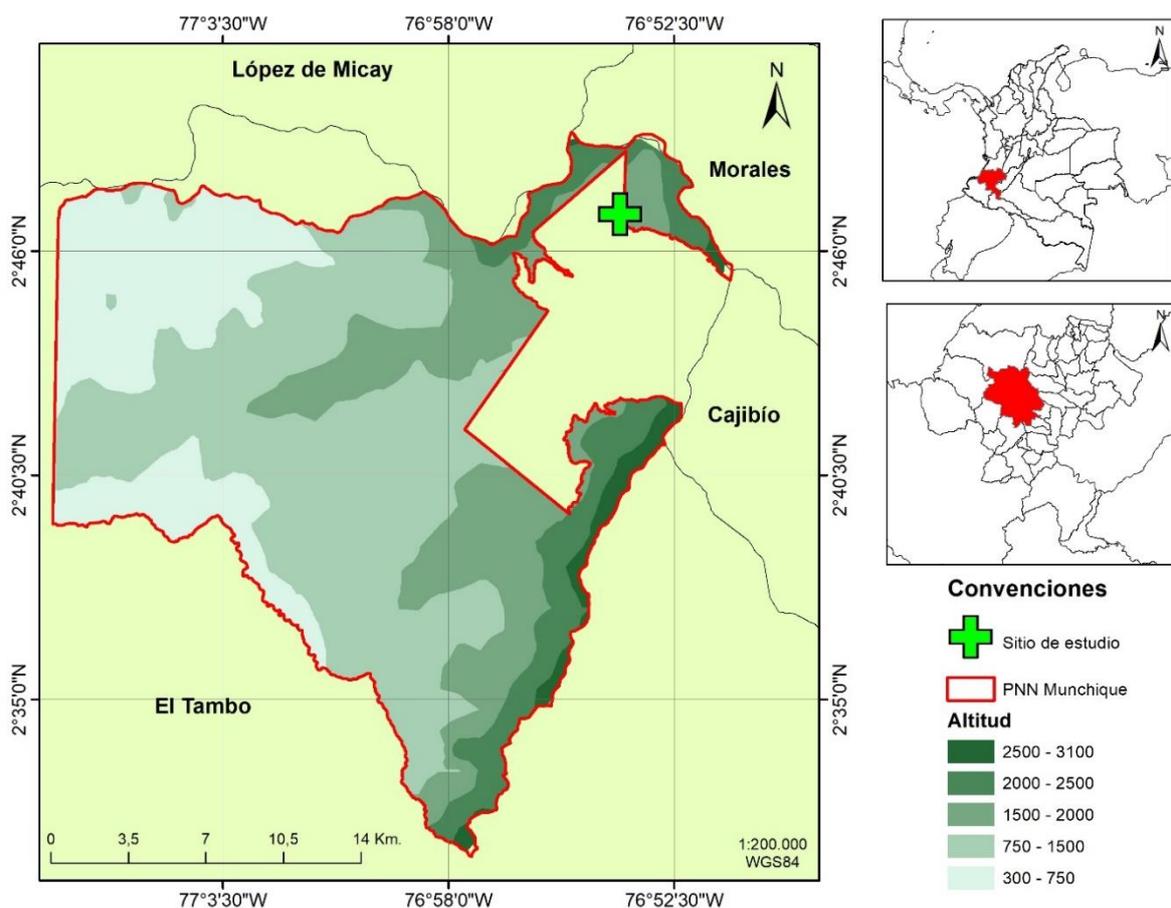


Figura 1. Localización del sitio de estudio y ubicación geográfica PNN Munchique.

Figure 1. Location of the study site and geographic location PNN Munchique.

El sitio de muestreo corresponde a una zona de 143 ha, en la que se ubica la cabaña de funcionarios del sector El Rosal, la cual fue adquirida por el Sistema de Parques Nacionales en 2008 y que previamente era una finca dedicada a la ganadería desde aproximadamente 1980. Este sitio de estudio que corresponde una zona con función amortiguadora del área protegida, colinda con áreas de uso agrícola y pecuario, de comunidades campesinas e indígenas presentes en el territorio desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Parque Nacional Natural Munchique, 2014).

Evaluación de la vegetación. La información empleada para el presente estudio fue obtenida de monitoreos desarrollados por el Parque Nacional Natural Munchique, enmarcados en la implementación de la estrategia de REP. Estos monitoreos corresponden a la evaluación de la estructura vegetal por medio de transectos tipo Gentry (Gentry, 1982) en dos escenarios de restauración ecológica. En los procesos de restauración pasiva se definió como “restauración avanzada”, un sector que al momento del establecimiento de los transectos en 2013, contaba con un proceso de regeneración natural de 12 años, después de haber sido una zona de potrero con árboles aislados. El segundo escenario llamado “restauración temprana”, fue definido como una zona objetivo de recuperación a partir de la regeneración natural. Esta zona al momento del inicio del monitoreo de los transectos en 2013, contaba con 6 años de aislamiento y previamente también había correspondido a una zona de potrero para la ganadería por cerca de 20 años.

En ambos escenarios fueron ubicados 20 transectos permanentes de vegetación tipo Gentry, distribuyendo diez en cada sitio, con una dimensión de 50 m x 2 m (100 m²) cada uno, para un área total de 0.1 hectáreas por escenario (Figura 2). Los muestreos se realizaron en los años de 2013, 2015 y 2017.



Figura 2. Fotografía del paisaje de los escenarios de restauración temprana y avanzada. La línea amarilla encierra ambos escenarios.

Figure 2. Photograph of the landscape of early and advanced restoration sites. The yellow line encloses both sites.

Dentro de cada transecto se censaron todos los individuos vegetales con un diámetro a la altura del pecho (DAP medido a 1.3 metros desde la superficie del suelo) mayor o igual a 1 cm (Villarreal *et al.*, 2006). Cada individuo fue marcado con placas de aluminio y se le registró la altura (m) y circunferencia a la altura del pecho (CAP medido a 1.3 metros de la superficie del suelo). En el caso de individuos ramificados por debajo

de 1.3 m, se midió independientemente el perímetro para cada ramificación que registró la medida mínima para que pudiera ser incluida durante el censo (Vallejo-Joyas *et al.*, 2005). Algunas especies fueron identificadas en campo y otras con ayuda de expertos en el herbario CAUP de la Universidad del Cauca.

Dinámica estructural. A partir de la información registrada se elaboró una base de datos con la información de DAP, altura y estrato de vegetación para cada individuo censado. Posteriormente se realizaron los cálculos de estructura horizontal (área basal, densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa) para el cálculo del índice de valor de importancia de cada especie (IVI) de acuerdo a lo propuesto por Rangel-Ch y Velásquez (1997). Para la estructura vertical (clases de alturas) se evaluó la distribución de individuos por clases de alturas y clases diamétricas (DAP) construyendo intervalos de clase (Rangel-Ch y Velásquez, 1997). También se realizó la clasificación de estratos de la vegetación (hábitos) en general por cada periodo de monitoreo en ambos escenarios siguiendo la propuesta de Rangel-Ch y Lozano-C (1986), con los siguientes tipos: Herbáceo 0.3 – 1.5 m; arbustivo 1.5 – 5 m; sub-arbóreo o de arbolitos 5 – 12 m; arbóreo inferior 12 – 25 m y arbóreo superior > 25 m para cada especie registrada por los años de monitoreo.

Para determinar si el muestreo fue representativo, se realizó el cálculo de las curvas de interpolación y extrapolación a partir de la cobertura de muestra que se refiere a la proporción de la diversidad total que es representada por los datos muestreados (Chao y Jost, 2012). Posteriormente se realizó el cálculo de la diversidad verdadera, para obtener el número de especies efectivas, a partir de lo propuesto por Jost (2006).

Para este trabajo se consideraron tres medidas de diversidad verdadera, siendo la primera la diversidad de orden cero (q_0), cuyo valor equivale a la riqueza de especies ($0D=S$), en donde la fórmula es insensible a la abundancia relativa de las especies; la segunda medida es la diversidad verdadera de orden uno (q_1), en la cual todas las especies son ponderadas proporcionalmente según su abundancia en la comunidad y la tercera medida es la diversidad verdadera de orden dos (q_2), en donde las especies dominantes toman mayor relevancia (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011). Los cálculos de cobertura de muestra y diversidad verdadera se realizaron mediante la versión en línea del paquete iNEXT online. Lo anterior a partir de la serie de números de Hill y graficados con intervalos de confianza del 95% (áreas sombreadas, basadas en un método bootstrap con 100 réplicas) (Chao *et al.*, 2016; http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/)

Resultados

Se registraron un total de 78 especies de plantas vasculares distribuidas en 29 familias y 45 géneros. Las familias más representativas son Melastomataceae con 11 especies, seguida de Rubiaceae con diez y Lauraceae con siete. Los géneros que registran mayor riqueza de especies fueron *Ocotea* (siete), *Miconia* (siete) y *Piper* (cinco) (Anexo 1).

Para el escenario de restauración avanzada los géneros *Ocotea*, *Palicourea* y *Elaeagia* fueron los mejor representados en cuanto a número de especies y en restauración temprana, los géneros con mayor número de especies fueron *Miconia*, *Piper* y *Palicourea*. En relación al número de individuos, los géneros *Elaeagia*, *Miconia* y *Cyathea* fueron los más abundantes en restauración avanzada y en restauración temprana los géneros *Miconia*, *Meriania* y *Elaeagia* registraron el mayor número de individuos. Se destaca que para ambos escenarios la riqueza registrada aumentó a lo largo de los periodos de muestreo (Tabla 1).

Tabla 1. Riqueza registrada en escenarios de restauración avanzada y restauración temprana para 2013, 2015 y 2017

Table 1. Registered richness in advanced and early restoration sites for 2013, 2015 and 2017

	Restauración Avanzada			Restauración Temprana		
	2013	2015	2017	2013	2015	2017
Individuos totales	209	290	320	102	245	255
Individuos muertos	--	4	46	--	1	41
Individuos nuevos	--	85	76	--	144	51
N° especies	35	39	45	31	44	45
N° géneros	25	28	30	24	31	30
N° familias	19	22	23	18	21	21

Las curvas de interpolación y extrapolación arrojaron valores de cobertura de la muestra por encima del 75 % a lo largo de los tres periodos de monitoreo, lo que significa que los registros son una muestra representativa de la diversidad de la comunidad vegetal de ambos escenarios (Figura 3).

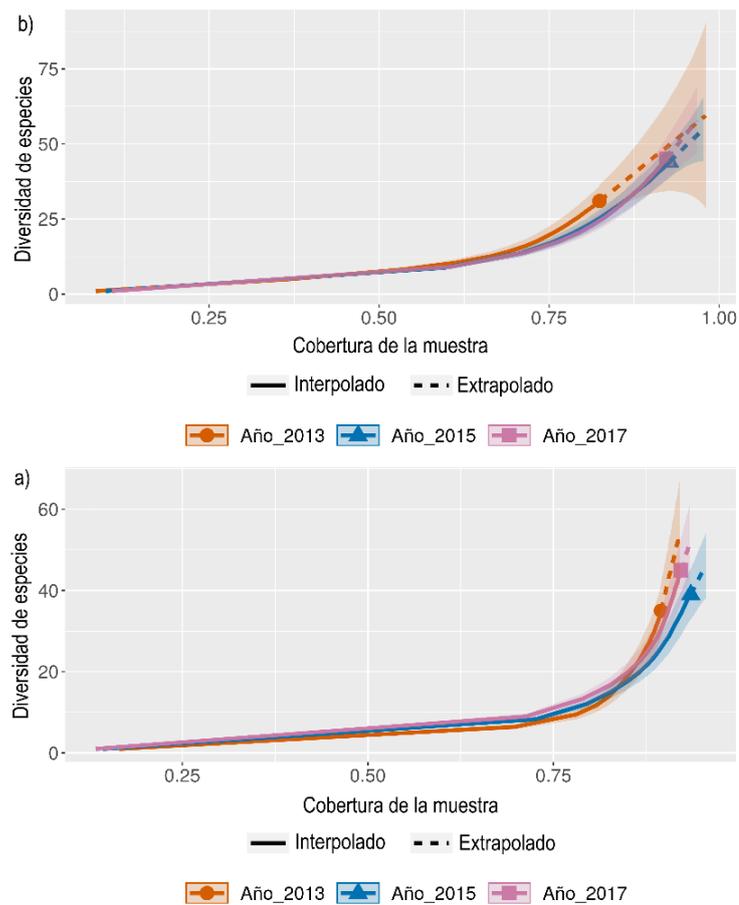


Figura 3. Curvas de rarefacción y extrapolación. a) Escenario de restauración avanzada; b) Escenario de restauración temprana. Basada en la cobertura de la muestra estimada a partir de la riqueza específica (riqueza de especies).

Figure 3. Rarefaction and extrapolation curves. a) Advanced restoration scenario; b) Early restoration scenario. Based on sample coverage estimated from species richness (effective number of species).

El índice de valor de importancia de cada especie (IVI) establece que *Miconia theizans* es la especie más representativa. Esto ocurrió en el escenario de restauración avanzada a lo largo de los tres monitoreos y adicionalmente fue la especie más importante en restauración temprana únicamente en 2013. La segunda especie más sobresaliente en el escenario de restauración avanzada es *Elaeagia* sp.1, siendo esta misma especie la tercera más importante en el de restauración temprana (Tabla 2).

Meriania speciosa se reporta como la segunda especie más notable en el escenario de restauración temprana, para los tres periodos evaluados. Sin embargo, no registra un valor alto de IVI en el escenario de restauración avanzada (Tabla 2).

Isertia pittieri es la tercera especie más importante para el escenario de restauración avanzada, observando una disminución en su valor del IVI a lo largo de los tres periodos y sin reportar un valor alto en el escenario de restauración temprana (Tabla 2).

Tabla 2. Especies con mayor índice de valor de importancia en ambos escenarios en los periodos evaluados

Table 2. Species with the highest importance value index in both sites in the evaluated periods

Especie	IVI (%)					
	2013		2015		2017	
	R. ava	R. tem	R. ava	R. tem	R. ava	R. tem
<i>Miconia theizans</i>	97.7	43.7	83.2	45.2	65.3	39.2
<i>Meriania speciosa</i>	1.7	38.8	8.1	50.2	7.9	55.3
<i>Elaeagia</i> sp. 1	36.6	31.4	39	31.4	42.1	26.1
<i>Isertia pittieri</i>	35.8	11.8	31	9.45	27.2	5.84

R. ava.: Escenario Restauración avanzada; R. tem.: Escenario Restauración temprana

R. ava.: Advanced Restoration Site; R. tem.: Early Restoration Site

En la estructura vertical (clases de alturas) se lograron calcular diez rangos de altura para el escenario de restauración avanzada y nueve rangos para restauración temprana. Para los dos escenarios se observó que la mayor concentración de individuos, durante los tres monitoreos, se registró en los tres primeros rangos (1.5 m – 7.2 m) en el escenario de restauración avanzada y entre el segundo y cuarto rango (3.1 m – 7.3 m) en restauración temprana (Figura 4a y 4b).

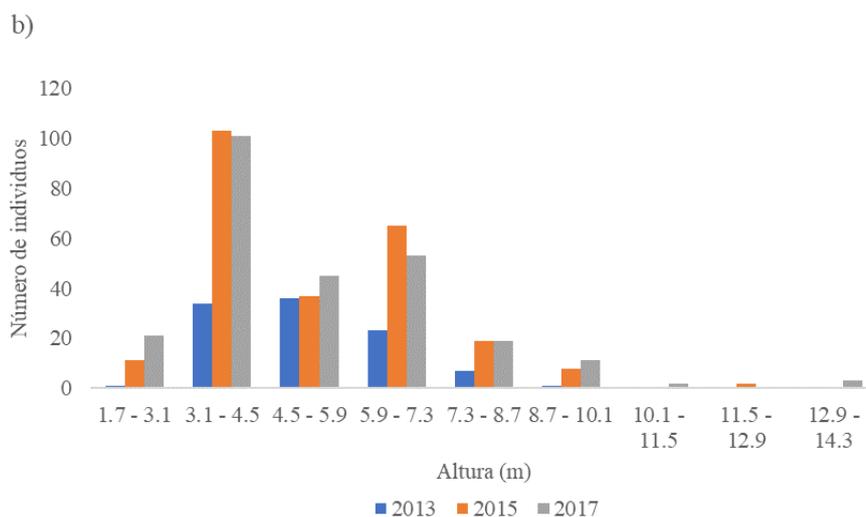
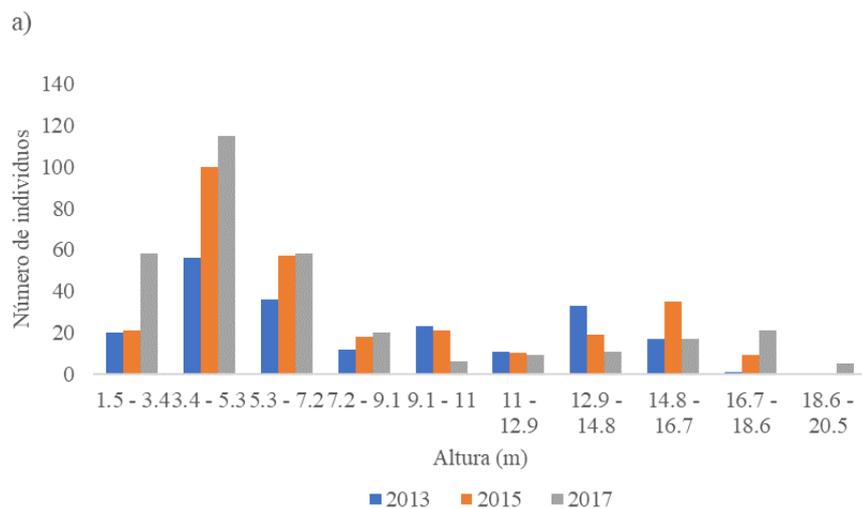
En cuanto a la abundancia de especies, en el escenario de restauración avanzada, *Cyathea* sp. 1 registra mayor número de individuos para el primer rango y a lo largo de los tres monitoreos. Para el segundo y el tercer rango, que comprende alturas entre los 3.4 m y 7.2 m, *Elaeagia* sp. 1 es la especie más abundante en los tres monitoreos.

Respecto a los rangos de mayor altura, en el escenario de restauración avanzada, *Miconia theizans* es la especie que registra mayor número de individuos entre los 12.9 m y 20.5 m, mientras que, en el escenario

de restauración temprana, donde la mayor altura que se registra es de 14.3 m, se pueden encontrar especies de los géneros *Miconia*, *Cecropia*, *Meriania* y *Vismia*.

Se identificaron en ambos escenarios los estratos de vegetación herbáceo (0.3 m - 1.5 m), arbustivo (1.5 m - 5 m), sub-arbóreo (5 m - 12 m) y arbóreo inferior (12 m - 25 m). En 2013, restauración avanzada registró la mayor abundancia de individuos para el estrato sub-arbóreo con el 38.8 %, pero en restauración temprana el estrato arbustivo fue el más dominante con el 69.6 % de individuos. Para 2015 se reporta un cambio en el escenario de restauración avanzada, dado que es el estrato arbustivo el más dominante con el 46.6 % del total de individuos. Finalmente, para 2017 se mantiene la tendencia del estrato arbustivo con la mayor abundancia de individuos, tanto en restauración avanzada como en restauración temprana con el 59.4 % y el 65.5 %, respectivamente (Figura 4c y 4d).

En cuanto a la clasificación de hábitos de la vegetación, se encontró que, para el escenario de restauración avanzada, los estratos arbustivo y sub-arbóreo registraron una mayor cantidad de individuos pertenecientes a los géneros *Elaeagia*, *Cyathea* y *Miconia* y la mayoría de los individuos de los estratos arbustivo y sub-arbóreo del escenario de restauración temprana pertenecen a los géneros *Miconia* y *Meriania*. En cuanto al estrato arbóreo inferior, los géneros *Miconia* e *Isertia* son los más dominantes en restauración avanzada y para restauración temprana son *Miconia* y *Cecropia*.



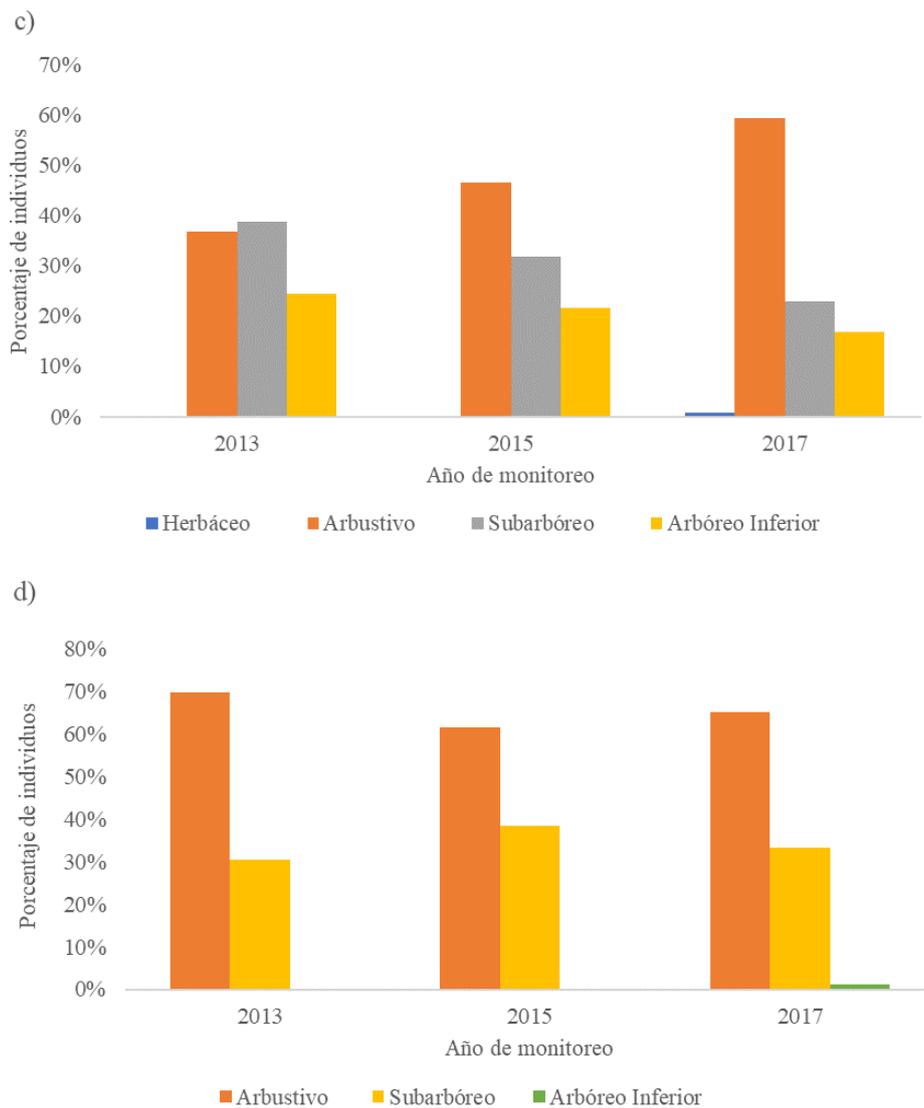


Figura 4. Número de individuos por clase de alturas (estructura vertical) y porcentaje de individuos en estratos de la vegetación (hábitos) para los escenarios de restauración avanzada (a, c) y restauración temprana (b, d) para los periodos evaluados.

Figure 4. Number of individuals by height class (vertical structure) and percentage of individuals in vegetation strata (habits) for the advanced restoration (a, c) and early restoration (b, d) scenarios for the periods evaluated.

En cuanto a la diversidad verdadera se refleja una dinámica del registro de nuevas especies para los transectos de restauración temprana, en donde el número de individuos en 2015 se duplicó en comparación a 2013, logrando un aumento de 13 especies en la riqueza (q_0); en tanto para restauración avanzada en 2015 el aumento fue de cuatro especies (Tabla 3).

Para 2017, los transectos de restauración avanzada son los que reportan un mayor aumento en q_0 con 6 especies y en restauración temprana el aumento fue de una sola especie. En cuanto a los valores obtenidos para q_1 y q_2 , se logra establecer que en los transectos de restauración temprana se presenta una comunidad más equitativa y con un mayor número de especies dominantes que en el otro escenario (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de diversidad verdadera (q_0 , q_1 , q_2) obtenidos para cada año de monitoreo en ambos escenarios.

Table 3. True diversity values (q_0 , q_1 , q_2) obtained for each year of monitoring in both sites.

MONITOREO	q_0		q_1		q_2	
	R. ava	R. tem	R. ava	R. tem	R. ava	R. tem
2013	35	31	10.45	16.72	5.91	10.93
2015	39	44	11.93	17.46	6.85	9.85
2017	45	45	13.27	17	7.39	9.06

R. ava.: Escenario Restauración avanzada; R. tem.: Escenario Restauración temprana

R. ava.: Advanced Restoration Site; R. tem.: Early Restoration Site

En los perfiles de diversidad verdadera (Figura 5) para los dos escenarios se determina que la única diferencia significativa al no ver solapamiento en los intervalos de confianza del 95% se da en los valores de orden q_0 (riqueza de especies) se presenta en el escenario de restauración temprana entre los años 2013 y 2015.

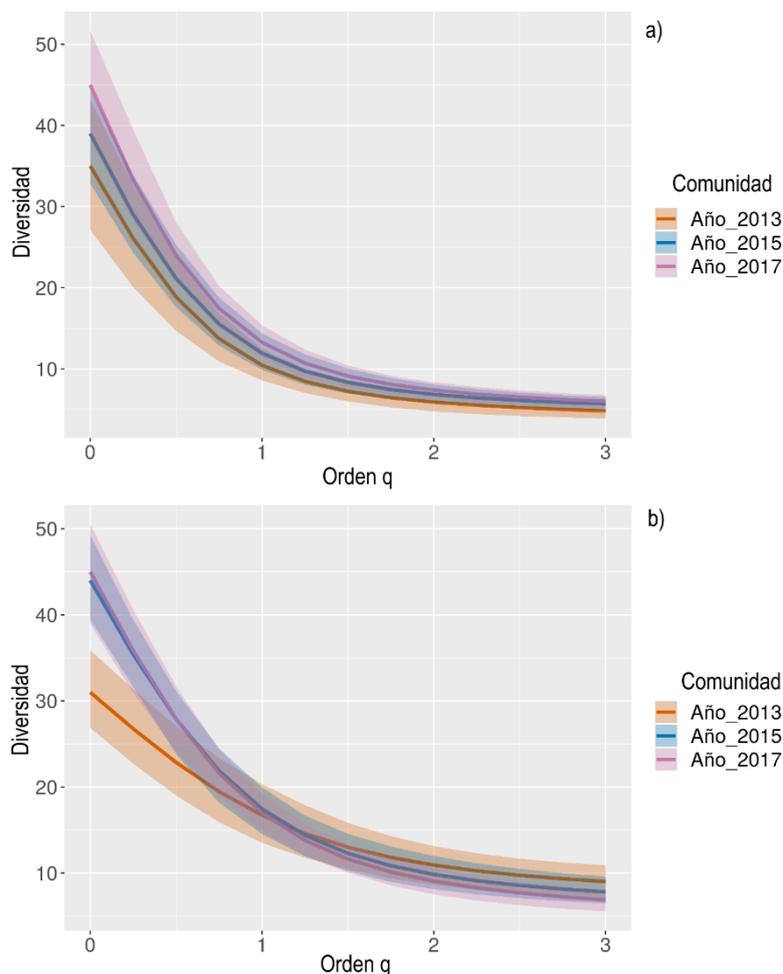


Figura 5. Perfiles de diversidad verdadera en los años 2013, 2015 y 2017. a) Escenario de restauración avanzada; b) Escenario de restauración temprana. q_0 (riqueza de especies), q_1 (especies más equitativas), q_2 (especies más dominantes).

Figure 5. True diversity profiles in the years 2013, 2015 and 2017. a) Advanced restoration scenario; b) Early restoration scenario. q_0 (species richness), q_1 (more equitable species), q_2 (more dominant species).

Discusión

La comunidad de plantas en los escenarios de restauración ecológica evaluados en el PNN Munchique, es una muestra de la vegetación de la zona de selva subandina del área protegida. Al comparar el número de especies registradas en el último periodo de monitoreo de los transectos de restauración temprana, la riqueza es mayor que lo reportado para zonas de selva subandina por [Rodríguez *et al.* \(2014\)](#) en la Cordillera Oriental, por [López *et al.* \(2015\)](#) en la meseta de Popayán y por [Gómez \(2008\)](#) en el PNN Munchique debido a que el estado de conservación de esos fragmentos de bosque evaluados se encontraban en un grado de intervención mayor. Sin embargo es un valor menor en comparación a lo presentado por [Franco-Rosselli *et al.* \(1997\)](#) para una zona de selva subandina en el pacífico nariñense y por [Sánchez \(2018\)](#) para dos zonas de vida del PNN Munchique, debido a que presentaban un mejor estado de conservación. Además, pudo haber influido que el área de estudio y el esfuerzo de muestreo en estos dos trabajos fué mayor.

Al igual que en otros estudios realizados en la zona andina, se encontró que las familias Rubiaceae y Melastomataceae fueron las más representativas en riqueza de especies ([Franco-Rosselli *et al.*, 1997](#); [Galindo-T *et al.*, 2003](#); [Rubiano *et al.*, 1994](#); [Sánchez, 2018](#)) y son consideradas como unas de las más relevantes. Así mismo, los géneros *Miconia*, *Ocotea*, *Piper*, *Meriania*, *Elaeagia* y *Cyathea* fueron los más representativos en el presente estudio, tanto como en número de especies como en abundancia y también han sido reportados en otros estudios realizados en zonas de selva subandina de la región y de suramérica ([Arellano y Macía, 2014](#); [Bolaños *et al.*, 2010](#); [Franco-Rosselli *et al.*, 1997](#); [García *et al.*, 2010](#); [Gómez, 2008](#); [Rodríguez *et al.*, 2014](#); [Velásquez *et al.*, 2012](#)).

Se presentan algunas diferencias en la composición entre los escenarios muestreados. Esta situación puede estar determinada por la diferencia en tiempo del avance de la regeneración natural de cada uno de los escenarios, estableciendo un mayor grado de conservación en restauración avanzada, ya que de acuerdo con [Rangel-Ch y Velásquez \(1997\)](#) las lauráceas son un tipo de vegetación importante en las selvas subandinas conservadas debido a su contribución en la conformación de la estructura vertical y horizontal, así como el aporte de materia orgánica y el ofrecimiento de frutos carnosos para la interacción con fauna; también se destaca en las vertientes húmedas la presencia y dominancia de especies de Rubiaceae ([Gentry, 1992](#); [Mendoza *et al.*, 2004](#)) y especies de Melastomataceae son típicas de comunidades vegetales en regeneración ([Gentry, 1992](#); [Mendoza y Ramírez, 2006](#)).

A nivel de géneros, se nota una diferencia entre la vegetación presente en los escenarios evaluados. Para la zona de restauración avanzada, la mayor riqueza de especies y abundancia la reportan los géneros *Ocotea*, *Elaeagia* y *Miconia* en tanto que los transectos de restauración temprana cuentan con una mayor riqueza y dominancia de los géneros *Miconia* y *Meriania*; ratificando el mayor grado de conservación que presenta el escenario de restauración avanzada, puesto que el género *Ocotea* de la familia Lauraceae es representativo de bosques maduros ([Rangel-Ch y Velásquez, 1997](#)) y *Miconia*, es considerado como indicador asociado con áreas de crecimiento secundario ([Gentry, 1992](#)).

En lo respectivo a la estructura de la vegetación caracterizada en los transectos de ambos escenarios, se encontraron diferencias en las alturas y DAP de los estratos arbustivo y sub-arbóreo, siendo en restauración avanzada donde se registran valores mayores que en restauración temprana lo que corrobora el estado de desarrollo temprano en que se encuentra este escenario ([Bolaños *et al.*, 2010](#)) y ratificando que los transectos del escenario de restauración avanzada se encuentran en un estado más avanzado de regeneración, como respuesta al aislamiento con un periodo de tiempo más prolongado.

Por último, la regeneración natural de la zona logró el aumento de especies vegetales y por lo tanto un aumento en los valores de los parámetros de estructura horizontal y vertical del bosque. Lo anterior se logró evidenciar con las diferencias encontradas en la composición y estructura de la vegetación entre los dos escenarios evaluados, posiblemente debido a la diferencia en el tiempo de aislamiento y a la intensidad de uso que tuvo cada zona. Esto permite validar la liberación de áreas degradadas para la regeneración natural como acción de recuperación de coberturas naturales, significando una importante estrategia de manejo que implementa el PNN Munchique, ya que permite establecer procesos para la reducción de las presiones tanto al interior como en la zona con función amortiguadora del área protegida.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todas las personas que han sido parte del equipo técnico del PNN Munchique, especialmente a Huber Pino, Martha Muñoz, Julián Medina y Huver Pechené, quienes han apoyado el trabajo de campo desde el inicio de la implementación de la estrategia REP y su monitoreo en el área protegida. A la Universidad del Cauca. Al botánico Jhon Sánchez por su trabajo realizado entre 2015 y 2017 para el desarrollo del monitoreo, con el apoyo de la Fundación Ecohábitats y World Wildlife Fund (WWF), en el marco de los convenios TW25/TW63 para el proyecto “Conservación de la biodiversidad en paisajes impactados por la minería en la región del Chocó Biogeográfico”. Finalmente, a Alex Sabogal por su asesoría para el análisis estadístico.

Referencias

- Acevedo, C. & Maya-Girón, A. (2018). Parque Nacional Natural Munchique: Generalidades y retos para la conservación del área protegida. *Revista Novedades Colombianas*, 13(1), 5-20.
- Arellano, G. & Macía, M. J. (2014). Local and regional dominance of woody plants along an elevational gradient in a tropical montane forest of northwestern Bolivia. *Plant Ecology*, 215(1), 39-54.
<https://doi.org/10.1007/s11258-013-0277-8>.
- Bolaños, G. Y., Feuillet, C. C. E., Muñoz, E. L. & Ramírez, P. B. R. (2010). Vegetación, estructura y composición de un área boscosa en el jardín botánico «Álvaro José Negret», vereda La Rejoya, Popayán (Cauca, Colombia). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 19-38.
- Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.
<https://doi.org/10.1890/11-1952.1>.
- Chao, A., Ma, K. H. & Hsieh, T. C. (2016). iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity.
- Chazdon, R. L. (2003). Tropical forest recovery: Legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6(1-2), 51-71.
<https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>.
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40), 221-268.
- Fearnside, P. M. & Guimarães, W. M. (1996). Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 80(1), 35-46.
[https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03648-2](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03648-2).

- Franco-Rosselli, P., Betancur, J. & Fernández-Alonso, J. L. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 19(1-2), 205-234.
- Galindo-T, R., Betancur, J. & Cadena-M, J. J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce, cordillera oriental colombiana. *Caldasia*, 25(2), 313-335.
- García, C., Suárez, C. & Daza, M. (2010). Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Buenos Aires, Dpto Cauca, Colombia). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(1), 74-82.
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. *Evolutionary Biology*, (15), 1-84. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6968-8_1.
- Gentry, A. H. (1992). Tropical Forest Biodiversity: Distributional Patterns and Their Conservational Significance. *Oikos*, 63, 19-28. <https://doi.org/10.2307/3545512>.
- Gómez-Girón, N. A. (2008). *Estudio florístico de dos sitios localizados en el sector El Cóndor del Parque Nacional Natural Munchique, Municipio de El Tambo, Departamento del Cauca, Colombia*. [Trabajo de pregrado para el programa de Biología]. Universidad del Cauca.
- Guariguata, M. R. & Ostertag, R. (2002). Sucesión secundaria. En: Guariguata, R. & Gustavo, H. Kattan (Ed.). *Ecología de bosques neotropicales* (pp. 591-615). Cartago, Editorial Tecnológica.
- Jost, Lou. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>.
- López, L. E., Becoche, M. J. M., Macías, P. D. J., Ruiz, M. K., Velasco, R. A. & Pineda, S. (2015). Estructura y composición florística de la reserva forestal - Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Luna Azul*, 41, 131-151. <https://doi:10.17151/luaz.2015.41.8>.
- Mendoza, H., Ramírez, B. & Jiménez, L.C. (2004). *Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mendoza, H. & Ramírez, B. (2006). *Guía ilustrada de géneros Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Moreno, C. E., Pineda, E. & Numa, P. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>.
- Parque Nacional Natural Munchique. (2014). *Plan de manejo del Parque Nacional Natural Munchique*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Rangel-Ch., Orlando & Lozano-C., Gustavo. (1986). Un perfil de vegetación entre la plata (Huila) y el volcán del Puracé. *Caldasia*, XIV(68-70), 503-547.
- Rangel-Ch, J. O. & Velásquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En: J. O. Rangel-Ch., J. O., Lowy-C., P. D. & Agular-P., M. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica II, Tipos de Vegetación en Colombia* (Pp. 59-88). Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Resolución 0247, 0. (2007). Diario oficial No. 46.862 de 5 de enero de 2008. Colombia.

- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M. & Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos* (Segunda Ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rodríguez, F., Barragán, R. J. B. & Esquivel, H. E. (2014). Estructura y composición florística de dos fragmentos de bosques premontanos en el municipio de Villeta, Cundinamarca. *Revista de Ciencias*, 18(2), 39-50.
<https://doi.org/10.25100/rc.v18i2.6093>.
- Rubiano, J. L., Ortiz, R. & Dueñas, H. (1994). Caracterización fisionómica, estructural y florística de un área selvática en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Biología Tropical*, 42(1/2), 89-105.
- Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. C. & Sarmiento, A. (2007). *Biodiversidad y actividad humana : Relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- Sánchez, J. A. (2018). Composición y estructura de la vegetación en dos zonas de vida del Parque Nacional Natural Munchique (Tambo, Cauca, Colombia). *Novedades Colombianas*, 13(1), 21-47.
- Sarmiento, A., Galán, F. A., Mesa, C., Castaño, E., Delgado, C. L. & Ariza, F. (2002). *Metodología de Índices Sintéticos de Estado de los Ecosistemas y Relación con Índices de Presión y Respuesta Antrópica*. Programa Nacional de Desarrollo Humano - Departamento Nacional de Planeación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Vallejo-Joyas, M. I., Londoño-Vega, A. C., López-Camacho, R., Galeano, G., Álvarez-Dávila, E. & Devia-Álvarez, W. (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes*. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Velásquez, R. J. O., Maniguaje, N. L. & Duque, A. J. (2012). Diversidad y dinámica de un bosque subandino de altitud en la región norte de los Andes Colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 943-952.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v60i2.4029>.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F. & Umaña, A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (Segunda Ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Anexos

Anexo 1. Listado de plantas registradas en ambos escenarios durante los periodos evaluados

Familia	Especie	Restauración avanzada			Restauración temprana		
		2013	2015	2017	2013	2015	2017
ACTINIDACEAE	<i>Saurauia</i> cf. <i>brachybotrys</i>	1	1	1	1	2	2
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex</i> sp.				1	2	1
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i> sp.	1	2	3			
ASTERACEAE	<i>Baccharis</i> sp.		2	1			

Familia	Especie	Restauración avanzada			Restauración temprana		
		2013	2015	2017	2013	2015	2017
	<i>Liabum stipulatum</i> cf.	1	2				
	<i>Mikania banisteriae</i> cf.				3	3	2
BEGONIACEAE	<i>Begonia parviflora</i>	1	3	3			
CALOPHYLLACEAE	<i>Marila</i> sp.	2	6	8	2	2	3
CHLORANTHACEAE	<i>Hedyosmum</i> cf. <i>bonplandianum</i>					5	5
CLUSIACEAE	<i>Clusia</i> sp.		1	1			
	<i>Clusia</i> cf. <i>magnifolia</i>						1
CYATHEACEAE	<i>Cyathea</i> sp.		2	2	23	40	59
	<i>Cyathea</i> sp. 2	5	10	14			
	<i>Cyathea</i> sp. 3			1			
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxyllum</i> sp.	1	1	1			
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha macrostachya</i>	9	12	11			
	<i>Alchornea</i> cf. <i>latifolia</i>				5	5	6
	<i>Mabea</i> sp.		1	1			
	<i>Tetrorchidium</i> cf. <i>euryphyllum</i>				1	1	1
	<i>Tetrorchidium popayanense</i>				1	1	1
FABACEAE	<i>Inga</i> cf. <i>sierrae</i>				1	2	2
	<i>Inga</i> sp. 1		1	1			
	<i>Inga</i> sp. 2						1
HYPERICACEAE	<i>Vismia cayanensis</i>	3	4	1			

Familia	Especie	Restauración avanzada			Restauración temprana		
		2013	2015	2017	2013	2015	2017
JUGLANDACEAE	<i>Alfaroa colombiana</i>				1	1	2
LAURACEAE	<i>Ocotea</i> sp. 1				1	1	1
	<i>Ocotea</i> sp. 2						1
	<i>Ocotea</i> sp. 3				1	1	1
	<i>Ocotea</i> sp. 4						1
	<i>Ocotea</i> sp. 5				1	1	1
	<i>Ocotea</i> sp. 6	1	1	1			
	<i>Ocotea</i> sp. 7			1			
LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera andina</i>		1	1	1	1	1
	<i>Eschweilera caudiculata</i>				1	2	2
	<i>Eschweilera</i> cf. <i>andina</i>				1	1	1
MALVACEAE	<i>Heliocarpus americanus</i>	1	1				
	<i>Spirotheca rhodostyla</i>				1	1	1
MELASTOMATACEAE	<i>Henrietella trachyphylla</i>		2	2			
	<i>Meriania hexamera</i>	1	1	1	1	1	1
	<i>Meriania speciosa</i>	17	51	65	1	8	7
	<i>Miconia aeruginosa</i>	7	27	19			
	<i>Miconia</i> aff. <i>caudata</i>		1	2			
	<i>Miconia</i> cf. <i>smargdina</i>						1
	<i>Miconia</i> sp. 3	1	2	2			
<i>Miconia</i> sp. 5	1	1	1				

Familia	Especie	Restauración avanzada			Restauración temprana		
		2013	2015	2017	2013	2015	2017
	<i>Miconia theizans</i>	16	42	37	67	69	48
	<i>Tibouchina</i> sp.	1	1	1			
	<i>Topobea</i> sp.	1	2	4			
MONIMIACEAE	<i>Monimiaceae</i> sp.			1			
MORACEAE	<i>Ficus</i> cf. <i>andicola</i>				1	1	1
	<i>Ficus</i> <i>garcia-barrigae</i>				1	1	1
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i> sp.	3	4	5			
PIPERACEAE	<i>Piper aduncum</i>					1	
	<i>Piper</i> cf. <i>crassinervium</i>	1	4	4		1	1
	<i>Piper</i> sp. 2	1	1	1			
	<i>Piper</i> sp. 3		9	10			
	<i>Piper</i> sp. 4		1	2			
PRIMULACEAE	<i>Myrsine coriacea</i>				3	2	2
ROSACEAE	<i>Prunus</i> cf. <i>Integrifolia</i>				1	1	1
RUBIACEAE	<i>Elaeagia karstenii</i>	2	2	2	1	1	1
	<i>Elaeagia</i> sp. 1	14	22	24	40	70	83
	<i>Elaeagia</i> sp. 2				3	6	7
	<i>Guettarda tournefortiopsis</i>				2	2	2
	<i>Isertia pittieri</i>	2	3	2	24	24	18
3	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	2		3	3	5	6

Familia	Especie	Restauración avanzada			Restauración temprana		
		2013	2015	2017	2013	2015	2017
	<i>Palicourea angustifolia</i>		1	1	1	2	10
	<i>Palicourea</i> cf. <i>pyramidalis</i>	1	2	3	2	10	21
	<i>Palicourea</i> sp. 2						1
	<i>Palicourea</i> sp. 3		1	1			
SALICACEAE	<i>Banara guianensis</i>	2	3	2			
	<i>Banara</i> sp.	1	1	1			
	<i>Casearia</i> cf. <i>arborea</i>				1	1	1
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna</i> aff. <i>laurifolia</i>					1	1
SOLANACEAE	<i>Cestrum schlechtenahlii</i>						1
	<i>Cestrum</i> sp.		1	1			
	<i>Solanum aphyodendron</i>				1	1	1
	<i>Solanum</i> sp.	1	4	4			
URTICACEAE	<i>Cecropia gabrielis</i>	1	2	2	10	10	8