

EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES ESTADOS DE SUCESIÓN NATURAL EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO, DEPARTAMENTO DEL CESAR EN COLOMBIA

EVALUATION OF THE DIFFERENT STATES OF NATURAL SUCCESSION IN THE MUNICIPALITY OF PUEBLO BELLO, DEPARTMENT OF CESAR IN COLOMBIA.

RUDAS, A. ¹, MENDOZA, E. ²

¹ **Antonio Rudas Muñoz, Ingeniero Forestal Msc, docente Maestría en Gestión Ambiental, anrudas@areandina.edu.co, ORCID <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-8401-6071>**

² **Eder David Mendoza Corzo, Ingeniero Ambiental Esp., Estudiante de Maestría en Gestión Ambiental, Emendoza44@estudiantes.areandina.edu.co, ORCID <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-8401-6089>**

Entidad:

Fundación Universitaria del Área Andina

Ciudadela Universitaria. Valledupar, Departamento del Cesar, Colombia.

Tel: 57(605) 5897879

Recibido: 05/02/2023/ Aceptado: 15/06/2023

RESUMEN

Con la finalidad de conocer el estado del suelo en diferentes estados sucesionales de las coberturas vegetales naturales, se inició con la interpretación de imágenes de satélite en la vereda Montes Grandes del municipio de Pueblo Bello en Colombia, para buscar formaciones asociadas a coberturas naturales arbóreas. Se seleccionó una formación en proceso de sucesión natural con 30 años de edad, un bosque natural adulto, y un cultivo agroforestal que incluye café, sembrado hace tres años, con árboles nativos adultos. En cada una de estas formaciones se levantó una parcela de un décimo de hectárea, dentro de estas se levantaron todas las plantas que tuviesen una altura mínima de 1,3 metros y un diámetro a la altura del pecho de 3,5 centímetros. Se hizo la colecta de especímenes, la determinación de las especies, el cálculo del número de individuos, especies, familias y algunos indicadores ecológicos. También se tomaron muestras de suelos, las cuales fueron analizadas por un laboratorio de suelo certificado, obteniendo como resultado de todo el ejercicio que la formación vegetal vegetación secundaria presenta el mayor número de especies y de individuos por unidad de área, que los árboles más altos se encuentran en los sistemas agroforestales y el mayor volumen de biomasa viva se encuentra en el bosque natural adulto. En cuanto al suelo, los sistemas agroforestales presentaron altos niveles por encima de las demás formaciones de materia orgánica, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico y magnesio. La formación vegetación secundaria presenta los valores más altos en fósforo, azufre y saturación de calcio, mientras que el bosque natural adulto lidera los valores de manganeso.

Palabras clave: Estados de Sucesión Natural, Fitorremediación de Suelos, Formaciones Vegetales, Coberturas Vegetales, Bosques Naturales.

ABSTRACT

In order to know the state of the soil in different successional stages of natural plant covers, we began with the interpretation of satellite images in the Montes Grandes village of the municipality of Pueblo Bello in Colombia, to search for formations associated with natural tree covers, a formation in the process of natural succession with 30 years of age, an adult natural forest, and an agroforestry crop that includes coffee, planted three years ago, with adult native trees, in each of these formations a plot of a tenth of a hectare, within these all the plants that had a minimum height of 1.3 meters and a diameter at breast height of 3.5 centimeters were raised, the collection of specimens was made, the determination of the species, the calculation of the number of individuals, species, families and some ecological indicators, soil samples were also taken, these were analyzed by a soil laboratory certificate, obtaining as a result of the whole exercise that the secondary vegetation plant formation presents the largest number of species and individuals per unit area, that the tallest

trees are found in agroforestry systems and the largest volume of living biomass is found in the mature natural forest. Regarding the soil, the agroforestry systems presented high levels above the other formations of organic matter, organic carbon, cation exchange capacity, magnesium, the secondary vegetation formation presents the highest values in phosphorus, sulfur and calcium saturation, while that the adult natural forest leads the manganese values.

Keywords: States of Natural Succession, Soil Phytoremediation, Plant Formations, Plant Covers, Natural Forests

1. INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas ambientales que ha tomado mayor importancia a escala global es la desertificación. Esta se define como la degradación de suelos y tierras en ecosistemas secos (PNUMA, 1997). Autores como la Convención de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD, 2017), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2015), la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA, 2015), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2016), entre otros, hacen énfasis en la pérdida de los bienes y servicios ecosistémicos de suelos y tierras. Igualmente, aportan que esta degradación tiene consecuencias adversas como la pérdida de la seguridad hídrica, pérdida de la seguridad alimentaria, incremento de la pobreza y procesos migratorios, entre otros.

En esta investigación se presenta el estudio de los estados de regeneración natural dentro de las áreas afectadas por actividades antrópicas identificadas en el municipio de Pueblo Bello, Cesar, el cual se localiza en la Sierra Nevada de Santa Marta.

El modelo implementado para llevar a cabo esta investigación se basó en la metodología de CORINE Land Cover (CLC) adaptada a Colombia (CLCC), aplicando los enfoques que realizaron el IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA (2008), e IDEAM (2010), y para la recolección de información en campo se aplicó el décimo de hectárea propuesto por Gentry (1988 y 1993), modificada por Mendoza H. (1999).

Por último, los datos sobre composición de especies, diversidad y estructura de los bosques secundarios encontrados en nuestro estudio son valiosos para definir un conjunto de parámetros objetivos, para evaluar y monitorear los programas de restauración, construyendo un marco de referencia con el propósito de evaluar el éxito de las iniciativas de restauración resaltando la importancia del potencial de regeneración natural como parte de los programas de restauración a gran escala.

2. ESTADO DEL ARTE

Bezerra et al. (2021) evaluaron cómo la composición y diversidad florística del bosque son influenciadas por la explotación forestal, encontrando que la densidad de individuos difería con el tiempo desde la tala. Chen et al. (2014) evaluaron y compararon los efectos de tres tratamientos de restauración y como resultado, las especies frondosas predominaron en el bosque bajo regeneración natural, mientras que en los otros dos tratamientos hubo mayor presencia de especies coníferas. Suárez y Vargas (2019), en un estudio de la composición florística de un bosque seco en Colombia, determinaron 93 especies, 68 géneros y 37 familias. La familia con mayor número de especies fue Fabácea con catorce, seguida de Bignoniácea y Malvácea con seis, Meliácea con cinco, y finalmente Anacardiácea, Euphorbiácea y Morácea representadas por cuatro especies cada una. Almazán et al. (2012) analizaron la composición, diversidad y estructura de los árboles y arbustos, encontrando 4.620 individuos correspondientes a 55 especies arbóreas y 28 arbustivas, 57 géneros y 30 familias. Fabácea, con 22 especies, seguidas de Burserácea (13), Euphorbiácea (5),

Rubiácea (5) y Anacardiácea (4), representaron el 59% del total de especies registradas (da Silva Junior, y otros, 2021). Analizaron las condiciones ecológicas de un remanente de bosque estacional semideciduo ecotonal en el bioma pampa, encontrando que no hubo diferencias significativas en densidad y frecuencia entre los regímenes selectivos de hábitat.

Zeng y Fischer (2021) analizaron la eficiencia de dos estrategias de restauración forestal utilizando el roble común tropical *Quercus bambusifolia*. Obtuvieron árboles generados muy similares genéticamente a los más viejos, ilustrando que la diversidad genética de los propágulos es un contribuyente determinante a este problema y el uso de propágulos genéticamente diversos puede mantener o incluso mejorar la diversidad genética en comparación con la regeneración natural. Wu y otros, (2020) evaluaron la dinámica del carbono y el nitrógeno del suelo durante la restauración de la vegetación, obteniendo como resultado que la vegetación puede mejorar significativamente el carbono del suelo y secuestro de nitrógeno en áreas kársticas (de Souza Barbosa, y otros, 2022). Evaluaron métodos de restauración de ecosistemas en áreas degradadas por la minería, observando que la diferencia de métodos no fue significativa.

Se identificaron cuatro especies con algún estado de conservación: *Cedrela odorata*, *Genipa americana*, *Swietenia macrophylla* e *Hymenaea parvifolia*, todas nativas de la Amazonía oriental. Carón, Dalmasso, Ortín & Verheyen (2015) evaluaron las diferentes alternativas de restauración de un ecosistema de bosque tropical seco, en donde se concluyó que la recuperación del bosque está fuertemente condicionada por la naturaleza y el tiempo de ocurrencia de los disturbios. Mir, Dad, Singh & Kamili (2022) evaluaron el estado de restauración pasiva y su influencia sobre la salud del suelo, la estructura vegetal y las reservas de carbono en los bosques de

pino de Kashmir Himalaya, India. Los resultados obtenidos exhibieron suelos franco-arcillosos con pH 6.67, conductividad eléctrica 0.11, densidad aparente ($Mg\ m^{-3}$) 1.31, SOC y TN ($g\ kg^{-1}$) 10,21 y 0,63; Después de la restauración, los resultados mostraron suelos franco-arcillosos tanto en RT como en NR, lo que indica que la textura del suelo había cambiado poco, con menor acidez. Wang, Zhang, Li, Zhang & Yang (2018) analizaron los efectos de la erosionabilidad del suelo influenciada por el tiempo de restauración natural de tierras de cultivo abandonadas en la meseta de Loess de China. Los resultados mostraron que Coh, Ks, NDI y MWD aumentaron generalmente cuando la edad de restauración era < 25 años, y luego se mantuvieron relativamente estables hasta la edad de restauración de 33 años. Mientras que el PR y K disminuyeron gradualmente con la edad de restauración, y tendieron a estabilizarse después de 19 años de abandono.

Zanini et al. (2021) evaluaron el efecto de los métodos de restauración ecológica sobre las reservas de carbono. Los resultados muestran que el reservorio de carbono más grande fue el suelo. El análisis de isótopos mostró que las entradas de carbono en el suelo tenían diferentes fuentes, plantas C3 o C4, según el método. Dangwal et al. (2022) estudiaron si la restauración forestal mejora la diversidad vegetal y las reservas de carbono en los bosques subtropicales del Himalaya occidental. Los resultados revelan que la técnica aplicada mejoró la riqueza de especies de plantas leñosas en un 66,4% con un total de 125 especies en comparación con las 42 especies del bosque natural. De manera similar, la reserva de carbono sobre el suelo en el arboreto fue 38% mayor (49,5 Mg/ha) en comparación con el bosque natural (30,8 Mg/ha). Crouzeilles et al. (2017) estudiaron si el éxito de la restauración ecológica es mayor para la regeneración natural que para la restauración activa en los bosques tropicales. El éxito de la restauración

de la biodiversidad y la estructura de la vegetación fue de 34 a 56% y de 19 a 56% mayor en la regeneración natural que en los sistemas de restauración activa. Las respuestas de biodiversidad se basaron principalmente en métricas ecológicas de abundancia y riqueza de especies (74%).

Medeiros et al. (2021) realizaron una comparación de la composición del banco de semillas del suelo a lo largo de una cronosecuencia de regeneración natural de la Floresta Nacional Caxiuanã, Amazonia oriental. Obteniendo que la composición del banco de semillas cambió gradualmente y se diferenció de la vegetación en pie, esto revela la importancia de la dispersión y conectividad del hábitat para la regeneración natural de estos bosques. Wang et al. (2021) evaluaron la viabilidad de utilizar el banco de semillas del suelo para la regeneración natural de pastizales en la región de Wulanaodu, China. Se obtuvo que la región tiene una densidad de banco de semillas de suelo y una riqueza de especies muy bajas, así como comunidades de banco de semillas de suelo empobrecidas. Estos resultados sugirieron que el banco de semillas del suelo podría no ser factible para proporcionar suficiente fuente de semillas para la regeneración natural.

Dos Santos et al. (2019) evaluaron los efectos de los incendios forestales en la vida de los bosques del Atlántico, obteniendo que las áreas de regeneración se relacionaron principalmente con la proximidad de los fragmentos remanentes y las porciones del paisaje que reciben la menor cantidad de radiación solar global. Además, las áreas urbanas y carreteras favorecieron los incendios forestales. Christopoulou et al. (2022) investigaron 18 sitios la regeneración natural post-incendio, encontrando que la variable más importante fue la distancia a los parches no quemados, corroborando la importancia de mantener rodales resistentes al fuego con árboles grandes que tengan más probabilidades de sobrevivir después de un

incendio superficial y que también puedan servir como fuentes de semillas para la recolonización del área quemada después de incendios severos de copa. Vega et al. (2018) determinaron que los rodales del sureste de España recuperaron rápidamente los valores de diversidad alfa, *Pinus halepensis* Mill., principalmente en áreas quemadas con poca severidad. Bajo una quema de severidad moderada encontramos el mayor número de plántulas de pino carrasco. Las herramientas de restauración deben enfocarse en reducir la severidad de los incendios, principalmente en áreas con alto riesgo de desertificación, y promover la resistencia, vulnerabilidad y resiliencia de estos ecosistemas.

Zivec et al. (2021) identificaron que la vegetación que se regenera de forma natural en los campos antiguos presentaba similitudes con la vegetación remanente. La vegetación leñosa tiende a regenerarse en estos campos antiguos con una densidad relativamente alta con el tiempo suficiente (30–40 años), pero antes de esto, se produce una recuperación estructural muy limitada. Juricka et al. (2020) revelaron en su estudio cinco categorías cualitativas de regeneración forestal, lo que nos permitió evaluar los impactos tanto del pastoreo como de las condiciones ambientales en el proceso de regeneración, encontrando que el pastoreo es un factor crucial y afecta negativamente a la regeneración. Axer et al. (2022) encontraron que la densidad de regeneración disminuye al aumentar la distancia del grupo de hayas. Se encontró regeneración de hayas hasta distancias de 69 m, con 3,41 veces mayor densidad de regeneración en comparación con las zonas donde no se encontraron hayas.

Leiva et al. (2019) estudiaron la cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica, observando una alta variación edáfica en áreas <1 ha de bosques secundarios y en áreas <0.5 ha de bosques maduros (>100

años). Ibrahem et al. (2021) evaluaron la idoneidad del hábitat para la regeneración natural, el resultado arrojó que la mayoría de las plántulas de *C. libani* (93%) tenían un buen estado de salud. El 63,64 % de *C.* indican que el 9,5% del área de Slenfeh es apta para la regeneración natural de *Cedrus libani*, mientras que el 78,23% de esta región no es apta. Najera et al. (2020) analizaron patrones de regeneración natural en bosques mixtos de pino-encino típicos de edades desiguales. Los resultados indican que la regeneración de árboles jóvenes fue marginal. El primer número máximo de árboles jóvenes se detectó dentro del dosel a unos 81 cm del borde del claro, formando patrones espaciales de tipo anillo alrededor. Schwartz et al. (2017) evaluaron la regeneración natural de bosques explotados en tres sitios diferentes de la Amazonía oriental dos años después de la tala. Se pudo establecer que las especies comerciales que demandan luz presentaron su mayor densidad en ambientes de tala tales como claros de tala, pistas de arrastre y bordes de cubiertas de troncos. Las especies comerciales tolerantes a la sombra fueron más comunes en los claros naturales y de tala. De las densidades de especies aprovechadas en los tres sitios de estudio, solo el 26,3% estuvo representado por ≥ 5 individuos. Rocha et al. (2016) evaluaron la regeneración natural rápida en pastizales abandonados en el sur de la Amazonía a partir de la instalación de parcelas de 314 m abandonados y sometidos a un uso prolongado (promedio de 9 años). Como resultado la densidad de especies aumentó, la ocurrencia de especies raras aumentó con el tiempo después de la invasión de los pastos y desde el último uso tuvieron un efecto significativo en la regeneración natural. Doroski et al. (2018) identificaron factores que impulsan la regeneración natural debajo de un bosque urbano plantado, induciendo la regeneración de estas plantaciones y se conviertan en rodales de bosques nativos que se regeneren naturalmente. La combinación del tratamiento de arbusto nodriza con

compost y tratamientos de composición de especies, aumentó el reclutamiento de plántulas en un 47 % y un 156 %, el tratamiento con arbusto nodriza por sí solo disminuyó el reclutamiento de plántulas en un 5% y el reclutamiento de plántulas nativas en un 35%. Olupot (2022), en la selva tropical de Uganda, estudió que la mayoría de los análisis de las densidades de plántulas y árboles jóvenes y la diversidad de especies de árboles nativos mostraron las densidades de árboles jóvenes y la riqueza de especies mostraron relaciones negativas entre la cobertura de moreras. Heymann et al. (2019) encontraron que las semillas dispersadas por los tamarinos en el bosque secundario dieron como resultado un mayor éxito en el establecimiento de plántulas en comparación con las semillas dispersadas dentro del bosque primario. La velocidad de viaje de los titíes es más alta temprano en la mañana; por lo tanto, tienen una mayor probabilidad de dispersarse a distancias más grandes.

Safdi et al. (2020) evaluaron el monitoreo satelital de los esfuerzos de reforestación natural en las tierras secas de China, los resultados muestran que la señal de fotosíntesis aumentó más en el lado más lluviosos, en el lado seco esta disminución probablemente se deba a una disminución de la cubierta vegetal debido a las duras condiciones ambientales (Olivares et al., 2019).

3. UBICACIÓN GENERAL DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN.

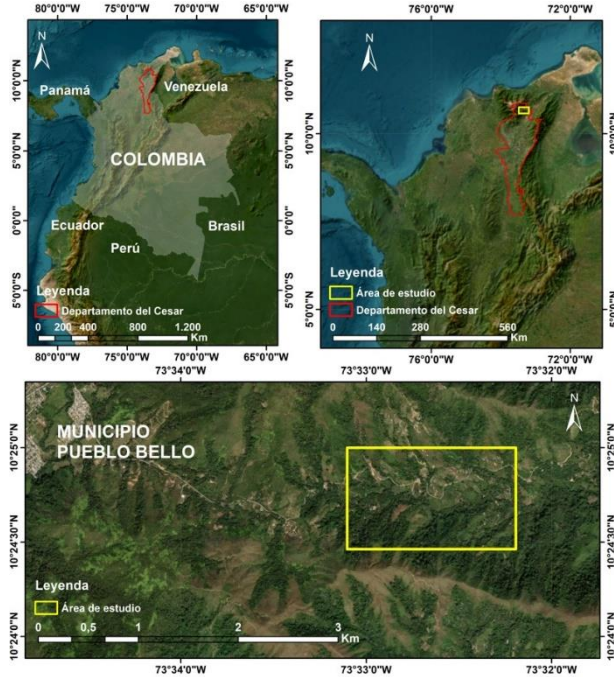
La investigación tuvo una realización en campo en la costa caribe colombiana, en la subregión norte del departamento del Cesar, en la vereda Monte Grande del municipio de Pueblo Bello (Figura 1).

4. METODOLOGÍA

La presente investigación es mixta, contiene componentes de tipo cuantitativo y

cuantitativos, el análisis de coberturas alfanumérico, investigación aplicada, descriptiva, incluye trabajo de campo y la aplicación de desarrollo y tecnológico de las tecnologías de la informática.

Figura 1. Ubicación General de la investigación.



Fuente: Autores

Mediante la utilización de imágenes de satélite Landsat 8 ETM del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS) con resolución espacial de 30 m (<http://www.usgs.gov/>), se actualizó la información de coberturas de bosque seco tropical en el municipio de Pueblo Bello, específicamente en el área objeto de estudio, utilizando la nomenclatura seleccionada para la clasificación de las coberturas. Se basó en la metodología de CORINE Land Cover (CLC) adaptada a Colombia (CLCC), aplicando los enfoques que realizaron el IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA (2008) e IDEAM (2010).

Para la recolección de información en campo se aplicó el décimo de hectárea propuesto por Gentry (1988 y 1993), modificada por Mendoza (1999), en cada una de las formaciones vegetales asociadas a coberturas arbóreas naturales identificada. Este método consiste en realizar diez parcelas en línea

recta de 50 x 2 m, distanciadas 25 m y distribuidas perpendicularmente a la pendiente. En cada subparcela se censaron todas las plantas con diámetro a la altura del pecho (DAP) 1cm y altura mínima de 1,5 m. De los individuos se registró el hábito de crecimiento, se estimó la altura y se recolectaron 3 muestras por individuos para su posterior herborización y consignación en herbario, acorde con lo propuesto por la red Latin American and Caribbean Seasonally Dry Tropical Forest Floristic Network -DryFlor- (<http://www.dryflor.info/>).

En cada una de las formaciones vegetales asociadas a vegetación natural arbórea identificadas, se fotografiaron, georreferenciaron y colectaron muestras botánicas de las especies vegetales presentes con el fin de hacer una aproximación a la composición florística. Esta labor se realizó durante un periodo tal que cubrió la floración de las especies de nuestra área de estudio (Villamizar *et al.*, 2019).

Se realizaron recorridos de colecta libre que permitieron complementar el listado florístico del área.

Las muestras colectadas en campo son prensadas y secadas y posteriormente su reconocimiento se da mediante la aplicación de claves taxonómicas y floras existentes para la determinación de familias, géneros y especies, finalmente fueron consignadas en herbario (Bonilla *et al.*, 2021).

Con los datos obtenidos en campo se procedió para cada una de las parcelas en estudio a ordenar y calcular lo siguiente:

Listado de Especies. Se ordenó la información tomando en consideración el nombre vernáculo o común, el nombre científico y la familia de los individuos presentes en las parcelas.

Se realizó el cálculo del Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA) (Serrano, 2001), el coeficiente de mezcla, coeficientes de similitud, índices de diversidad (Moreno, 2001).

Suelos. Se colectaron muestras de suelos en cada una de las parcelas (décimo de hectárea), a estas se les realizó en un laboratorio certificado la caracterización de su contenido mineral de elementos mayores y elementos menores para comparar los resultados de la dinámica del suelo con los diferentes estados de la cobertura vegetal.

5. RESULTADOS

El presente estudio se realizó en la vereda Montes Grandes del municipio de Pueblo Bello en el departamento del Cesar en Colombia (Araujo & Rivera, 2020).

Luego del análisis de las coberturas naturales presentes en el área de estudio, mediante el uso de un software libre se definieron las coberturas, de acuerdo con las tonalidades encontradas en las imágenes, las cuales fueron verificadas en campo, encontrando las siguientes formaciones vegetales.

5.1 Cobertura de suelos del área objeto de estudio

Mediante el uso de Argis 2.0 se definieron las coberturas, de acuerdo con las tonalidades encontradas en las imágenes, las cuales fueron verificadas en campo en un muestreo de cinco puntos por cada cobertura encontrada, obteniendo las siguientes coberturas (Flórez *et al.*, 2019).

5.2 Bosques naturales

Esta unidad corresponde a la cobertura boscosa natural, nativa, áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida (IDEAM 2010). De acuerdo

con FAO (2001), esta cobertura comprende los bosques naturales.

Esta unidad la encontramos en las partes altas con fuertes pendientes del área objeto de estudio, con suelo con limitaciones para la producción agropecuaria, que por lo difícil que resulta su explotación agrícola la vegetación natural alcanza la madurez.

Las áreas de bosque en el área objeto de estudio son relictuales, muy pocas, las existentes están asociadas a zonas con fuertes pendientes.

5.3 Cultivos permanentes arbóreo

Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación (Alonso *et al.*, 2020).

Cobertura compuesta por cultivos agrícolas permanentes. En el área objeto de estudio este tipo de cobertura ocupa la mayor parte del área, los cultivos identificados son banano, café y cacao, cítricos, aguacate y en menor proporción cultivos de pan coger. Se pudo evidenciar dos esquemas en los sistemas de producción en sistemas agroforestales con café, uno es el cultivo del café mezclado con otros cultivos como el banano (principalmente), árboles maderables y plátano; el segundo esquema es el cultivo de café debajo del bosque natural.

5.4 Vegetación secundaria (rastros)

Esta cobertura corresponde a terrenos que fueron cubiertos con vegetación boscosa, luego sembrados con cultivos transitorios y finalmente después de cosechar son abandonados, para ser colonizados por vegetación secundaria, o praderas de pasto que por falta de manejo o abandono son cubiertas con vegetación secundaria.

Las áreas con cubiertas boscosas naturales, en su gran mayoría son vegetación secundaria. Se originan porque el bosque

original fue talado para realizar alguna labor de cultivo, luego es abandonado por algún motivo y crece nuevamente la vegetación natural. Cada uno de los predios con vegetación natural tiene sus historias (orígenes) y edades, lo cual es objeto de estudio en la presente investigación.

5.5 Levantamiento de parcelas

Se encontraron tres tipos de formación de vegetación (asociadas a coberturas de vegetación natural), la primera es el bosque secundario con 30 años de edad o vegetación sucesional, y la segunda es un relicto de bosque natural adulto. Adicionalmente encontramos áreas de cultivos de café debajo de árboles forestales nativos adultos en sistemas agroforestales. Se definió establecer una parcela (con 10 subparcelas) permanente en cada una de estas tres áreas y realizar los levantamientos de información encontrando lo siguiente:

Las especies encontradas en la formación vegetación secundaria fueron 28, repartidas en 395 individuos con diámetros superiores a 3,5 centímetros (Tabla 1).

Tabla 1. Especies encontradas en la formación vegetal, vegetación secundaria.

Especies	No
Aristolochia maxima L.	5
Astronium graveolens Jacq.	6
Attalea butyracea (Mutis ex L.f.) Wess.Boer	1
Bravaisia integerrima (Spreng.) Standl.	1
Cecropia peltate	1
Cinnamomum triplinerve (Ruiz & Pav.) Kosterm.	19
Cnidoscolus urens (L.) Arthur	75
Croton fragans kunth.	4
Croton gossypifolius	29
Croton gossypifolius Vahl	4
Croton hibiscifolius	7
ficus insipida Willd.	1
Hymenaea courbaril L.	2
Inga sp	2
Machaerium biovulatum Micheli	3
Maclura tintorea (L.) D.Don ex Steud.	1
Mucuna mollis (Kunth)DC.	8
Persea sp	1

Piper aduncum	131
Psidium sp	6
Rhus striata (Ruiz & Pav.) (sin. Toxicodendron striatum)	6
Spondias mombin L.	4
Tabernaemontana litoralis Kunth.	1
Trema micrantha (L.) Blume	3
Trichilia martiana C.DC.	2
Triplaris americana; (L.) Pav. ex Meisn.	54
Vitis vinifera subsp. Sylvestris	4
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	14
Total general	395

Fuente: Autores

Las especies encontradas en la formación cultivos permanentes son 12, repartidas en 41 individuos con diámetros superiores a 3,5 centímetros (Tabla 2).

Tabla 2. Especies encontradas en la formación vegetal, cultivo permanente.

Especie	No
Bursera simaruba (L.) Sarg.	2
Carica papaya L.	1
Cecropia peltate	2
Cinnamomum triplinerve (Ruiz & Pav.) Kosterm.	3
Cnidoscolus urens (L.) Arthur	1
Cupania americana L.	8
Inga sp	14
Jacaranda copaia ssp. spectabilis (Mart. Ex DC.)	3
Musa paradisiaca L.	4
Persea sp	1
Spondias mombin L.	1
Tabebuia rosea (Bertol.) Bertero ex A.DC.	1
Total general	41

Fuente: Autores

Las especies encontradas en la formación bosque natural son 20, repartidas en 209 individuos con diámetros superiores a 3,5 centímetros (Tabla 3).

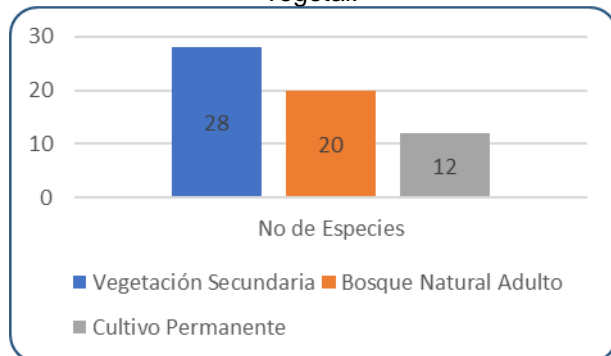
Tabla 3. Especies encontradas en la formación vegetal, bosque natural adulto.

Especie	No
Aristolochia maxima L.	5
Bactris gasipaes Kunth.	5
Bauhinia glabra Jacq.	3
Cecropia peltate	2

Cinnamomum triplinerve (Ruiz & Pav.) Kosterm.	14
Clusia multiflora Kunth.	2
Cnidoscolus urens (L.) Arthur	14
Cordia alliodora(Ruiz & Pav.) Oken	1
Croton fragans kunth.	2
Croton gossypifolius	27
Cupania americana L.	36
Inga sp	22
Jacaranda copaia ssp. spectabilis (Mart. Ex DC.)	1
Maclura tintorea (L.) D.Don ex Steud.	3
Mucuna mollis (Kunth)DC.	15
NN	1
Piper aduncum	52
Psychotria carthagenensis Jacq.	2
Tabebuia rosea (Bertol.) Bertero ex A.DC.	1
Tabernaemontana litoralis Kunth.	1
Total general	209

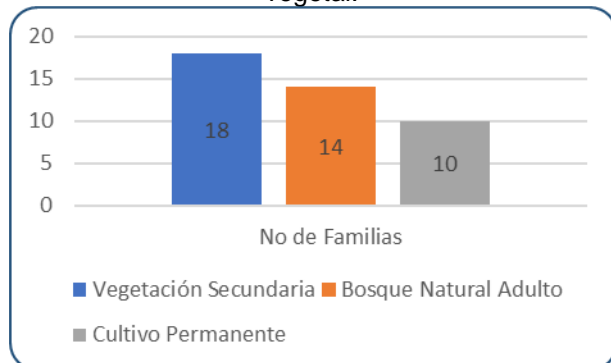
Fuente: Autores

Figura 1. Número de especies por formación vegetal.



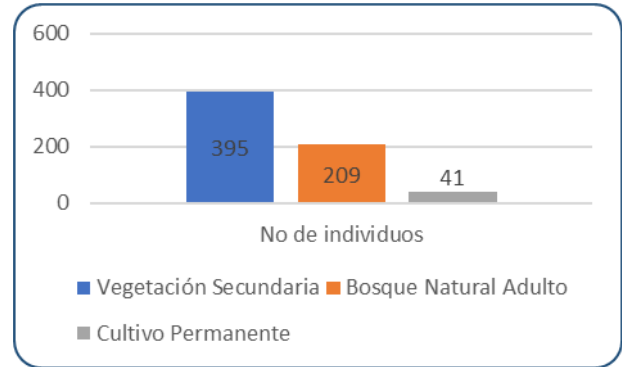
Fuente: Autores

Figura 2. Número de familias por formación vegetal.



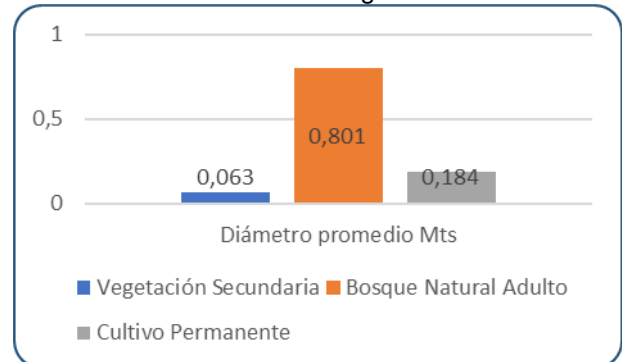
Fuente: Autores

Figura 3. Número de individuos por parcela.



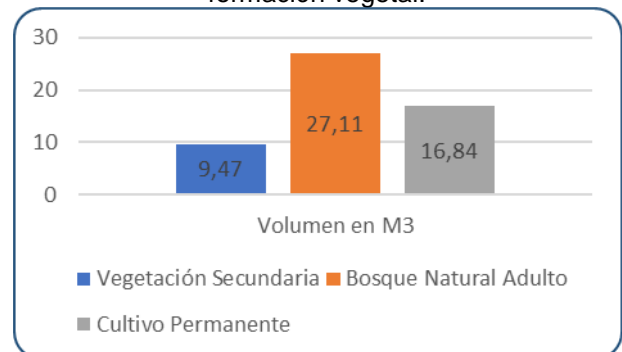
Fuente: Autores

Figura 4. Diámetros promedio de árboles por formación vegetal.



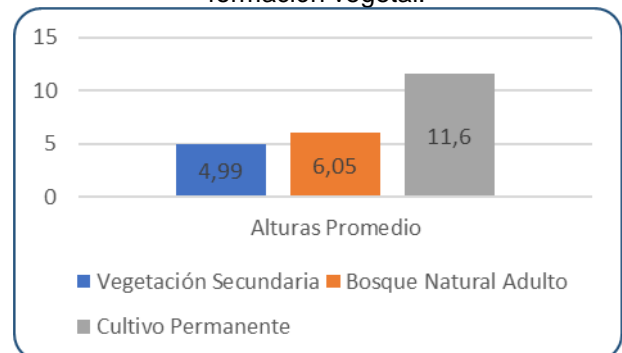
Fuente: Autores

Figura 5. Volúmenes totales de madera por formación vegetal.



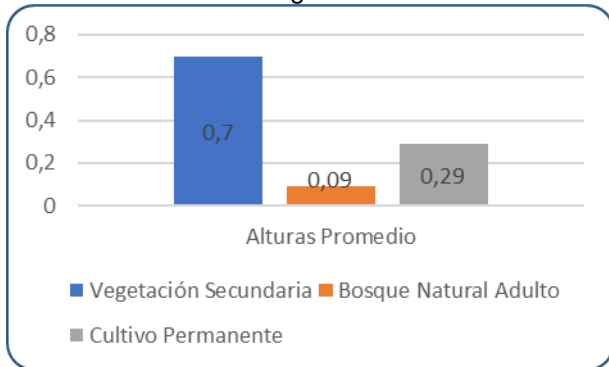
Fuente: Autores

Figura 6. Alturas promedio de árboles por formación vegetal.



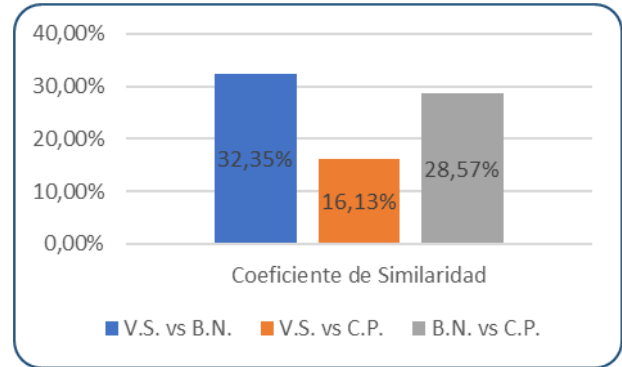
Fuente: Autores

Figura 7. Coeficiente de mezcla por formación vegetal.



Fuente: Autores

Del factor de heterogeneidad florística, se obtiene una cifra que representa el promedio de individuos de cada especie.



Fuente: Autores

5.6 Índice valor de importancia

Se realizó el cálculo de índice valor de importancia por cada una de las tres formaciones vegetales, cuyos resultados se resumen en las siguientes tres tablas 4, 5 y 6.

Figura 8. Coeficiente de similaridad de Jaccard.

Tabla 4. Índice valor de importancia en vegetación secundaria.

Especie	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVI
Aristolochia maxima L.	5	1,27	20	2,30	0,047	2,56	6,13
Astronium graveolens Jacq.	6	1,52	20	2,30	0,045	2,45	6,27
Attalea butyracea (Mutis ex L.f.) Wess.Boer	1	0,25	10	1,15	0,118	6,44	7,84
Bravaisia integerrima (Spreng.) Standl.	1	0,25	10	1,15	0,005	0,27	1,67
Cecropia peltata	1	0,25	10	1,15	0,001	0,05	1,46
Cinnamomum triplinerve (Ruiz & Pav.) Kosterm.	19	4,81	70	8,04	0,069	3,76	16,61
Cnidocolus urens (L.) Arthur	75	18,99	100	11,48	0,527	28,75	59,22
Croton fragans kunth.	4	1,01	40	4,59	0,007	0,38	5,99
Croton gossypifolius Vahl	33	8,35	80	9,18	0,047	2,56	20,10
Croton hibiscifolius	7	1,77	30	3,44	0,037	2,02	7,24
ficus insipida Willd.	1	0,25	10	1,15	0,045	2,45	3,86
Hymenaea courbaril L.	2	0,51	10	1,15	0,011	0,60	2,25
Inga sp	2	0,51	20	2,30	0,035	1,91	4,71
Machaerium biovulatum Micheli	3	0,76	1	0,11	0,012	0,65	1,53
Maclura tintorea (L.) D.Don ex Steud.	1	0,25	10	1,15	0,006	0,33	1,73
Mucuna mollis (Kunth)DC.	8	2,03	50	5,74	0,007	0,38	8,15
Persea sp	1	0,25	10	1,15	0,002	0,11	1,51
Piper aduncum	131	33,16	100	11,48	0,191	10,42	55,07
Psidium sp	6	1,52	20	2,30	0,012	0,65	4,47
Rhus striata (Ruiz & Pav.) (sin. Toxicodendron striatum)	6	1,52	20	2,30	0,017	0,93	4,74
Spondias mombin L.	4	1,01	30	3,44	0,132	7,20	11,66
Tabernaemontana litoralis Kunth.	1	0,25	10	1,15	0,003	0,16	1,56
Trema micrantha (L.) Blume	3	0,76	20	2,30	0,028	1,53	4,58
Trichilia martiana C.DC.	2	0,51	10	1,15	0,019	1,04	2,69
Triplaris americana; (L.) Pav. ex Meisn.	54	13,67	90	10,33	0,243	13,26	37,26
Vitis vinifera subsp. Sylvestris	4	1,01	30	3,44	0,004	0,22	4,68
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	14	3,54	40	4,59	0,163	8,89	17,03
Total	395	100	871	100,00	1,83	100	300

Fuente: Autores

En la evaluación del índice de valor de importancia realizado en la formación vegetal vegetación secundaria, encontramos que la especie Cnidocolus urens (L.) Arthur, presenta el mayor valor, esto debido a su alto número de individuos, además se encontró en

todas las subparcelas de la formación, en segundo lugar, se encuentra Piper aduncum, que también es el más abundante de todas las especies encontradas y se encuentra en todas las subparcelas de la formación. Estas dos especies que ocupan el primero y

segundo lugar del IVI, son especies que no alcanzan el hábito arbóreo, son arbustivas, y dominan la formación por su gran capacidad reproductiva. En tercer lugar, se encuentra el *Triplaris americana* con un valor IVI de 37,26, esta es una especie que domina el dosel en la formación vegetal, emerge gracias a las

condiciones que generan las especies herbáceas y arbustivas que colonizan inicialmente el terreno. En cuarto lugar, se encuentra una especie de *Croton* (*C. Gossypifolius*) perteneciente a la familia Euphobiaceae que también registra un importante número de individuos (33).

Tabla 5. Índice valor de importancia en cultivos permanentes.

Especie	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVI
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	2	4,88	20	8,33	0,011	0,74	13,95
<i>Carica papaya</i> L.	1	2,44	10	4,17	0,003	0,22	6,82
<i>Cecropia peltata</i>	2	4,88	10	4,17	0,092	6,30	15,34
<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz &	3	7,32	20	8,33	0,127	8,70	24,35
<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	1	2,44	10	4,17	0,013	0,92	7,52
<i>Cupania americana</i> L.	8	19,51	40	16,67	0,117	8,00	44,18
<i>Inga</i> sp	14	34,15	60	25,00	0,778	53,26	112,41
<i>Jacaranda copaia</i> ssp. <i>spectabilis</i>	3	7,32	20	8,33	0,013	0,86	16,51
<i>Musa paradisiaca</i> L.	4	9,76	20	8,33	0,066	4,50	22,59
<i>Persea</i> sp	1	2,44	10	4,17	0,046	3,15	9,75
<i>Spondias mombin</i> L.	1	2,44	10	4,17	0,044	2,98	9,59
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero	1	2,44	10	4,17	0,152	10,38	16,98
	41	100	240	100,00	1,46	100	300

Fuente: Autores

Tabla 6. Índice valor de importancia en bosque natural adulto.

Especie	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVI
<i>Aristolochia maxima</i> L.	5	2,39	50	6,94	0,021	0,89	10,23
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	5	2,39	30	4,17	0,040	1,74	8,30
<i>Bauhinia glabra</i> Jacq.	3	1,44	20	2,78	0,017	0,72	4,94
<i>Cecropia peltata</i>	2	0,96	20	2,78	0,015	0,66	4,40
<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Koster	14	6,70	50	6,94	0,148	6,41	20,05
<i>Clusia multiflora</i> Kunth.	2	0,96	10	1,39	0,007	0,30	2,65
<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	14	6,70	70	9,72	0,163	7,04	23,46
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	1	0,48	10	1,39	0,010	0,45	2,31
<i>Croton fragans</i> kunth.	2	0,96	20	2,78	0,172	7,46	11,20
<i>Croton gossypifolius</i>	27	12,92	60	8,33	0,061	2,66	23,91
<i>Cupania americana</i> L.	36	17,22	100	13,89	1,093	47,29	78,40
<i>Inga</i> sp	22	10,53	70	9,72	0,289	12,52	32,77
<i>Jacaranda copaia</i> ssp. <i>spectabilis</i> (Mart. Ex D	1	0,48	10	1,39	0,001	0,04	1,91
<i>Maclura tintorea</i> (L.) D. Don ex Steud.	3	1,44	10	1,39	0,020	0,85	3,67
<i>Mucuna mollis</i> (Kunth) DC.	15	7,18	70	9,72	0,044	1,88	18,78
NN	1	0,48	10	1,39	0,008	0,33	2,20
<i>Piper aduncum</i>	52	24,88	70	9,72	0,052	2,24	36,84
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	2	0,96	20	2,78	0,003	0,13	3,87
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A. DC.	1	0,48	10	1,39	0,145	6,28	8,14
<i>Tabernaemontana litoralis</i> Kunth.	1	0,48	10	1,39	0,002	0,10	1,97
	209	100	720	100,00	2,311	100	300

Fuente: Autores

En la formación vegetal cultivos permanentes encontramos a él guamo (*Inga sp*), dominando la formación asociada al cultivo agroforestal con un valor IVI de 112,41, esto debido al gran aprecio que los cultivadores de café le tienen a esta especie, muy utilizada para el sombrío del cultivo. En segundo lugar, se encuentra la especie *Cupaina americana L.*, con un valor de 44,18 que es una especie arbórea dominante del dosel superior, y finalmente una especie de la familia Lauraceae, la *Cinnamomum triplinervie*, con un valor de 24,35. El resto de las especies presentan valores IVI relativamente bajos en comparación con las anteriormente mencionadas.

En la formación vegetal Bosque Natural Adulto, los valores del IVI indican que la especie con mayor peso ecológico es la *Cupania americana L.*, con 78,40 de valor de IVI. Es un árbol que domina el dosel, de atractiva apariencia, que presenta un

importante número de individuos y se presenta en todas las subparcelas levantadas. En segundo lugar, está la especie *Piper aduncum*, que presenta un valor IVI de 36,84, es la especie más abundante de la formación, y se encuentra la especie *Inga sp* con un valor IVI de 32,77, la cual presenta 22 individuos.

5.7 Suelos

Se tomó una muestra de suelo por cada una de las formaciones vegetales basándose en la guía de toma de muestras definida por el IGAC (2011), fue enviada a un laboratorio certificado, obteniendo los resultados que se pueden observar en la tabla 7.

Los suelos de las tres formaciones vegetales seleccionadas para realizar el estudio mantienen niveles similares en el PH, cercano al neutro. El análisis de suelo muestra diferencias significativas en 11 de los 21 parámetros estudiados (Pinzón, 2019).

Tabla 7. Resultados análisis de suelos por formación vegetal.

FORMACIÓN VEGETAL	PH	CE	M. O.	C. Org	P	S	CICE	B	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	S. Ca	S. Mg	S. K	S. Na	S. Al
Vegetación Secundaria	7,02	0,47	4,33	2,51	8,84	6,4	14,01	0,51	11,3	2,31	0,41	<0,14	44,9	<1	8,29	1,2	80	16	3	0	0
Bosque Natural Adulto	6,56	0,21	2,98	1,73	3,63	5,7	11,65	0,3	8,7	2,39	0,52	<0,14	35,45	<1	13,6	<1	75	21	4	0	0
Cultivo permanente agroforestal	6,97	0,26	8,09	4,69	2,71	5	19,78	0,24	13,5	5,16	1,11	<0,14	36,86	<1	4,25	<1	68	26	6	0	0

Fuente: Autores

La materia orgánica para el caso de la formación vegetación cultivos permanente presenta niveles de 8,09, que es un nivel alto. La formación vegetación secundaria presenta 4,33 nivel medio, mientras que el bosque natural mantiene un nivel bajo menor al 3%.

Muy correspondiente o correlacionado con el contenido de materia orgánica, el carbono orgánico presente en el suelo de las tres formaciones vegetales presenta el mismo

orden, de primero el área de cultivo transitorio con 4,69, luego la vegetación secundaria 2,51 y finalmente el bosque natural adulto con 1,73.

El fósforo se presenta mucho más alto en la formación vegetación secundaria con 8,84 (que es un nivel bajo), que en las formaciones vegetales cultivos transitorio (2,71) y bosque natural (3,63), todos en niveles bajos.

El contenido de azufre está más alto en la vegetación secundaria y el bosque primario que en el área del cultivo con 6,4, 5,7 y 5, respectivamente.

El calcio, magnesio y potasio presenta valores altos en la formación de cultivo permanente, por encima de las formaciones vegetación secundaria y bosque primario.

El hierro en la formación vegetal vegetación secundaria presenta niveles de 44,9, por encima de las formaciones cultivos permanentes y bosque natural que no superan el 35, todos niveles medios.

El manganeso en el bosque natural presenta niveles más altos que las formaciones vegetación secundaria y cultivos permanentes con 13,6, 8,29 y 4,25, respectivamente.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En términos de diversidad florística por unidad de áreas, la formación vegetación secundaria presenta 28 especies, el bosque natural 20 especies, y los cultivos permanentes 12 especies.

Las familias botánicas presentes se distribuyen en las formaciones vegetales de la siguiente manera, la formación vegetación secundaria presenta 18 familias, el bosque natural 14 familias, y los cultivos permanentes 10 familias.

La formación vegetal, vegetación secundaria presenta mayor número de individuos por unidad de área con 395, seguido por el bosque natural adulto con 209 y en tercer lugar el cultivo permanente de café en sistemas agroforestales con árboles nativos adultos con 41.

En cuanto a diámetros (diámetro a la altura del pecho en metros) promedio por formación vegetal, el mayor valor lo presenta el bosque natural con 0,80, le siguen los árboles nativos presentes en el cultivo permanente de café con un promedio de 0,18, y la formación vegetación secundaria con 0,06 que presenta los diámetros de fuste.

A pesar de estar las tres formaciones vegetales ubicadas de manera continua, se presentan de acuerdo a la cobertura diferencias considerables en los caracteres de suelos (11 de 21 parámetros).

Los valores de similaridad en ningún caso son cercanos al 50%, lo que nos muestra que el desarrollo de la diversidad florística bajo cada arreglo (cultivos transitorios, cultivos permanentes y conservación), presenta diferencias en su desarrollo.

7. CONCLUSIONES

El mayor número de individuos (plantas) por unidad de áreas (décimo de hectárea) presente en la formación vegetal vegetación secundaria, influye en el mayor contenido de materia orgánica sobre la formación vegetal bosque natural, y tiene una correlación directa con el carbono orgánico disponible.

En el cultivo del café cuyas plantas no fueron incluidas en el inventario por tener diámetros menores a 3,5 centímetros, debido al gran aporte de hojarasca que presenta, además que las muestras de suelo fueron colectadas un mes posterior a la cosecha, momento en el que, por el manipuleo de las plantas para su cosecha dejan caer abundantes hojas al suelo, los

niveles de materia orgánica son superiores a los valores presentes en el bosque natural y a la vegetación secundaria.

La biodiversidad en proceso sucesional alcanza la diversidad florística del bosque original (30 años de formación).

El desarrollo de árboles adultos en cultivos agroforestales contribuye al crecimiento de los mismos, mostrando mayor altura promedio de árboles en este tipo de arreglos.

Los sistemas agroforestales para el caso del café en asocio con bosque nativo mantienen altos niveles de materia orgánica, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico y magnesio.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almazán-Núñez, R. C., Arizmendi, M. D., Eguiarte, L. E., & Corcuera, P. (2012). Cambios en la composición, diversidad y estructura de plantas leñosas en estados sucesionales de bosque tropical seco en el suroeste de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83.
- Alonso, L., Castellanos, L. y Meseguer, O. (2020). Efectos alelopáticos de residuos de *Sorghum Halepense* (L.) sobre dos arvenses dicotiledóneas en condiciones de laboratorio. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.354>
- Araujo, T. C. y Rivera, M. E. (2020). Índices de sequía para la cuenca del Rio Cesar – Colombia. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2020.4671>
- Axer, M., Kluckow, F., & Wagner, S. (2022). Evaluación de un enfoque de restauración después de un siglo: efectos de la mezcla de haya europea sobre el potencial de regeneración natural y la condición del humus en los rodales de abetos. *Fronteras en los bosques y el cambio global*, 50.
- Bezerra, T. R. (2021). Cambios provocados por la tala forestal en la estructura y diversidad florística de la regeneración natural: Relación entre variables climáticas y dinámica forestal en la Amazonía oriental. *Ecología y manejo forestal*.
- Bezerra, T., Ruschel, A., Emmert, F., & Nascimento, R. (2021). Cambios provocados por la tala forestal en la estructura y diversidad florística de la regeneración natural: Relación entre variables climáticas y dinámica forestal en la Amazonía oriental. *Ecología y manejo forestal*.
- Bonilla, C. A., Rubio, Y. M. y Bonilla, S. A. (2021). Afectación por derrames de crudo ocasionados por acciones subversivas al oleoducto Caño Limón Coveñas. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 12(2). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2572>
- Carón, M. M., Dalmaso, A. D., Ortín, A. E., & Verheyen, K. (2015). Regeneración post fuego en un bosque tropical seco del Monte en el noroeste de Argentina. *Multequina*, 24.
- Chen, W., Moriya, K., Sakai, T., Koyama, L., & Cao, C. (2014). Regeneración forestal posterior al incendio bajo diferentes tratamientos de restauración en el área de la Gran Montaña Hinggan de China. *Ingeniería ecológica*, 70.
- Christopoulou, A., Fyllas, N., Andriopoulos, P., Koutsias, N., Dimitrakopoulos, P., & Arianoutsou, M. (2022). Patrones de

- regeneración post-incendio de *Pinus nigra* en un área quemada recientemente en el monte Taygetos, en el sur de Grecia: el papel de los parches de bosque no quemados. *Ecología y gestión forestal*, 327.
- Crouzeilles, R., Ferreira, M. S., Chazdon, R. L., Lindenmayer, D. B., Sansevero, J. B., Monteiro, L., & Strassburg, B. B. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science advances*, 3.
- da Silva Junior, J. C., Rovedder, A. P., Capitani, L. C., Schenato, R. B., Neuenschwander, F., Peccatti, A., & da Silva, R. P. (2021). Does the high density of *Psychotria* shrubs in the understory influence the natural regeneration of trees?. *Ecological Engineering*, 172.
- Dangwal, B., Rana, S. K., Negi, V. S., & Bhatt, I. D. (2022). Forest restoration enhances plant diversity and carbon stock in the sub-tropical forests of western Himalaya. *Trees, Forests and People*.
- de Medeiros-Sarmiento, P., Ferreira, L., & Gastauer, M. (2021). La regeneración natural desencadena cambios composicionales y funcionales en los bancos de semillas del suelo. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 753.
- de Souza Barbosa, R., do Vale, R., Schwartz, G., Martins, W., Ribeiro, S., de Matos Rodrigues, J., & Barbosa, V. (2022). Restauración de áreas degradadas tras la extracción de bauxita en la Amazonía oriental: ¿Qué método aplicar?. *Ingeniería Ecológica*, 180.
- Doroski, D. A., Felson, A. J., Bradford, M. A., Ashton, M. P., Oldfield, E. E., Hallett, R. A., & Kuebbing, S. E. (2018). Factors driving natural regeneration beneath a planted urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29.
- Dos Santos, J., Gleriani, J., Velloso, S., de Souza, G., do Amaral, C., Torres, F., & Dos Reis, M. (2019). Los incendios forestales como un gran desafío para la regeneración natural en el Bosque Atlántico. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 650.
- Flórez, M. A., Mosuquera, J., Ramón, J. D. y Caballero, J. E. (2019). Análisis de la contaminación de ruido generada por el flujo vehicular en el casco urbano del municipio de Chinácota, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2019.3964>
- Gentry, H.A. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1-34.
- Gentry, A. H. (1993). Riqueza de especies y composición florística de las comunidades de plantas de la región del Chocó, una actualización. En: Leyva, P. (ed.). *Colombia Pacífico* (pp. 200 – 219). Fondo FEN.
- Gerlein-Safdi, C., Keppel-Aleks, G., Wang, F. F., & Mauzerall, D. L. (2020). Satellite monitoring of natural reforestation efforts in China's drylands. *One Earth*, 98.
- Heymann, E. W., Culot, L., Knogge, C., Smith, A. C., Tirado Herrera, E. R., Müller, B., & Heer, K. (2019). Small Neotropical primates promote the natural regeneration of anthropogenically disturbed areas. *Scientific reports*, 9.
- Ibrahim, A., Koubaily, E., & Thabeet, A. (2021). Assessment of suitable habitat of

- the natural regeneration C. Libani A. Richard in Slenfeh (Syria). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24.
- Juříčka, D. K., Pařílková, J., Houška, J., Ambrožová, P., Pecina, V., & Kynický, J. (2020). Evaluación de la regeneración de bosques naturales como parte de la restauración de tierras en el macizo de Khentii, Mongolia. *Revista de Investigación Forestal*, 31.
- Leiva, J. A., Mata, R., Rocha, O. J., & Gutiérrez Soto, M. V. (2019). Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica: I. Características edáficas. *Revista de biología tropical*, 57.
- Maciel-Nájera, J. F., Hernández-Velasco, J., González-Elizondo, M. S., Hernández-Díaz, J. C., López-Sánchez, C. A., Antúnez, P., & Wehenkel, C. (2020). Unexpected spatial patterns of natural regeneration in typical uneven-aged mixed pine-oak forests in the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Global Ecology and Conservation*, 23.
- Mir, A. H., Dad, J. M., Singh, B., & Kamili, A. N. (2022). Passive restoration considerably improved the community structure, soil health and carbon stock in the Pine forests of Kashmir Himalaya, India. *Ecological Engineering*, 176.
- Moreno C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad (vol. 1). M&T–Manuales y Tesis SEA.
- Olivares, M. A., López, A., Aldana, R., Alvarez, E. J., Aldana, F., Rivera, Y. y Leyva, J. G. (2019). Mantenimiento automotriz basado en un diagnóstico tribológico. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v10i1.394>
- Olupot, W. (2022). The potential of natural succession to restore degraded areas of a Ugandan rainforest dominated by the exotic paper mulberry *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Hér. ex Vent. *Forest Ecology and Management*, 504.
- Pinzón, L. F. (2019). Modelado de metales pesados en el flujo de agua y lodos del ecosistema bentónico del río Bogotá–Colombia. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v10i2.386>
- Rocha, G. P., Vieira, D. L., & Simon, M. F. (2016). Fast natural regeneration in abandoned pastures in southern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 370.
- Schwartz, G., Falkowski, V., & Peña-Claros, M. (2017). Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. *Forest ecology and management*, 385.
- Serrano, J. (2001). Análisis estructural de bosque tropical “Manual sobre Levantamiento estructural numérico gráfico” departamento de Manejo de Bosques, cátedra Sistemas Silviculturales. Universidad de Los Andes.
- Suárez, S., & Vargas, O. (2019). Composición florística y relaciones ecológicas de las especies de borde, parches y árboles aislados de un bosque seco tropical en Colombia. Implicaciones para su restauración ecológica. *Caldasia*, 41.
- Vega, G., de las Heras, J., & Moya, D. (2018). Regeneración post-incendio y respuesta de diversidad a la severidad de la quema en *Pinus halepensis* Mill. *Bosques*.

- Villamizar, J., Rivera, M. E. y Delgado, J. R. (2019). Mapa de amenaza por crecientes súbitas en la microcuenca La Viuda, Chitagá, Colombia. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v10i2.388>
- Wang, H., Zhang, G. H., Li, N. N., Zhang, B. J., & Yang, H. Y. (2018). Soil erodibility influenced by natural restoration time of abandoned farmland on the Loess Plateau of China. *Geoderma*, 325.
- Wang, Y., Chu, L., Liu, Z., Ala, M., Lin, J., Qian, J., & Wang, L. (2021). La viabilidad de utilizar el banco de semillas del suelo para la regeneración natural de pastizales arenosos degradados. *Investigación Internacional de Conservación de Suelos y Aguas*.
- WU, F., LIU, N., HU, P., WANG, K., ZHANG, W., & ZOU, D. (2020). Dinámica de carbono y nitrógeno del suelo durante la restauración de la vegetación y sus respuestas a desastres extremos de anegamiento en una depresión kárstica típica. *Diario Chino de Eco-Agricultura*, 28.
- Zanini, A. M., Mayrinck, R. C., Vieira, S. A., de Camargo, P. B., & Rodrigues, R. R. (2021). The effect of ecological restoration methods on carbon stocks in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 481.
- Zeng, X., & Fischer, G. (2021). El uso de múltiples lotes de semillas en la plantación de restauración mejora la diversidad genética en comparación con la regeneración natural en bosques tropicales fragmentados. *Ecología y manejo forestal*.
- Zivec, P., Balcombe, S., McBroom, J., Sheldon, F., & Capon, S. (2021). Patrones e impulsores de la regeneración natural en campos antiguos en ecosistemas de planicies aluviales semiáridas. *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente*, 31