

**EVALUACION DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACION ESTABLECIDAS EN EL CORREDOR
BARBAS BREMEN SIETE AÑOS DESPUES DE SU ESTABLECIMIENTO**



Santiago de Cali, diciembre de 2012



EQUIPO DE TRABAJO

Universidad Icesi

William Vargas, coordinador del grupo de estudio

Alejandra Soto, diversidad de epifitas vasculares

Carolina Ortiz, diversidad de arañas

Felipe Vergara, diversidad de epifitas vasculares

Marcela Delgado, suelos – fisicoquímica

Marcela Vergara, plantas - regeneración natural – bancos de semillas

Natalia Viña, diversidad de macromicetos

Rubén Palacio, aves – insectívoros de sotobosque

Sebastián Moreno, plantas - sucesión

Stefanía Pérez, interacciones planta animal – oferta de recursos en el sotobosque

Por el Instituto Humboldt

Hernando García, interventor

Auxiliar de campo

Pedro José Cardona

USO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL SUELO COMO INDICADORAS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN IMPLEMENTADAS EN EL CORREDOR BARBAS – BREMEN (QUINDÍO – COLOMBIA)

RESUMEN

La restauración de ecosistemas que han sido degradados, dañados o transformados busca retornar al ecosistema a su trayectoria histórica, de manera que logre recuperar su composición, estructura y dinámicas. En 2001 se inició un proyecto de restauración basado en la aceleración de la sucesión en Filandia (Quindío), el cual buscaba restablecer la conectividad funcional entre la reserva forestal Bremen y el cañón del río Barbás que habían quedado aislados a causa de la fragmentación por acciones antrópicas. Inicialmente se realizó la caracterización del paisaje mediante los grupos biológicos de plantas, aves y hormigas, determinándose especies amenazadas y endémicas; posteriormente se establecieron cuatro corredores biológicos que conectaban las dos áreas utilizando diferentes estrategias de restauración como el rescate de plántulas, rescate de plantones y utilización de especies con alta capacidad de rebrote, apoyadas por un vivero, que era un elemento clave para lograr la aceleración de los procesos sucesionales. Desde su establecimiento, los corredores han sido evaluados teniendo en cuenta indicadores biológicos como los mamíferos, las aves y las plantas, pero no se han realizado estudios utilizando indicadores abióticos. Este trabajo tiene como objetivo estimar la efectividad de las estrategias de restauración ecológica, utilizando como indicador las características fisicoquímicas del suelo. Para lograr este objetivo se analizaron las características fisicoquímicas en tres elementos del paisaje, se realizó la comparación entre ellos y asimismo se compararon los resultados obtenidos con un análisis de suelo realizado en 2005. En el análisis de suelo no se observaron diferencias en cuanto a la concentración de elementos menores y mayores en los tres elementos del

paisaje, debido posiblemente a que las muestras provenían del mismo material parental, sin embargo se observaron cambios en los niveles de materia orgánica, presentándose niveles altos en los bosques, medio-altos en los corredores y bajos, medios y altos en los potreros; teniendo en cuenta esta variable y la capacidad de intercambio catiónico se elaboró un cluster para determinar similitud entre los sitios muestreados y se encontraron conglomerados formados por bosque y corredor y otros formados por potreros, lo cual es un primer indicio de una restauración positiva. Adicionalmente, se encontró una correlación entre el pH y la materia orgánica y entre la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, lo cual es acorde a lo expresado en la literatura. Estos resultados permiten explicar en parte la efectividad de las estrategias de restauración, la cual ha sido ya mostrada utilizando varios grupos biológicos. Se recomienda realizar estudios que permitan determinar con mayor certeza el éxito de las estrategias sobre la recuperación de las dinámicas del suelo, entre ellos la utilización de microorganismos como indicadores, los cuales se encuentran estrechamente asociados con el contenido de materia orgánica en el suelo.

Palabras clave: Restauración, sucesión, corredores biológicos, características fisicoquímicas del suelo

1. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de corredores biológicos como mecanismo de restauración ecológica ha sido ampliamente utilizado alrededor del mundo (Bennett & Mulongoy, 2006), en Colombia, el corredor Barbas-Bremen en Filandia (Quindío), se considera una estrategia pionera en restauración de paisajes rurales, cuyo objetivo principal era restablecer la conectividad entre dos fragmentos de bosque que habían quedado aislados por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera (Lozano, et al., 2006).

El ecosistema que ha sido restaurado exhibe procesos de sucesión natural, observándose cambios en la composición de especies a lo largo del tiempo (Krebs, 2009); estos cambios en la comunidad de plantas, animales o microorganismos son utilizados la mayoría de las veces como indicadores biológicos para evaluar la efectividad de la restauración; en los últimos años el potencial de conectividad del corredor Barbas-Bremen fue evaluado utilizando mamíferos pequeños y medianos como indicadores (Bedoya, 2007).

Este trabajo de grado busca utilizar las características fisicoquímicas del suelo como indicadores de la efectividad de las estrategias de restauración implementadas en el corredor Barbas-Bremen. Los objetivos del trabajo fueron determinar las características fisicoquímicas del suelo en los diferentes puntos de muestreo, realizar su comparación y además comparar estos resultados con un análisis de suelo realizado en 2005.

Para el muestreo de suelo se determinaron tres elementos del paisaje a evaluar: bosque maduro, zona restaurada (corredor) y potrero aledaño a los corredores, se establecieron puntos de muestreo a cada lado de la carretera que atraviesa los corredores para un total de 14 puntos (6 en corredores, 6 en potreros y 2 en bosque maduro). Con esta información se realizó el muestreo de suelo, tomando tres submuestras de cada punto de muestreo para su posterior mezclado y empacado siguiendo todas las condiciones requeridas para evitar su contaminación y obtener resultados precisos del laboratorio de análisis de suelos.

La importancia del trabajo radica en resaltar la necesidad de realizar un análisis de suelo antes de iniciar un proyecto de restauración, que permita visualizar diferencias en las características fisicoquímicas entre la zona que se quiere restaurar y el ecosistema de referencia y así poder tomar las medidas necesarias para lograr éxito en la restauración. Asimismo, es importante este análisis preliminar para efectuar estudios comparativos posteriores, que permitan evaluar la trayectoria de la restauración y cuanto hace falta para lograr el objetivo deseado.

2. PROBLEMA A TRATAR

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Siete años después del establecimiento del corredor Barbas-Bremen, se busca utilizar las características fisicoquímicas del suelo en diferentes elementos del paisaje como indicadores de la efectividad

de las estrategias de restauración implementadas

2.2 FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Dentro de las mayores amenazas que enfrenta la biodiversidad se encuentran la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat, ocasionadas la mayoría de las veces por factores antropogénicos (Primack, 2010). En 2001 se inició el establecimiento de corredores biológicos en Filandia (Quindío) como estrategia para el restablecimiento de la conectividad en paisajes fragmentados entre el cañón del río Barbas y la reserva forestal de Bremen, abarcando un área aproximada de 67 hectáreas (Vargas W. G., 2008). Para la caracterización inicial del paisaje se utilizaron tres grupos biológicos objetivo (hormigas, plantas y aves) y se determinó su diversidad, composición y riqueza, así como la presencia de especies endémicas y amenazadas (Lozano F. H., 2009). El objetivo del corredor era permitir la conexión y movimiento de poblaciones que habían quedado aisladas en parches, debido a la fragmentación, trayendo como beneficio el incremento de la variabilidad genética y la posibilidad para las especies de encontrar sitios más adecuados de hábitat. Este proyecto busca establecer la funcionalidad de los corredores utilizando como indicador el cambio en las características físicas y químicas del suelo.

Diversas estrategias de restauración fueron empleadas en el establecimiento del corredor, las cuales han sido objeto de evaluación durante los últimos siete años. El tipo de estrategias puede estar generando condiciones para que especies de fauna puedan

establecerse o usar las áreas restauradas, la disponibilidad de recursos, así como de hábitat generado pueden estar favoreciendo la presencia de grupos claves de plantas y animales.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El estudio y análisis de suelos como indicadores de efectividad de la restauración ecológica es un área emergente de gran importancia, debido a que permite conocer la dinámica de los suelos en la sucesión y así diseñar e implementar estrategias de restauración que favorezcan cambios en la dinámica de los nutrientes y de la materia orgánica. El impacto de estas estrategias se debe evidenciar en una mayor diversidad microbiológica con efectos importantes sobre el establecimiento de especies de plantas de estados sucesionales intermedios y tardíos, claves en la aceleración de los procesos sucesionales. Estas especies pioneras intermedias utilizadas en la sucesión acelerada, generan grandes cantidades de biomasa y las condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento de micro y macroorganismos, que a su vez generan cambios a nivel del suelo. La importancia del proyecto radica en la necesidad de implementar indicadores abióticos como las características fisicoquímicas del suelo, que al complementarse con los indicadores utilizados generalmente como la diversidad de plantas o animales, permitan determinar con mayor exactitud la trayectoria positiva o negativa que está tomando la restauración.

2.4 DELIMITACIÓN

El proyecto “Aplicación de las características fisicoquímicas del suelo como indicadores de la efectividad de las estrategias de restauración implementadas en el corredor Barbas – Bremen (Quindío – Colombia)” busca determinar la efectividad de las estrategias de restauración empleadas en la implementación del corredor Barbas-Bremen en Filandia (Quindío), proceso que se inició en 2001. Durante la ejecución del proyecto se analizarán las características físicas y químicas del suelo en tres puntos claves de los corredores, que

corresponden a la zona restaurada, potrero que limita con el corredor y bosque maduro con el fin de comparar los resultados entre estos tres puntos y también analizar la variación en la composición con una caracterización realizada en 2005.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

En los últimos años, los corredores biológicos han sido introducidos en los programas de conservación de la biodiversidad en diferentes países de Europa del Este, Norteamérica, Suramérica, Australia y Asia, donde han cumplido con su propósito principal de conectar paisajes fragmentados y permitir la dispersión de las poblaciones, el intercambio genético entre éstas y la migración. Dentro de las iniciativas se encuentra la red ecológica nacional en los Países Bajos, que abarca un área total de 730.000 ha, sus objetivos incluyen la instauración de áreas núcleo, el desarrollo de zonas naturales y corredores; este último busca restaurar la conexión entre la zona boscosa de Veluwe con la parte sur del río Rin y así incrementar el hábitat disponible para especies de mamíferos como el jabalí y los ciervos, reptiles y anfibios; aunque el programa de conservación está proyectado hasta el 2018 ha tenido grandes avances como la demolición de un complejo industrial y la restauración del suelo (Bennett & Mulongoy, 2006).

En cuanto a los programas desarrollados en Norte América se encuentra el corredor Cascade, ubicado en las montañas rocosas de Canadá y cuya instauración se produjo por la necesidad de conservar las poblaciones de lobos, esta conexión incrementó su efectividad al disminuir la presencia humana en la zona y ha tenido los efectos esperados de incrementar el rango de hábitat de esta especie (Bennett & Mulongoy, 2006).

En Suramérica existen alrededor de 82 iniciativas de redes ecológicas y corredores, donde se destaca Colombia con 17 de estos programas, entre éstos se encuentra el corredor Barbas-Bremen en Filandia (Quindío) (Bennett & Mulongoy, 2006). Esta iniciativa se creó por la necesidad de unir parches de hábitat fragmentados como resultado de la actividad humana (desarrollo urbano, incremento de áreas de cultivo y pastizales para ganado), algunos de estos parches presentan zonas de bosque con una gran diversidad de especies, incluidas especies endémicas, lo que conduce a que su conservación sea considerada una prioridad (Lozano, et al., 2006).

El corredor Barbas-Bremen es considerado una estrategia pionera a nivel nacional en términos de conservación en paisajes rurales. Dado que la mayoría de iniciativas se han presentado para zonas con una baja intervención, en este caso se tomaron los grupos biológicos de plantas, aves e insectos para realizar la caracterización biológica del paisaje, determinándose su diversidad y presencia de especies amenazadas y endémicas (Lozano, et al., 2006). En la caracterización de la cuenca media del río Barbas se encontraron 399 especies de plantas, 169 de aves y 95 de hormigas, de las cuales 18 especies de plantas y 4 de aves están amenazadas, además se determinó que 37 especies de aves son sensibles a la fragmentación del bosque, encontrándose únicamente en los bosques grandes de Bremen y Barbas, 20 de estas sólo se localizaron en el cañón del Río Barbas y 16 en la Reserva Forestal de Bremen, haciéndose evidente la necesidad de conectar el paisaje (Lozano, et al., 2006).

Como estrategia para la generación de conectividad estructural, hábitat y conservación de la biodiversidad se establecieron cuatro corredores con un área aproximada de 68 ha, beneficiándose un área total de bosque de 1600 ha (Lozano, et al., 2006). Con el fin de evaluar el potencial de conectividad de estos corredores, se realizó un estudio en el 2007 con mamíferos terrestres medianos y grandes basado en su abundancia y distribución, encontrándose 19 especies; aunque la abundancia relativa encontrada no fue homogénea para todas las especies en los lugares muestreados, esto no indica que los corredores no

estuvieran funcionando, dado que este estudio no tenía punto de comparación, es decir, en la caracterización inicial del paisaje no se tomó en cuenta el grupo de los mamíferos y además los corredores llevaban poco tiempo de haberse establecido, con todas estas variables, se pudo determinar una conectividad funcional para 5 especies con requerimientos de hábitat no muy específicos (Bedoya, 2007), lo cual da un primer indicio de la efectividad de los corredores como mecanismo de restauración ecológica.

Actualmente se realizan estudios para evaluar la efectividad de los corredores y de las estrategias de restauración con insectos, aves, plantas y otros grupos. Sin embargo, no se registran estudios acerca de la efectividad de las estrategias de restauración utilizando como referencia los cambios en las características físicoquímicas de los suelos, siendo esta una oportunidad para evaluar los corredores de forma relativamente rápida utilizando otros mecanismos que no incluyen grupos biológicos ampliamente estudiados en la zona como los mamíferos y las aves.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La fragmentación o destrucción del hábitat puede producirse tanto por causas naturales como antropogénicas, en cualquiera de los dos casos se pueden iniciar procesos de restauración ecológica, que buscan restablecer el ecosistema degradado cuando éste no puede por sí mismo retornar a su estado original, ya sea por que el daño es muy intenso o se requerirían siglos para lograrlo de forma natural (Primack, 2010).

La restauración toma como base un ecosistema de referencia, que sirve como modelo para establecer el proyecto y además para realizar su evaluación posterior, este ecosistema modelo no debe tomarse como fijo, debido a que los ecosistemas experimentan cambios a lo largo del tiempo a causa de factores como el cambio climático, la sucesión vegetal, las variaciones en la composición de especies, entre otros y con una

visión más realista, la restauración no buscaría retornar el ecosistema a un estado histórico, sino intentar recuperar un rango natural de la estructura, composición y dinámica ecosistémica (Falk, Palmer, & Zedler, 2006).

Con el fin de determinar el éxito de la restauración se evalúan ciertos atributos como la similitud entre el número de especies presentes en el ecosistema restaurado y en el de referencia, la presencia de grupos biológicos funcionales como los dispersores de semillas, la capacidad del ecosistema restaurado para sostener poblaciones reproductivas, la posibilidad de intercambio biótico o abiótico con el paisaje general, la capacidad del ecosistema de soportar perturbaciones y su autosostenibilidad (Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Políticas, 2004; Primack, 2010).

En algunos casos, la restauración requiere solamente la identificación del agente perturbador y su posterior remoción, de manera que las comunidades originales puedan restablecerse mediante procesos de sucesión natural a partir de poblaciones remanentes, pero en la mayoría de los casos cuando el ecosistema ha experimentado múltiples perturbaciones, se demandan más esfuerzos y el reto es mayor, dado que se puede requerir la modificación del ambiente físico, adicionando suelo y nutrientes, la remoción de especies invasoras y la reintroducción de especies nativas de forma que puedan iniciarse los procesos de sucesión natural (Falk, Palmer, & Zedler, 2006; Primack, 2010)

La implementación de corredores es un mecanismo de restauración ecológica, que busca mediante la conexión de parches fragmentados retornar la integridad del paisaje, permitiendo la dispersión de especies y el establecimiento de éstas en hábitat más apropiados (Hilty, Lidicker, & Merendeler, 2006).

3.2.2 SUCESIÓN, ACELERACIÓN DE LA SUCESIÓN Y ESPECIES PIONERAS INTERMEDIAS

El ecosistema restaurado exhibe cambios progresivos en la composición de especies de la comunidad a lo largo del tiempo (Krebs, 2009), fenómeno denominado sucesión. Este proceso también puede referirse a la secuencia de plantas, animales y comunidades microbianas que sucesivamente ocupan un área determinada en un periodo de tiempo o hace referencia al proceso de cambio en el que las comunidades bióticas son reemplazadas unas a otras y el ambiente físico es alterado en un periodo de tiempo (Kimmins, 1987). La sucesión puede dividirse en primaria o secundaria, de acuerdo a la intensidad de las perturbaciones que presenta el ecosistema; la primaria ocurre en un área que ha quedado completamente estéril, es decir, sin remanentes biológicos, debido a eventos como erupciones volcánicas, deshielo de un glaciar, entre otros, donde queda expuesto el sustrato y no hay suelo desarrollado, por otra parte, la sucesión secundaria ocurre en un ambiente en el que aún permanece un legado biológico como semillas, raíces y en ocasiones algunas plantas vivas, este tipo de sucesión es el que más se observa y debido a la menor intensidad de las perturbaciones que la originan, el suelo mantiene muchas propiedades que son necesarias para el resurgimiento de la vegetación, esta sucesión puede observarse después de la tala de un bosque, formación de claros por caídas de árboles, incendios superficiales, abandono de tierras de cultivo, entre otros (Valverde Valdés, Meave del Castillo, Carabias Lillo, & Cano Santana, 2005; Krebs, 2009).

Existen diversas teorías de sucesión desde comienzos del siglo XX; la teoría florística de relevo o teoría clásica de sucesión postulada por Egler, muestra un sistema de orden jerárquico en el cambio de la comunidad, es decir, se observa un reemplazo de una comunidad vegetal por otra a través del tiempo, este autor también postuló otro modelo denominado composición florística inicial, en la que se asume que las especies características de la comunidad se encuentran desde el comienzo del proceso sucesional en forma de semillas, propágulos, etc., y cada una de estas especies cuenta con diferentes tasas de establecimiento, crecimiento, desarrollo y supervivencia, es decir, la sucesión se

presenta como un cambio en la dominancia relativa de diferentes especies y no en su presencia o ausencia en la comunidad (Martinez Romero, 1996; Krebs, 2009).

Entre las contribuciones más importantes al entendimiento de la sucesión, y al papel de ésta dentro de la restauración ecológica se encuentran las propuestas de Connell y Slatyer (1979), quienes enmarcan la sucesión dentro de los modelos de facilitación, inhibición y tolerancia. En el primer modelo las especies pioneras colonizan en los estados tempranos de sucesión, mejorando el microambiente y facilitando la llegada y establecimiento de especies de estados sucesionales medios o tardíos; en el modelo de inhibición las especies pioneras impiden el establecimiento de otras especies, alterando el microambiente para su propio beneficio y en detrimento de las demás especies, finalmente, el modelo de tolerancia, implica que tanto especies pioneras como de estados sucesionales tardíos pueden encontrarse al comienzo de la sucesión, es decir, la presencia de especies pioneras no es esencial y depende de la tolerancia de las especies a los recursos limitantes su posibilidad de permanecer o ser reemplazadas por otras (Krebs, 2009; Greipsson, 2011). Estos modelos no son excluyentes, y pueden encontrarse operando de manera conjunta en los ambientes naturales.

Los ecosistemas forestales obtienen la mayor parte de los nutrientes de la descomposición de la hojarasca y de la materia orgánica; la hojarasca es considerada la vía de entrada principal de los nutrientes en el suelo y funciona como un punto clave del reciclaje de la materia orgánica y los nutrientes; por su parte, la materia orgánica del suelo tiene una gran capacidad almacenadora de agua, su capacidad de intercambio catiónico es elevada, incrementando la retención de nutrientes disponibles para las plantas y evitando su lixiviación, promueve la actividad de los microorganismos, sirve como reservorio de carbono terrestre, entre otras funciones (O'Neill, Amacher, & Perry, 2005; Sanchez, Crespo, Hernandez, & García, 2008)

La materia orgánica al derivarse principalmente de tejidos vegetales contiene los elementos esenciales para las plantas y para el desarrollo de la macro y microfauna y su cantidad se ve afectada por los inputs que recibe el ecosistema de estos residuos tanto vegetales como animales; su ciclo depende de las tasas de descomposición y acumulación, que están determinadas por las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, que a su vez, la materia orgánica puede llegar a modificar (Bot & Benites, 2005). En este ciclo, la acumulación de materia orgánica depende principalmente de la hojarasca y otros residuos vegetales y su descomposición de la actividad biológica del suelo, estos organismos generan cambios en las condiciones del suelo, que favorecen el establecimiento de ciertas especies de plantas que al producir hojarasca y otros residuos vegetales pueden cambiar la composición de la materia orgánica y en consecuencia producir cambios en la comunidad microbiana, repitiéndose el ciclo una y otra vez

La restauración basada en aceleración de sucesión, mediante el uso de pioneras intermedias de alta producción de hojarasca y biomasa busca generar altos niveles de materia orgánica que promuevan mejores condiciones del suelo para la germinación y establecimiento de plantas, así como de microorganismos asociados a procesos y ciclos de nutrientes

3.2.3 CORREDORES BIOLÓGICOS

Los corredores biológicos conectan hábitats y actúan como avenidas en las cuales pueden dispersarse las especies, propagarse las especies vegetales, producirse intercambio genético y se promueve el movimiento de las poblaciones en respuesta a presiones ambientales, además, permite que especies amenazadas puedan encontrar hábitat más apropiados para su supervivencia (Walker & Craighead, 1997). La conectividad se refiere a la habilidad de los organismos de moverse entre parches de hábitat adecuados y es variable dependiendo de la especie y su destreza para desplazarse así como la motivación

que tenga para abandonar su hábitat original (Hilty, Lidicker, & Merendeler, 2006), de esta forma, el corredor puede verse como la estructura que permite la conectividad.

Existen dos formas en que los corredores facilitan la colonización de parches, una de ellas es la expresada por la hipótesis tradicional del corredor, según la cual, los corredores funcionan como conductos de movimiento y la hipótesis de “Drift Fence”, en la que los corredores sirven como medio de interceptación de los individuos que se encuentran dispersándose en el paisaje circundante y los dirigen hacia los parches conectados por los corredores (Haddad & Baum, 1999)

En el establecimiento del corredor Barbas-Bremen se utilizó una estrategia basada en la aceleración de la sucesión a partir de diferentes métodos como el rescate de plántulas y plántones (0.8 – 7m de altura), el empleo de estacones con elevada capacidad de rebrote para reemplazar cercas muertas por cercas vivas, el uso de especies pioneras intermedias como mecanismo para dinamizar y acelerar la sucesión, el uso de especies productoras de recursos para la fauna, el uso de especies amenazadas y endémicas y el empleo de plantas pioneras y exóticas de crecimiento rápido para controlar pasturas. Con esta sucesión acelerada se buscaba ampliar el hábitat para las especies, incrementar los recursos para la fauna, rescatar especies amenazadas y establecer la conectividad entre los dos fragmentos de bosque en un tiempo reducido (Vargas W. G., 2008)

3.2.4 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LOS SUELOS

El suelo se define como la capa superior de la tierra donde se desarrollan las raíces de las plantas y de donde toman los nutrientes necesarios para su desarrollo; cumple funciones vitales como el sostenimiento vertical de las plantas para acceder a la luz solar, almacenamiento de agua en cantidades requeridas por las plantas, oferta de elementos químicos requeridos por los organismos vivos, constituyen un reservorio de carbono, entre otros (Buol, 2008; Dash & Dash, 2009; Hernandez, Hoyos, & Hoyos, 2011)

Los estudios de suelo se realizan con diversos objetivos como conocer la capacidad de uso y manejo óptimo de las tierras, evaluar la respuesta de las tierras al ser regadas o drenadas con diferentes sistemas y establecer políticas de manejo para el uso sostenible de las tierras y su desarrollo ya sea agrícola, forestal, ambiental etc. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2010). Al conocer la capacidad de uso y manejo de las tierras es posible establecer su potencial productivo en bienes y servicios, que determinará su utilización para fines agrícolas, pecuarios o ambientales en caso de establecerse o restaurarse bosques, que ayudarán a regular el ambiente y conservar la biodiversidad (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2010)

El estudio de los suelos como ciencia es un área emergente que últimamente ha tenido una mayor influencia a nivel mundial, pero que todavía falta mucho por desarrollar en el tema, por ejemplo, estudios realizados en bosques secundarios del noreste de China señalan la poca información disponible acerca de los cambios presentados en los suelos y también la poca investigación realizada en la dinámica de la biomasa microbiana y los nutrientes en el suelo en las diferentes edades de plantación del bosque secundario (Jia, Cao, Wang, & Wang, 2005). La mayoría de los estudios sobre sucesión secundaria tienden a enfocarse en las especies o grupo de especies que dominan los diferentes estados de la sucesión, mientras que características funcionales como cambios en los ciclos de nutrientes o en las propiedades de los suelos son dejadas en un segundo plano (Guariguata & Ostertag, 2000)

El análisis de suelos es importante también para diagnosticar desordenes nutricionales de las plantas, los cuales están relacionados con desbalances de nutrientes en el suelo. El análisis incluye la caracterización química y física, donde con la primera se puede llegar a determinar la capacidad que tiene el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, así como la presencia de elementos que pueden ser tóxicos; por su parte, la caracterización física busca determinar la capacidad de

almacenamiento del agua en los suelos, el grado de compactación, entre otros (Cuesta, et al., 2005; Hernandez, Hoyos, & Hoyos, 2011).

La salud del suelo puede definirse como la capacidad que tiene para funcionar como un sistema viviente que logre sostener la productividad biológica, promover la calidad ambiental y mantener la salud vegetal y animal (Doran & Zeiss, 2000). El suelo puede ser visto como un indicador de la salud del bosque, debido a que su productividad se ve seriamente afectada por los cambios en sus propiedades fisicoquímicas y biológicas producidos después de una perturbación; la materia orgánica es considerada un indicador clave para determinar la calidad del suelo por sus atributos en la regulación de estas propiedades y su dirección o cambio de los niveles con el tiempo a partir de análisis visuales o químicos ha sido utilizado como indicador para el rendimiento de cultivos y para la salud ambiental y del suelo (Doran & Zeiss, 2000; O'Neill, Amacher, & Perry, 2005).

3.2.5 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

Dentro de las propiedades físicas del suelo se encuentran el color, la textura, porosidad, permeabilidad y drenaje; estas propiedades pueden determinarse inicialmente al realizar el muestreo de los suelos al tener contacto directo con la muestra, por ejemplo, al observar un color oscuro posiblemente sea signo de riqueza de materia orgánica, en cuanto a la textura, ésta depende de las partículas que componen el suelo, las cuales se clasifican de acuerdo a su tamaño de menor a mayor en arcillas, limos y arenas, cuando el suelo tiene una composición similar de las tres partículas se siente suave al manipularlo y en términos de facilidad para cultivar y riqueza en nutrientes para las plantas son considerados los mejores (Hernandez, Hoyos, & Hoyos, 2011). La permeabilidad del suelo se refiere a la facilidad con que se da el movimiento del agua y el aire dentro del suelo y en el caso en que éste tienda a encharcarse se dice que su permeabilidad es baja y finalmente el drenaje mide la rapidez con que los suelos se secan luego de haber sido inundados por eventos como la lluvia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural,

Putumayo (Colombia) Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2002)

En cuanto a las propiedades químicas del suelo, las más importantes son la acidez, fertilidad y materia orgánica. La acidez se mide determinando el pH de la muestra; mientras más ácido sea el suelo su fertilidad va a ser menor y también tenderá a aumentar la posibilidad de presentar algunos elementos tóxicos como el aluminio, si por el contrario el suelo es muy alcalino puede presentar altos niveles de elementos nocivos como el sodio (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2010). La materia orgánica se refiere a la descomposición de restos de plantas y animales, brindando una fuente de nutrientes y biomasa microbiana, la cual es considerada la parte viviente y activa de la materia orgánica (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Putumayo (Colombia) Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2002; Jia, Cao, Wang, & Wang, 2005; Bot & Benites, 2005)

La fertilidad se mide teniendo en cuenta la cantidad de nutrientes que presenta el suelo, los cuales son necesarios para el desarrollo y crecimiento de las plantas, dentro de los elementos más importantes se encuentra el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio, estos son considerados nutrientes mayores o macronutrientes, dado que se requieren en una mayor cantidad, por otra parte, dentro de los nutrientes menores o micronutrientes se encuentran el zinc, hierro, manganeso, cobre, molibdeno entre otros (Raven, Evert, & Eichhorn, 2005). Se profundizará acerca de las funciones de los macro y micronutrientes en las plantas en el siguiente apartado

3.2.6 FERTILIDAD DEL SUELO: LA IMPORTANCIA DE LOS MACRO Y MICRONUTRIENTES PARA LAS PLANTAS

La nutrición de las plantas involucra el consumo de determinados materiales, que son esenciales para los procesos bioquímicos, el metabolismo y crecimiento; la presencia de estos elementos en las plantas es el reflejo de la composición del suelo en el cual se están

desarrollando y en su mayoría son absorbidos en forma de iones inorgánicos provenientes de la solución del suelo (Raven, Evert, & Eichhorn, 2005)

Estos elementos esenciales se dividen en micro y macronutrientes de acuerdo a las cantidades requeridas por las plantas; los primeros se denominan así, por que se requieren en pequeñas cantidades (aproximadamente 100 mg/kg de materia seca) y los macronutrientes, por que se requieren en concentraciones mayores o iguales a 1000 mg/kg de materia seca. (Raven, Evert, & Eichhorn, 2005). Con pocas excepciones, estos elementos esenciales deben estar en su forma de iones inorgánicos en la solución del suelo para poder pasar a través de las raíces de las plantas a medida que éstas absorben el agua, el nitrógeno, por su parte, requiere de la acción de los microorganismos para su conversión a nitrato o amonio que son las dos formas disponibles para las plantas (Rosen, Bierman, & Eliason, 2008; Buol, 2008)

El listado de los micro y macronutrientes y sus funciones se detallan en el anexo 4

3.2.7 MÉTODOS DE MUESTREO DE SUELO

La metodología empleada para determinar las características físicas y químicas del suelo tiene diferentes etapas como la definición de la unidad de muestreo, delimitación del terreno, toma de submuestras y análisis de muestras en el laboratorio. Al definirse las unidades de muestreo del proyecto se procede con la delimitación de un terreno homogéneo para la toma de las muestras de suelo, cada muestra de suelo es una muestra “compuesta” por varias submuestras, las cuales se deben tomar dentro del terreno homogéneo de forma aleatoria y luego mezclarse uniformemente; luego de realizar la mezcla se introduce en una bolsa aproximadamente 1 kilo de muestra y se rotula con el nombre, ubicación, fecha y otros datos que el investigador considere pertinentes. Antes de tomar las submuestras debe removerse del terreno la hojarasca y demás residuos que se encuentren, posteriormente, se introduce la pala hasta obtener una profundidad de 20

cm y se toma de la pared del hueco realizado una porción aproximada de 300 gr, es importante tener en cuenta ciertas recomendaciones como limpiar los materiales al tomar cada submuestra, no realizar el muestreo cerca de caminos, viviendas, estanques etc. y evitar la manipulación de alimentos u otros elementos que puedan contaminar la muestra (Osorio, 2006; Hazelton & Murphy, 2007; Rosen, Bierman, & Eliason, 2008)

3.2.8 EL SUELO Y LOS PROCESOS DE SUCESIÓN

La composición del suelo y su caracterización fisicoquímica pueden reflejar diferentes estados sucesionales de los bosques; en suelos que han sufrido deforestación se ha demostrado que sus propiedades fisicoquímicas cambian y afectan el crecimiento y la composición de especies que colonizan, dentro de los cambios más perjudiciales se encuentra la pérdida de materia orgánica, con consecuentes efectos negativos en la fertilidad del suelo (Guariguata & Ostertag, 2000). Aunque los estudios sucesionales generalmente se centran en los cambios presentados en la vegetación, en los últimos años se ha venido estudiando otras características importantes como los cambios en las propiedades de los suelos.

En estudios realizados en China en sucesión de bosques secundarios se encontró que existía una correlación positiva entre el pH y la densidad y estas dos variables disminuían ligeramente con la extensión de los estados sucesionales, por otra parte, la humedad se incrementaba gradualmente con el gradiente de sucesión y se encontró además que durante la sucesión secundaria el carbono orgánico se incrementaba rápidamente y alcanzaba su máximo en bosques de 17 años, pero luego disminuía y se volvía constante (Jia, Cao, Wang, & Wang, 2005); en otro estudio realizado en México, al comparar la vegetación y propiedades del suelo en dos bosques tropicales secos con diferente estado regeneracional (10 y 60 años) no se encontraron diferencias significativas en el carbono orgánico y nitrógeno total del suelo (Ceccon, Olmsted, & Campo, 2002).

Finalmente, en un estudio realizado en bosques de madera jóvenes y maduros en el oeste de Virginia (USA) no se encontraron diferencias significativas relacionadas con la edad de los bosques para variables como el pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y nutrientes, estos resultados sugieren que hay un cambio mínimo en la disponibilidad de nutrientes entre bosques recuperados de perturbaciones de 20 y 80 años, y también se observa la importancia de la descomposición de la materia orgánica como fuente de nutrientes en los bosques después de ocasionada la perturbación y se sugiere que esta importancia disminuye con el tiempo (Gilliam & Adams, 1995)

3.2.9 APORTE CRÍTICO

El análisis de suelo al ser un área de estudio en desarrollo puede proporcionar elementos importantes para determinar la efectividad de la restauración y en caso de obtenerse los resultados esperados puede seguir utilizándose este tipo de estudios en casos similares. El método de muestreo permite la realización de un trabajo de campo en poco tiempo y los análisis de laboratorio se obtienen en aproximadamente 20 días, proporcionándole al investigador un mejor uso del tiempo para el análisis de los resultados obtenidos. Finalmente, gran parte del éxito de los estudios de suelos radica en la representatividad de la muestra y evitar cometer errores que puedan distorsionar los resultados de los análisis de laboratorio.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la efectividad de las estrategias de restauración implementadas en el corredor Barbas - Bremen, a partir de la caracterización fisicoquímica del suelo

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Determinar las características fisicoquímicas del suelo (pH, materia orgánica, nutrientes y textura) en los diferentes puntos de muestreo y asociar los resultados con el desarrollo actual de los corredores

4.2.2 Comparar la composición del suelo en los diferentes puntos de muestreo

4.3.3 Comparar la composición del suelo con la caracterización realizada en años anteriores

5. METODOLOGÍA

5.1 ÁREA DE ESTUDIO

El corredor Barbas-Bremen se encuentra entre los 1700 y 2100 msnm y está ubicado entre los municipios de Filandia (Quindío) y Pereira (Risaralda), en la vertiente occidental de la Cordillera Central ($75^{\circ}39'38''\text{W}/4^{\circ}42'47''\text{N}$ y $75^{\circ}35'42''\text{W}/4^{\circ}40'48''\text{N}$) (ver figura 1); cuenta con una extensión de 68 Ha y está compuesto por cuatro conexiones con aproximadamente 100 metros de ancho, que vinculan el cañón del río Barbas con la reserva forestal de Bremen; el cañón del río barbas tiene un área en bosques de 790 Ha, y la reserva forestal Bremen 747 Ha (Vargas W. G., 2008). Para los puntos de muestreo se tendrán en cuenta tres elementos del paisaje: los corredores (monos, pavas y colibríes), los potreros adenaños a los corredores y los dos fragmentos de bosque maduro (Barbas y Bremen) (ver figura 2)

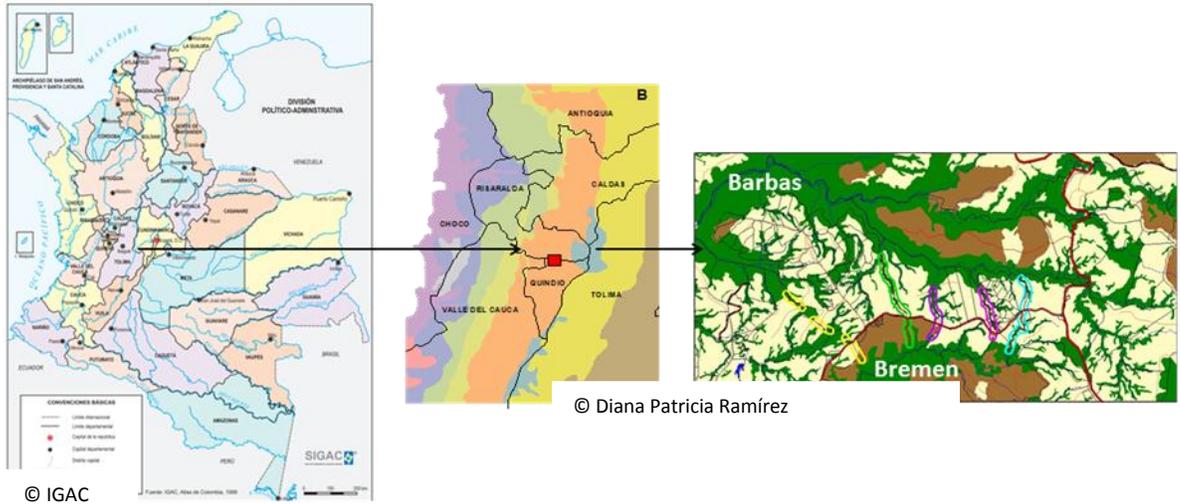


Figura 1. Área de estudio

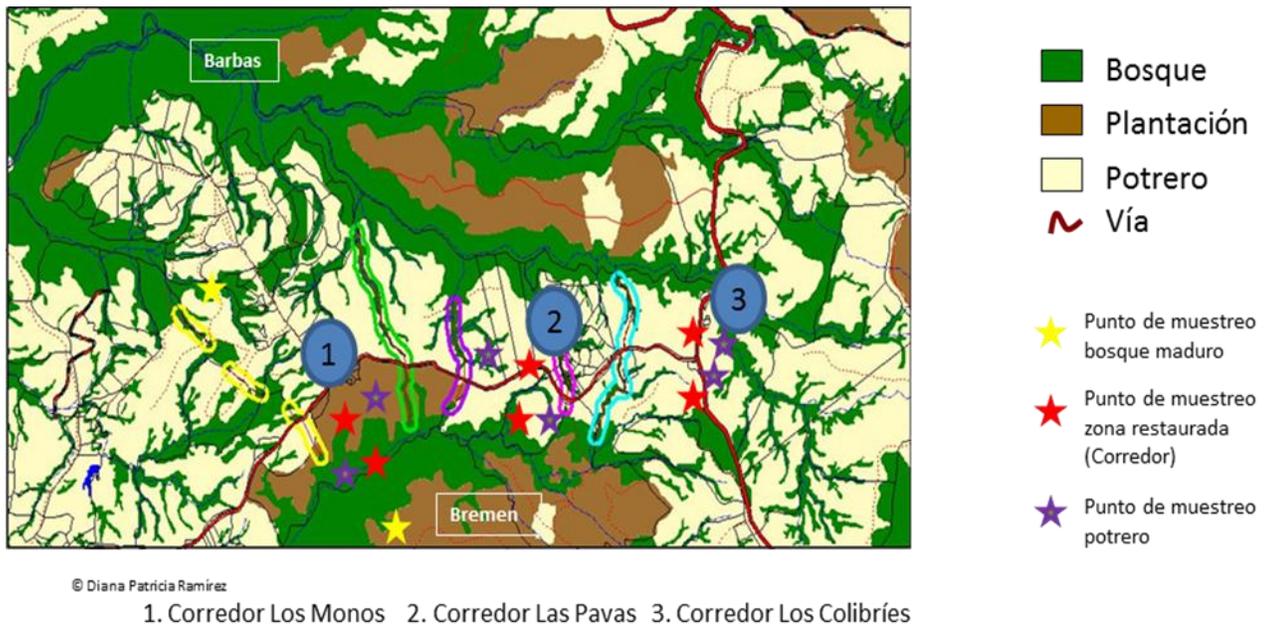


Figura 2. Puntos de muestreo en los tres elementos del paisaje: bosque maduro, zona restaurada (corredor) y potrero aledaño a los corredores

5.2 MÉTODOS DE MUESTREO

El muestreo se realizó en los tres elementos del paisaje indicados en el punto anterior, teniendo en cuenta ambos lados de la carretera, las muestras se tomaron en época de verano, utilizando la metodología indicada para el análisis de suelo (Osorio, 2006) con 3 submuestras para cada punto de muestreo, dado que se debía encontrar un área lo más homogénea posible (ver figura 3); posteriormente se mezclaron las 3 submuestras para obtener una muestra compuesta y se empacó aproximadamente un kilo en una bolsa con cierre hermético para preservar la calidad de la muestra y evitar algún tipo de contaminación. Para cada muestra se tomaron datos de coordenadas, fecha y hora (ver anexo 5) con el fin de tener la posibilidad de realizar estudios posteriores en las mismas ubicaciones y así determinar cambios más precisos en la composición del suelo en el proceso sucesional.



Figura 3. Procedimiento de muestreo en el Corredor los Monos.1, Determinación de un área homogénea; 2, Remoción de la hojarasca en un área de 40cm x 40 cm y demarcación del área determinada para tomar la submuestra; 3, Excavación utilizando un palín hasta

obtener una profundidad de 20 cm; 4, Acercamiento de la excavación del punto de muestreo.

5.3 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

La caracterización fisicoquímica se realizó en el laboratorio de servicios analíticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), donde se determinaron las siguientes características fisicoquímicas: pH, aluminio, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio, potasio, sodio, boro, azufre, cobre, hierro, manganeso, zinc, capacidad de intercambio catiónico (CIC), % de arena, limo, arcilla y textura. Los métodos por los cuales se determinaron las características anteriores se detallan en la anexo 6

5.4 ANALISIS DE LA INFORMACION

Se realizará un análisis multivariado de los datos, mediante la elaboración de clusters, utilizando Minitab 16, cuya finalidad es indicar la similitud entre los diferentes puntos de muestreo; adicionalmente se calculará el porcentaje de nitrógeno total, el porcentaje de nitrógeno asimilable y el porcentaje de carbono a partir de la materia orgánica (USDA Natural Resources Conservation Service, 2009) y el porcentaje de saturación de bases total y el porcentaje de saturación de bases individual a partir de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Buol, 2008), utilizando las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Nitrógeno Total (NT)} = \frac{\% \text{ Materia Orgánica (MO)}}{20}$$

$$\% \text{ Nitrógeno Asimilable (NA)} = \% \text{ NT} \times 0,015$$

$$\% \text{ Carbono (C)} = \% \text{ MO} \times 0,58$$

$$\% \text{ saturación de bases total} = \frac{[Ca]+[Mg]+[K]+[Na]}{CIC} \times 100$$

$$\% \text{ saturación [base]} = \frac{[base]}{CIC} \times 100$$

5.5 RESULTADOS ESPERADOS

De haber sido efectivas las estrategias de restauración se espera que los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbono de las áreas restauradas tengan mayor similitud a los resultados de las áreas de bosque, mientras que los potreros, al no tener ningún tipo de manejo, deberán mostrar mayor lejanía a los contenidos de los bosques. Cabe anotar que como las muestras de suelo analizadas en los tres elementos del paisaje provienen del mismo material parental, han de tener una composición similar y algunas variables consideradas inherentes puede que no exhiban diferencias significativas.

6. RESULTADOS

Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo para los tres elementos del paisaje en el muestreo realizado en agosto 2012: BM1 y BM2 (bosque maduro Bremen y bosque maduro Barbas respectivamente); PA1, PA2, MO1, MO2, CO1, CO2 (PA: Corredor las Pavas, MO: Corredor los Monos y CO: Corredor los Colibríes; los números 1 y 2 indican la orientación del corredor hacia Barbas y hacia Bremen respectivamente); PAP1, PAP2, MOP1, MOP2, COP1 y COP2 (PAP: potrero aledaño al Corredor las Pavas, MOP: potrero aledaño al Corredor los Monos y COP: potrero aledaño al Corredor los Colibríes; los números 1 y 2 indican la orientación del potrero hacia Barbas y hacia Bremen respectivamente)

Muestra	pH	Al (cmol/kg)	MO (%)	P-Brayll (mg/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Textura
BM1	5,23	0,90	16,09	2,89	2,11	0,44	0,16		29,10	0,34	78,33	0,07	5,03	10,65	2,25	FA
BM2	4,91	1,25	22,27	2,39	5,24	0,44	0,22		41,60	0,63	74,23	0,03	9,37	23,80	3,56	FA
PA1	5,67		8,43	1,13	0,66	0,22	0,08	0,02	30,40	0,08	62,02	0,12	9,17	7,84	1,40	FA
PA2	5,08	1,30	14,50	3,08	0,26	0,15	0,16		31,20	0,31	75,28	0,15	16,28	6,28	1,34	FA
MO1	5,49	0,95	15,84	1,43	0,36	0,23	0,14		28,80	0,21	56,97	0,13	19,54	6,62	1,30	FA
MO2	4,99	0,80	12,90	2,19	0,38	0,10	0,08		29,50	0,16	78,23	0,17	18,06	5,23	1,34	FA
CO1	5,14	0,55	8,79	3,54	0,68	0,15	0,11		33,50	0,17	95,48	0,51	17,52	4,64	5,52	FA
CO2	5,11	0,85	17,86	7,55	1,50	0,26	0,14		38,30	0,31	100,74	0,16	8,27	36,88	13,15	FA
PAP1	6,01		6,86	3,82	1,59	0,55	0,11	0,03	26,10	0,14	45,19	0,48	7,88	11,40	0,82	FA
PAP2	6,03		3,64	2,84	0,98	0,15	0,12	0,04	20,25	0,13	81,10	0,14	6,93	2,36	0,79	FA
MOP1	5,60		12,64	3,80	0,16	0,11	0,18	0,04	26,50	0,46	26,51	0,18	7,41	2,43	2,53	FA
MOP2	5,29	0,50	10,96	2,31	0,88	0,39	0,20		28,10	0,34	26,72	0,29	4,70	5,77	1,36	FA
COP1	5,53		9,81	9,25	2,26	0,68	0,27	0,05	25,00	0,36	133,60	0,22	9,17	8,20	13,18	FA
COP2	4,94	0,45	11,05	33,44	2,05	0,58	0,21		24,10	0,48	63,04	0,81	14,59	11,93	13,18	FA

*FA: francoarenoso

Fuente: CIAT

Tabla 2. Características fisicoquímicas del suelo para tres elementos del paisaje en el muestreo realizado en Septiembre 2005: LA1, LA2 MO1, MO2, PA2A, PA2B, CO1, CO2 (LA: Corredor Laureles, MO: Corredor los Monos, PA: Corredor las Pavas y CO: Corredor los Colibríes; los números 1 y 2 indican la orientación del corredor hacia Barbas y hacia Bremen respectivamente y las letras A y B indican alto y bajo respectivamente); P1 y P2 (P: potrero; los números 1 y 2 indican la orientación del potrero hacia Barbas y hacia Bremen respectivamente) y PI2 (muestra tomada debajo del cultivo de pino hacia Bremen)

Muestra	pH	Al (cmol/kg)	MO (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Textura
LA1	4,8	1,5	19,1	3	0,17	0,3	0,2	0,44	8,20	2	101	12	3	FA
LA2	4,9	1,4	20,3	5	0,21	1,5	0,3	0,26	2,61	3	56	9	5	FA
MO1	5,2	0,0	19,6	4	0,22	0,5	0,2	1,00	7,30	3	102	8	4	FA
MO2	5,0	0,6	22,5	7	0,26	5,6	0,7	0,57	10,4	3	164	20	11	FA
PA2A	5,2	0,0	14,0	4	0,08	0,1	0,1	0,39	10,8	1	158	8	1	FA
PA2B	4,7	1,1	15,6	6	0,07	0,3	0,1	0,26	8,50	4	160	10	2	FA
CO1	4,9	0,9	20,5	10	0,33	1,1	0,6	0,68	12,7	5	459	32	14	AF
CO2	4,9	0,9	18,9	13	0,22	1,1	0,5	0,45	16,1	3	371	8	10	AF
P1	5,0	1,1	8,8	3	0,11	1,7	0,2	0,19	1,79	3	130	16	4	F
P2	5,2	0,0	9,7	5	0,08	0,6	0,1	0,20	1,40	3	93	11	2	F
PI2	5,0	0,6	13,1	4	0,10	0,1	0,1	0,27	5,16	4	182	3	1	FA

*FA: francoarenoso **AF: arenoso franco ***F: franco

Fuente: ICA

Tabla 3: Cálculo del porcentaje nitrógeno, porcentaje de carbono, porcentaje de saturación de bases y relación Ca/Mg para los datos correspondientes al muestreo de 2012

Muestra	MO (%)	NT (%) ¹	NA (%) ²	C (%) ³	% Sat ⁴ Bases	% Sat Ca	% Sat Mg	% Sat K	Ca/Mg
BM1	16,09	0,80	0,012	9,33	9,28	7,24	1,51	0,53	4,79
BM2	22,27	1,11	0,017	12,91	14,18	12,60	1,06	0,52	11,94
PA1	8,43	0,42	0,006	4,89	3,25	2,17	0,73	0,27	2,98
PA2	14,50	0,72	0,011	8,41	1,81	0,83	0,48	0,50	1,75
MO1	15,84	0,79	0,012	9,19	2,51	1,25	0,79	0,47	1,58
MO2	12,90	0,65	0,010	7,48	1,90	1,29	0,34	0,26	3,76
CO1	8,79	0,44	0,007	5,10	2,77	2,02	0,44	0,32	4,62
CO2	17,86	0,89	0,013	10,36	4,95	3,90	0,67	0,37	5,82
PAP1	6,86	0,34	0,005	3,98	8,71	6,08	2,11	0,42	2,89
PAP2	3,64	0,18	0,003	2,11	6,36	4,86	0,72	0,60	6,77
MOP1	12,64	0,63	0,009	7,33	1,84	0,61	0,40	0,67	1,51
MOP2	10,96	0,55	0,008	6,36	5,24	3,12	1,40	0,72	2,24
COP1	9,81	0,49	0,007	5,69	13,05	9,04	2,74	1,07	3,30
COP2	11,05	0,55	0,008	6,41	11,79	8,50	2,42	0,87	3,52

1. NT: Nitrógeno total 2. NA: Nitrógeno asimilable 3. C: Carbono 4. % Sat bases: % saturación de bases

Tabla 4: Cálculo del porcentaje de nitrógeno, porcentaje de carbono y relación Ca/Mg para los datos correspondientes al muestreo de 2005

Muestra	MO (%)	NT (%)	NA (%)	C (%)	Ca/Mg
LA1	19,1	0,96	0,014	11,08	1,50
LA2	20,3	1,02	0,015	11,77	5,00
MO1	19,6	0,98	0,015	11,37	2,50
MO2	22,5	1,13	0,017	13,05	8,00
PA2A	14,0	0,70	0,011	8,12	1,00
PA2B	15,6	0,78	0,012	9,05	3,00
CO1	20,5	1,03	0,015	11,89	1,83
CO2	18,9	0,95	0,014	10,96	2,20
P1	8,8	0,44	0,007	5,10	8,50
P2	9,7	0,49	0,007	5,63	6,00
PI2	13,1	0,66	0,010	7,60	1,00

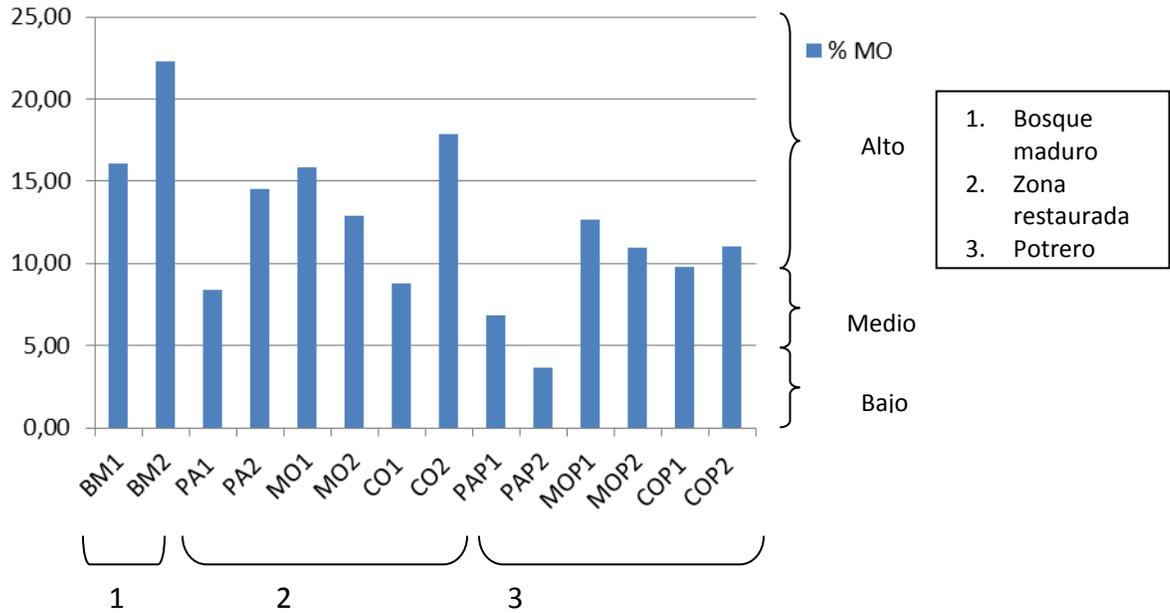


Figura 4: Porcentaje (%) de materia orgánica correspondiente al muestreo realizado en el año 2012. En esta gráfica se observa el cambio en el nivel de materia orgánica en los tres elementos del paisaje analizados; los niveles más elevados corresponden al bosque, seguido de la zona restaurada y finalmente los potreros exhiben en promedio los niveles más bajos. Estos resultados son acordes a lo expuesto por la literatura en los procesos sucesionales.

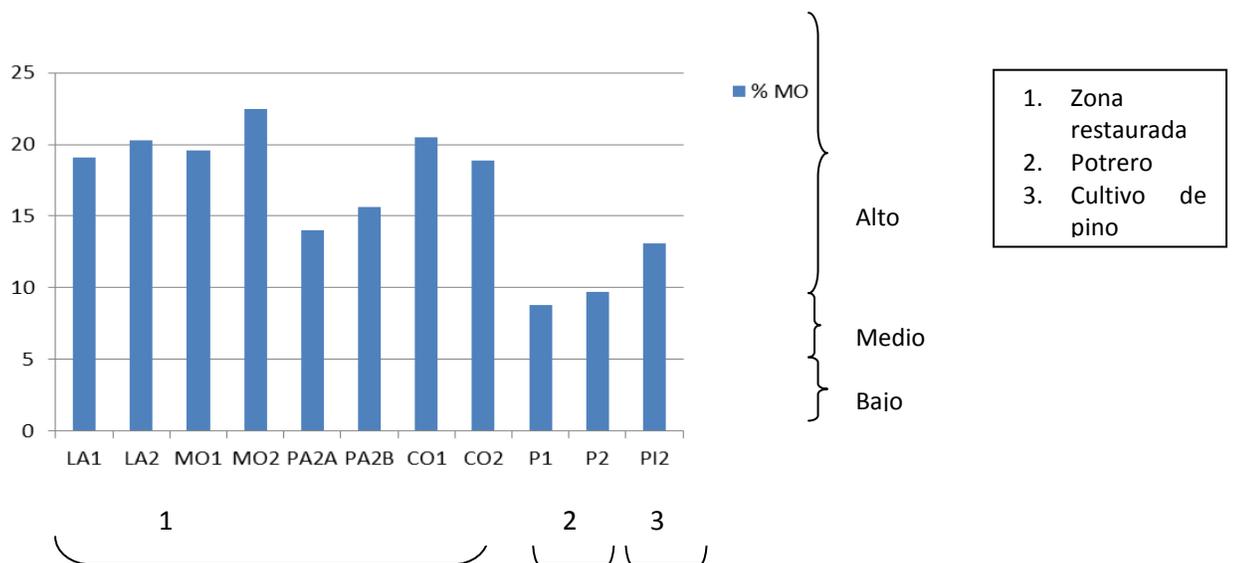


Figura 5: Porcentaje (%) de materia orgánica correspondiente al muestreo realizado en el año 2005. En la gráfica se observan niveles elevados de materia orgánica para todas las zonas restauradas, debido posiblemente al manejo que tuvieron las pasturas, mientras que por el contrario, los potreros presentan niveles medios.

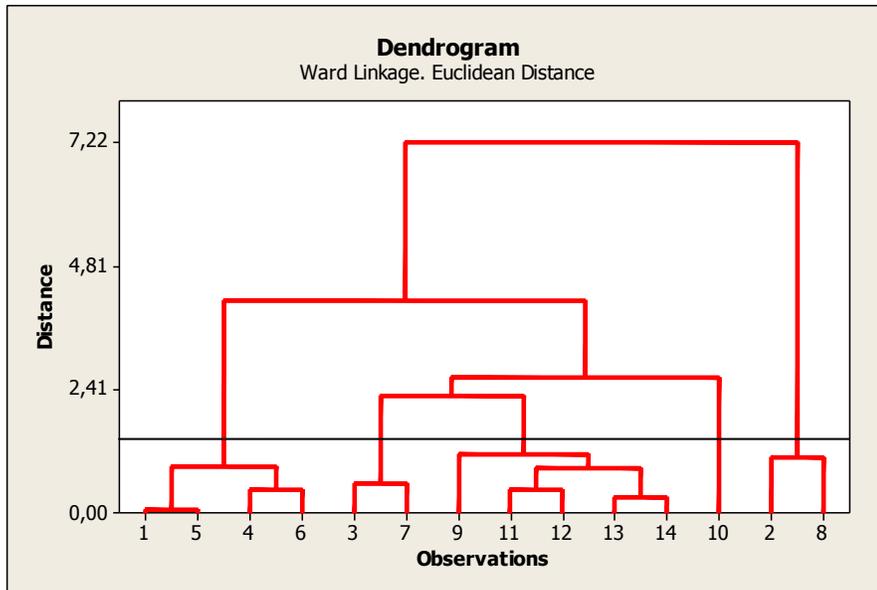


Figura 6: Cluster elaborado con las variables porcentaje de materia orgánica y CIC para los datos de 2012. A una distancia de aproximadamente 1,2 se formaron 5 clusters, de los cuales el primero está compuesto por zonas restauradas y bosque maduro, el segundo incluye zonas restauradas, el tercero agrupa potreros y el quinto agrupa zona restaurada y bosque maduro. Estos resultados demuestran en parte el éxito que está teniendo la restauración, ya que la zona restaurada se está asemejando más al bosque que al potrero.

Tabla 5. Equivalencias en el diagrama de cluster

Muestra	Nº
Bosque maduro Bremen	1
Bosque maduro Barbas	2
Corredor Pavas (Barbas)	3
Corredor Pavas (Bremen)	4
Corredor Monos (Barbas)	5
Corredor Monos (Bremen)	6

Corredor Colibríes (Barbas)	7
Corredor Colibríes (Bremen)	8
Potrero Corredor Pavas (Barbas)	9
Potrero Corredor Pavas (Bremen)	10
Potrero Corredor Monos (Barbas)	11
Potrero Corredor Monos (Bremen)	12
Potrero Corredor Colibríes (Barbas)	13
Potrero Corredor Colibríes (Bremen)	14

Tabla 6: Clusters formados a una distancia de aproximadamente 1,2

Cluster	Observaciones
1	1 5 4 6
2	3 7
3	11 12 13 14 9
4	10
5	2 8

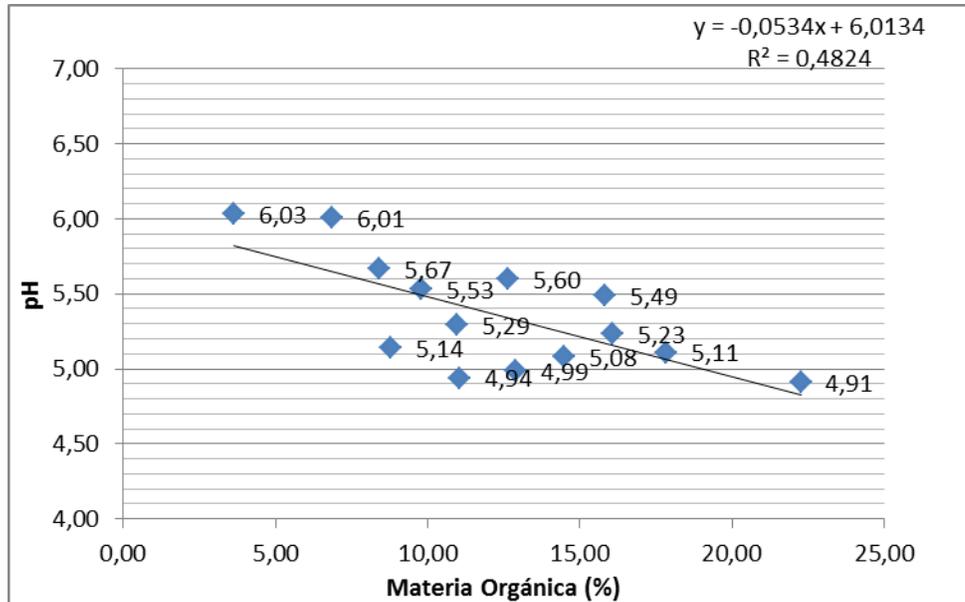


Figura 7. Relación entre pH y materia orgánica (%) para los datos de 2012. En la gráfica se observa una relación negativa entre las variables, donde la materia orgánica explica en un 48% los cambios en el pH. Estos resultados son acordes a lo expuesto en la literatura y se

observa claramente que los niveles más altos de materia orgánica (22,27%), están asociados a pH's más bajos (4,91)

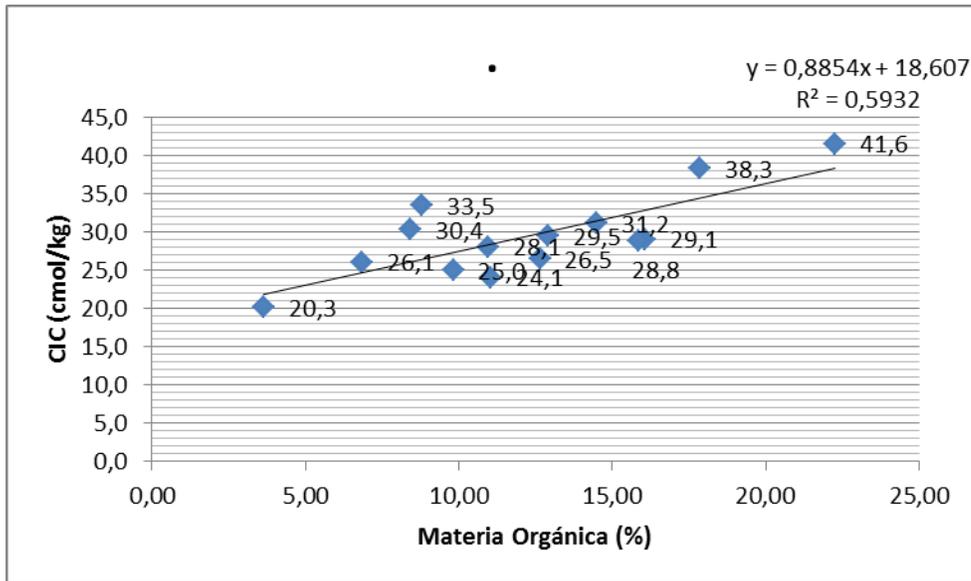


Figura 8. Relación entre la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la materia orgánica (%) para los datos de 2012. En esta gráfica se observa la relación positiva entre los dos variables acorde a lo expresado en la literatura. Niveles elevados de materia orgánica están asociados con niveles altos de CIC.

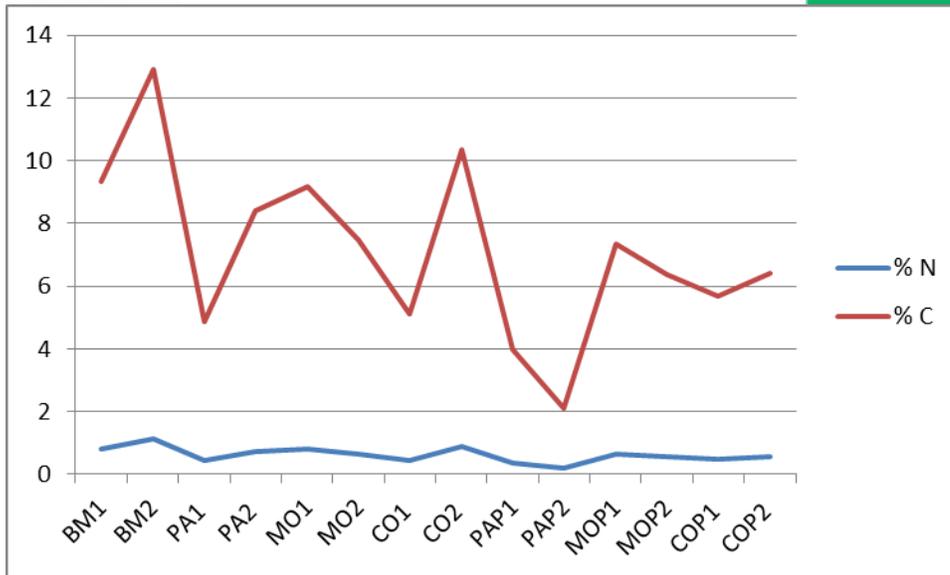


Figura 9. Porcentaje de nitrógeno y carbono para los datos de 2012. En la gráfica se observa la variación en los niveles de nitrógeno y carbono a lo largo de la sucesión. Los dos primeros datos que corresponden al bosque maduro exhiben los niveles más altos, seguido de la zona restaurada, que corresponde a los seis siguientes datos y finalmente los últimos seis datos pertenecientes a los potreros son los que presentan los niveles más bajos de estos dos elementos.

7. DISCUSIÓN

7.1 TEXTURA

La textura del suelo se define como la proporción relativa de partículas como la arena (0,05 - 2mm), el limo (0,002 - 0,05 mm) y la arcilla (menor a 0,002 mm) presentes en la muestra de suelo e indica ciertas características como la facilidad con que se trabaja el suelo, la cantidad de agua o aire que puede llegar a retener y además la velocidad con que el agua puede penetrarlo y atravesarlo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2006; Hernandez, Hoyos, & Hoyos, 2011).

Los suelos con una mayor proporción de arena, tienen un área superficial por gramo de suelo relativamente más bajo y espacios más grandes entre las partículas, de esta forma, el agua exhibe un buen drenaje y permanece únicamente en la superficie de las partículas y en los hendiduras entre ellas, además debido a esta característica, estos suelos presentan una baja capacidad de campo, que se refiere a la capacidad de mantener la humedad (mide el contenido de agua que el suelo es capaz de retener luego de haber sido saturado y de permitirse su drenaje) y en el caso particular de suelos arenosos es de aproximadamente 3%, es decir, sólo este bajo porcentaje de agua por volumen es retenido por el suelo después de la saturación; otra característica del suelo que depende en parte de su tipo y contenido de agua es la conductividad hidráulica, la cual es una medida de la facilidad con que el agua puede moverse a través del suelo y en referencia a los suelos arenosos presenta valores altos, debido a los grandes espacios presentes entre las partículas (Taiz & Zeiger, 2010). En el caso contrario, los suelos arcillosos tienen un área superficial mayor y los espacios entre partículas son más pequeños, presentando un baja capacidad de drenaje y baja capacidad hidráulica, adicionalmente, su capacidad de campo es mayor, es decir, pueden llegar a retener hasta un 40% de agua por volumen pocos días después de haber sido saturados (Taiz & Zeiger, 2010)

De acuerdo al porcentaje de arena, limo y arcilla encontrado en el suelo de los tres elementos del paisaje analizados en agosto de 2012, la textura se clasifica como franco arenosa, debido a que presenta un mayor porcentaje de arena y además se encuentran limo y arcilla en proporciones similares, suministrándole a las partículas más coherencia (Brown R. B., 1990). Para interpretar los datos provenientes del análisis físico se utiliza el triángulo textural propuesto por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), con el que de acuerdo al porcentaje de partículas encontradas se puede clasificar la muestra en cualquiera de las 12 texturas existentes.

Para todos los elementos del paisaje la textura del suelo resultó ser franco arenosa, lo cual es coherente con lo expresado en la literatura, debido a que esta característica física es considerada inherente, es decir, cambia poco o nada con el manejo que se le proporcione al suelo, dado que es una propiedad que se forma en miles de años y resulta de factores como el clima, la topografía, el material parental, la biota y el tiempo (United States Department of Agriculture (USDA), 2009)

Al analizar el tipo de textura es necesario tener en cuenta la temperatura y precipitación promedio anual de la zona, que en el caso de Filandia, se encuentra en 18 °C y 2829 mm respectivamente (Diaz, Alvarado, Roveda, Mendivelso, & Useche, 2004; Alcaldía Municipal Filandia Quindío , 2011); esta precipitación elevada y su temperatura ubica al municipio en dos pisos climáticos, frío húmedo y templado húmedo (Alcaldía Municipal de Filandia), que son coherentes con la textura del suelo, dado que al tener una mayor proporción de arena, su drenaje va a ser alto y aunque en ciertos periodos del año las precipitaciones sean elevadas, el suelo no se va a sobresaturar o anegar, cabe anotar que en las zonas más elevadas y frías persisten minerales arcillosos amorfos como la alófana, cuya retención de la humedad es muy alta, teniendo como consecuencia que al presentarse altas precipitaciones, estos suelos permanecen saturados la mayoría del tiempo con desalojo de aire, inhibiéndose el desarrollo radical de ciertos cultivos como las hortalizas (Bernal Alvarez, 1986) .

Es importante tener en cuenta que el método utilizado para determinar la textura del suelo fue el de Bouyoucos, el cual se fundamenta en la velocidad diferencial de sedimentación de las partículas del suelo (arena, arcilla y limo) con base en el tamaño, peso y medio en que sedimentan, se requiere tamizar la muestra y pretratarla con compuestos químicos que permitan la separación de las uniones cohesivas que presentan las partículas y así garantizar su dispersión (Nuñez, 1996). Para los suelos derivados de cenizas volcánicas, este método no es el más apropiado, debido a que no se logra la

dispersión completa del material amorfo (alófana), dado que tiende a flocularse alrededor de las partículas de limo, formando pseudoarenas que entran a formar parte erróneamente en la fracción de arenas (Díaz, Alvarado, Roveda, Mendivelso, & Useche, 2004).

7.2 pH

El pH se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración de protones $[H^+]$ ($pH = -\log[H^+]$) y su medición en el suelo indica acidez o alcalinidad, la escala de pH se encuentra entre 0 y 14, donde un pH de 7 es neutro, por debajo de este valor se considera ácido y por encima básico (Brown, LeMay, Bursten, & Murphy, 2009; USDA Natural Resources Conservation Service, 2011). Este indicador es de gran relevancia en estudios de suelos, debido a que se encuentra asociado con la actividad microbiana, la disponibilidad de nutrientes para las plantas (ver anexo 15), la interacción de pesticidas, la movilidad de metales pesados y la corrosividad; en términos generales un pH entre 6 y 7 es el más favorable para el crecimiento vegetal, aunque debe tenerse en cuenta que las diferentes especies de plantas tienen requerimientos de pH variado, respecto a la actividad microbiana, un pH entre 6,6 y 7,3 es el más adecuado, debido a que contribuye a la disponibilidad de nitrógeno, azufre y fósforo en el suelo (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998).

El pH disminuye a medida que la concentración de $[H^+]$ aumenta, este incremento puede deberse a varios factores como el ácido carbónico producido cuando se forma dióxido de carbono proveniente de la descomposición de la materia orgánica y de la respiración radicular, la reacción de Al^{3+} con agua, la nitrificación de amonio por fertilizantes y la mineralización de materia orgánica, las precipitaciones y la lluvia ácida (USDA Natural Resources Conservation Service, 2011)

El pH obtenido en los tres elementos del paisaje se encuentra en el rango de 4,91 y 6,03, es decir, suelos altamente ácidos a moderadamente ácidos de acuerdo a las clases de pH

en suelos comúnmente aceptadas (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998) (ver anexo 7)

Cuando el pH se encuentra por debajo de 5,5 (ver tabla 1) como es el caso del 83% de los corredores muestreados, el 100% del bosque maduro y el 33% de los potreros, generalmente tienen una baja disponibilidad de calcio, magnesio y fósforo y así mismo se puede incrementar la disponibilidad de Aluminio, hierro y boro (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998)

7.3 FERTILIDAD

Dentro de los indicadores más importantes para medir la fertilidad del suelo y factores asociados a ésta se encuentran la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el tipo de suelo y la materia orgánica.

7.3.1 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

La CIC es una medida de la capacidad del suelo para retener y liberar cationes como el Ca, K, Mg y Na y está relacionada con la cantidad de materia orgánica y de arcilla presente, estas últimas tienen carga negativa, por lo que mientras más alto sea el contenido de arcilla y materia orgánica, mayor va a ser la capacidad de intercambio catiónico del suelo, pudiendo retener mejor los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. La CIC es relativamente constante a lo largo del tiempo a no ser que se adicione materia orgánica al suelo

7.3.2 TIPO DE SUELO

La fertilidad también se encuentra relacionada con el tipo de suelo y material parental que lo origina. En el caso de Filandia, de acuerdo a un estudio realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), los suelos están clasificados en el orden andisoles, dentro de la consociación integrada por el subgrupo Acrudoxic Hapludands en un 85%,

con inclusiones de Typic Hapludands (Perfil modal PQ-52 IGAC- ver anexo 14). Estos suelos se caracterizan por ser medianamente desarrollados, han evolucionado a partir de capas gruesas de cenizas volcánicas, son suelos profundos con buen drenaje, alta fertilidad, su pH se encuentra en el rango de fuerte a moderadamente ácido (generalmente menor de 6), su contenido de materia orgánica es elevado (entre 10-20%), tienen alta capacidad buffer, son pobres en elementos como el calcio, magnesio, fósforo y potasio y su textura es francoarenosa (Proyecto U.T.P - GTZ, 2001; Diaz, Alvarado, Roveda, Mendivelso, & Useche, 2004). Estos suelos derivados de cenizas volcánicas presentan horizontes superiores con alto contenido de materia orgánica, que se evidencia en el color pardo oscuro y pardo grisáceo muy oscuro y a medida que se hacen más profundos los horizontes, el contenido de materia orgánica disminuye, por lo que los colores predominantes son pardo y pardo amarillento (Diaz, Alvarado, Roveda, Mendivelso, & Useche, 2004).

Los andisoles son típicos de la zona cafetera colombiana y su evolución a partir de las cenizas volcánicas se deben a erupciones en las cordilleras central y occidental, los depósitos más antiguos provienen de los volcanes del Quindío y Páramo de Santa Rosa, mientras que los más recientes están relacionados con las erupciones de los volcanes del Ruiz, Tolima, Santa Isabel y Cerro Bravo (Proyecto U.T.P - GTZ, 2001). Aunque para algunos suelos los materiales provenientes de las erupciones han constituido aportes y cambios en las características, para la mayoría estas cenizas volcánicas constituyen el material parental y por consiguiente han definido sus propiedades físicas, químicas y minearológicas (Proyecto U.T.P - GTZ, 2001)

Al interpretar el análisis de suelos realizado tanto en el 2005 como en el 2012 (ver tabla 1 y 2) y compararlos con los niveles óptimos de las bases intercambiables (ver anexo 10), se observa una tendencia a niveles bajos con pocas excepciones de niveles medios; en cuanto al fósforo, este elemento presenta niveles bajos para todos los datos de 2005 y

2012 a excepción de un dato de 2012 en el potrero aledaño al corredor colibríes que exhibe un nivel medio, estos bajos niveles de fósforo disponible en el suelo son comunes en suelos volcánicos, donde la unión de este elemento con la arcilla resulta en altas tasas de retención de fósforo (Holl, 1999). La presencia de niveles similares de nutrientes en los tres elementos del paisaje se puede relacionar con lo expresado anteriormente sobre las características del tipo de suelo al que pertenecen las muestras y que todas se derivan del mismo material parental, por lo que posiblemente los nutrientes pueden ser un reflejo de éste y no proporcionan diferencias que permitan determinar el proceso sucesional de la restauración.

Con relación a los niveles bajos de bases intercambiables, se presenta también un nivel bajo del porcentaje de saturación de bases para el calcio, magnesio y potasio en los datos de 2012 (ver tabla 3 y anexo 12)

Dentro de algunos estudios que corroboran los resultados obtenidos en cuanto a niveles de nutrientes se encuentra uno realizado en Estados Unidos sobre los cambios en la materia orgánica y el contenido de nutrientes luego de la tala de madera, el cual no muestra patrones sucesionales en las concentraciones de magnesio, potasio y nitrógeno (Covington, 1981). Aunque los cambios observados en los nutrientes del suelo a lo largo del desarrollo de la sucesión no siempre son aparentes y en algunos casos los resultados difieren (algunos estudios concluyen disminución o aumento de nutrientes del suelo con la edad del bosque), esto puede deberse a factores como las diferentes metodologías analíticas utilizadas, el tipo de bosque, tipo de suelo y el tipo de intensidad del uso del suelo, por ejemplo, la recuperación de carbono en el suelo es más rápida en bosques secundarios que se han regenerado a partir de pastizales que de campos agrícolas (Guariguata & Ostertag, 2000)

7.3.3 MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

La materia orgánica del suelo puede considerarse como la suma de residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, las células y tejidos de los organismos del suelo y las sustancias bien descompuestas (McCauley, Jones, & Jacobsen, 2009), también se define como cualquier material producido originalmente por organismos vivos que regresa al suelo y experimenta el proceso de descomposición (Bot & Benites, 2005). Se encuentra relacionada con la capacidad del suelo para suministrar nutrientes, debido a que al derivarse principalmente de residuos vegetales, contiene todos los nutrientes esenciales de las plantas y además su porción orgánica estable denominada humus absorbe y retiene los nutrientes en una forma disponible para las plantas, es importante para el almacenamiento de agua, la liberación de gases invernadero, actúa como potenciador de las propiedades físicas y químicas del suelo, promueve la actividad biológica actuando como fuente de energía para los organismos descomponedores del suelo y mantiene la calidad ambiental, considerándose un indicador de la calidad y fertilidad del suelo (Guariguata & Ostertag, 2000; Rees, Ball, Campbell, & Watson, 2001; Astarai, 2008; Bot & Benites, 2005).

La materia orgánica al depender de la continua descomposición de residuos vegetales contribuye a la actividad biológica y al ciclo del carbono y nitrógeno en el suelo (Zak, Grigal, Gleeson, & Tilman, 1990; Bot & Benites, 2005). La dinámica de estos dos elementos tiene una regulación compleja que experimenta cambios durante la sucesión secundaria, de manera que dentro de este ciclo la fuente de materia orgánica y la disponibilidad de carbono y nitrógeno están controladas por la formación de materia orgánica a partir de la producción primaria y su pérdida está determinada por las actividades de organismos descomponedores; estos organismos del suelo utilizan la materia orgánica como fuente de alimento y a medida que la descomponen, los nutrientes en exceso como el nitrógeno, fósforo o carbono son liberados en el suelo en formas que las plantas los pueden utilizar (Zak, Grigal, Gleeson, & Tilman, 1990; Bot & Benites, 2005).

Estudios realizados acerca de la relación entre carbono, nitrógeno y procesos sucesionales, sugieren que el balance entre la producción de materia orgánica y su descomposición cambian de manera predecible durante la sucesión, de forma que se observa una disminución tanto del carbono como del nitrógeno en la sucesión temprana cuando se ha producido el abandono de campos agrícolas, generalmente en este caso se observa una disminución visible de la materia orgánica y posteriormente se produce la recuperación del carbono del suelo hasta alcanzar los niveles típicos del bosque maduro (Zak, Grigal, Gleeson, & Tilman, 1990; Nadporozhskaya, Mohren, Chertov, Komarov, & Mikhailov, 2006).

La sucesión temprana se caracteriza por presentar bajas tasas de producción primaria y altas tasas de descomposición que ocasionan una disminución del carbono y nitrógeno del suelo, cuando la sucesión se encuentra en su etapa media se empiezan a incrementar estos dos elementos a medida que la producción excede la descomposición y finalmente se alcanza un estado estable cuando las tasas de producción y descomposición son equivalentes en la sucesión tardía. Los estados sucesionales tardíos no se encuentran en equilibrio y no se consideran sistemas cerrados, sino que permanecen relativamente constantes, debido a que los inputs (materia orgánica disuelta y particulada, exudados de raíces) y los outputs (descomposición y exportación al suelo etc.) se encuentran balanceados y en caso de producirse una perturbación este balance se altera disminuyendo la materia orgánica del suelo (Covington, 1981).

Esto puede evidenciarse al analizar los contenidos en el porcentaje de N y C del suelo obtenidos a partir de los valores de la materia orgánica (ver tabla 3 y 4). En los potreros por ejemplo, presentan en promedio los porcentajes más bajos de estos elementos, la zona restaurada que corresponde a los corredores y que se encuentra en una etapa media de sucesión exhibe porcentajes más elevados de nitrógeno y carbono y en algunos casos se aproximan a los niveles del bosque maduro como ocurre en el corredor colibríes hacia

Bremen y finalmente los porcentajes más altos de estos dos elementos se encuentran en los bosques maduros (ver figura 9)

La materia orgánica tiene una relación negativa con el pH del suelo, debido a que al estar compuesta de sustancias húmicas como los ácidos húmicos y fúlvicos producidos por la acción descomponedora de los microorganismos ocasionan una disminución del pH, siendo una de las causas más importantes de acidificación del suelo (Sparks, 2003). Esta relación inversa se observa en la figura 7, donde se puede apreciar que el pH más bajo registrado (4,91) corresponde al bosque maduro de Bremen que cuenta con el mayor contenido de materia orgánica (22,27%) mientras que el pH más alcalino que se registró (6,03) corresponde a uno de los potreros aledaños al corredor las Pavas que cuenta con el menor contenido de materia orgánica (3,64%).

La materia orgánica también se encuentra relacionada con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la medida en que esta última está influenciada por la cantidad y tipo de arcilla presente en el suelo y por la cantidad de materia orgánica descompuesta, las cuales tienen la propiedad de retener cationes, debido a la presencia de cargas negativas en su superficie (Arias, 2001). Al observar la figura 8, se puede apreciar que el valor más elevado de CIC (41,60 cmol/kg), corresponde al bosque maduro de Bremen que tiene el mayor contenido de materia orgánica (22,27%), mientras que el valor más bajo de CIC (20,25 cmol/kg) corresponde al potrero aledaño al corredor las Pavas que cuenta con el menor contenido de materia orgánica (3,64%). Estos resultados coinciden con lo obtenido al analizar el pH en conjunto con la materia orgánica, por lo que se puede concluir que suelos con contenidos altos de materia orgánica tienen la tendencia a presentar pH bajos y capacidades de intercambio catiónico altas.

La cantidad de materia orgánica en el suelo se ve influenciada tanto por factores naturales como antropogénicos. Dentro de los factores naturales se encuentra la temperatura, la humedad y textura del suelo, la topografía, la salinidad y acidez, la vegetación, la

producción de biomasa y la erosión; este último factor puede producirse también por acción antropogénica (Bot & Benites, 2005; Hamer, 2010). Se ha encontrado que niveles elevados de humedad favorecen la producción de biomasa, proveyendo más residuos y por lo tanto más nutrientes para la biota del suelo, asimismo, la materia orgánica tiende a incrementarse a medida que los niveles de arcilla son más altos, debido a que la unión entre la materia orgánica y la superficie de las partículas de arcilla disminuyen la tasa de descomposición y favorecen la formación de agregados que actúan como protectores de la materia orgánica, en cuanto a la temperatura, los suelos de zonas frías tienen un mayor contenido de materia orgánica, debido a la menor actividad microbiana (Bot & Benites, 2005; Burbano & Silva, 2010).

En la zona de estudio, el clima se clasifica dentro de los pisos térmicos frío húmedo y templado húmedo con precipitaciones elevadas de aproximadamente 2829 mm al año, adicionalmente se encuentra un elemento arcilloso denominado alófana, con gran capacidad retenedora de humedad (Bernal Alvarez, 1986; Alcaldía Municipal Filandia Quindío, 2011). Estas características favorecen los niveles elevados de materia orgánica presentes en el suelo de los diferentes elementos del paisaje analizados (ver tabla 1 y 2; anexo 8)

Dentro de los factores antropogénicos de mayor impacto sobre la materia orgánica del suelo se encuentran la erosión producida por malas prácticas agrícolas que ocasionan la disminución de los organismos descomponedores, esto a su vez conlleva a la degradación de la textura del suelo. Otro factor importante asociado a la disminución de la biota del suelo es la tala de bosques con fines agrícolas, entre sus efectos se cuentan la desaparición de la hojarasca y con ello una disminución en el número y variedad de organismos del suelo, lo cual es mucho más marcado en los trópicos. Asimismo, la hojarasca y los microorganismos del suelo disminuyen o desaparecen cuando se realiza la quema de la vegetación natural o de los residuos de cultivos, trayendo como consecuencia

la disminución de la cantidad de materia orgánica que regresa al suelo. Finalmente, el sobrepastoreo reduce la densidad de la cobertura vegetal, incrementa la erosión y la compactación del suelo, disminuyendo la capa de materia orgánica presente (Bot & Benites, 2005)

Con base en este indicador e incluyendo la capacidad de intercambio catiónico, se realizó un análisis de cluster para los 14 sitios muestreados (2 en bosque, 6 en zona restaurada-corredor y 6 en potrero aledaño al corredor) en agosto de 2012 y se obtuvieron 5 clusters a una distancia aproximada de 1,2 (ver figura 6 y tabla 5 y 6). El primer cluster indica que hay una mayor similitud entre el bosque maduro de Bremen, el corredor pavas hacia Bremen y el corredor monos, en este primer conglomerado se encuentran las observaciones más cercanas, es decir, con una distancia más próxima a cero como es el caso del bosque de Bremen con el corredor monos hacia Barbas; por su parte, en el segundo cluster se agrupan el corredor pavas y el corredor colibríes hacia Barbas; continuando con el tercer cluster, en éste se agrupan la mayor cantidad de elementos como los potreros aledaños al corredor monos y colibríes y el potrero aledaño al corredor pavas hacia Bremen, en este conglomerado el subcluster formado por los potreros que colindan con el corredor colibríes presentan una distancia muy próxima a cero, seguido por los potreros que colindan con el corredor monos; en cuanto al cuarto cluster, éste se encuentra compuesto por un único elemento, que corresponde al potrero que limita con el corredor Pavas hacia Bremen y finalmente, el quinto cluster agrupa el bosque maduro de Barbas y el corredor colibríes hacia Bremen.

En cuanto a los niveles de materia orgánica en las muestras de los dos años en estudio (ver figura 4 y 5), se observa en los datos de 2005 niveles altos en las zonas restauradas y medios en los potreros y en el 2012 se observan niveles altos en el bosque maduro, medio-alto en las zonas restauradas y el 50% de los potreros con niveles medio-bajo y el 50% con niveles altos. Al observar la variación de la materia orgánica en los últimos 7 años

para las zonas restauradas, se observa una tendencia decreciente; esto puede deberse a varios factores como la utilización de laboratorios de análisis de suelos diferentes y que el muestreo no se realizó exactamente en los mismos puntos, dado que no se contaba con las coordenadas del año 2005, aunque esto se disminuye haciendo la mezcla de diferentes puntos en una muestra compuesta, esto tiene una gran incidencia en los resultados, ya que como se comentó anteriormente, el contenido de materia orgánica depende de varios factores naturales, como la topografía.

En cuanto al porcentaje de materia orgánica hallado en los potreros, los niveles más bajos se encuentran en los potreros aledaños al corredor pavas, que en el momento de tomar la muestra se encontraba ganado en la zona. Este corredor se estableció en un sector de carretera, lo que conlleva a que el suelo de las zonas aledañas que no han sido restauradas presenten gran compactación, además el corredor pavas exhibe uno de los niveles más bajos de materia orgánica (8,43%) (ver tabla 1 y figura 4), que puede deberse al retraso en la ejecución de las fases de restauración propuestas para 2008 y 2009, además se ha reportado ingreso de ganado en la zona restaurada por la falta de estacones vivos, que debían instalarse en la fase inicial del proyecto, trayendo como consecuencia pérdida de la materia orgánica (Vargas W. , 2010). En otros potreros al momento de tomar la muestra se encontraban abandonados y algunos con cobertura vegetal abundante, por lo que en el análisis de laboratorio arrojaron niveles altos de materia orgánica, debido a que como se explicó en apartados anteriores, en los procesos naturales de sucesión, luego del abandono de un cultivo o de la actividad ganadera se empieza a restablecer los ciclos de nutrientes con ayuda de los microorganismos y los residuos vegetales, que incrementan los niveles de materia orgánica en el suelo.

Al analizar el corredor colibríes hacía Bremen se observa su gran similitud con el bosque maduro (ver figura 6), presenta además el mayor contenido de materia orgánica de las zonas restauradas en estudio, lo cual se debe en parte al manejo que se le dio a las

coberturas de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), a través de especies controladoras de pasturas capaces de invadir rápidamente y generar las condiciones favorables para la germinación de semillas (Vargas W. , 2010). Esta especie de pasto se caracteriza por producir gran cantidad de biomasa, su dinámica de crecimiento incluye la rápida elongación de estolones, producción y senescencia de hojas, de manera que luego de tres o cuatro semanas después del corte o pastoreo, el material vegetal que no ha sido consumido empieza a acumularse en forma de materia orgánica (López González, et al., 2010). Asimismo otras especies del género *Cynodon* como *Cynodon dactylon* se han encontrado fuertemente correlacionadas de forma positiva con elementos del suelo como materia orgánica, arcilla, conductividad etc. (Galiano, 1985). Contrario a lo encontrado en el corredor colibríes hacia Bremen, el corredor hacía Barbas presenta el segundo nivel más bajo en zonas restauradas, después del corredor colibríes (ver tabla 1 y figura 4), este resultado puede deberse al impacto negativo del ganado en la zona restaurada, que al ingresar al corredor por daños en la cerca, han destruido árboles y parte del sotobosque (Vargas W. , 2010).

De acuerdo a estos resultados se puede concluir en general que las zonas restauradas se asemejan más al bosque maduro que a los potreros, con lo que se cumple uno de los objetivos que tiene la estrategia implementada en los corredores de Filandia basada en la aceleración de procesos sucesionales, es necesario tener en cuenta que en este trabajo se están analizando únicamente las propiedades fisicoquímicas del suelo y específicamente los niveles de materia orgánica, por lo que para definir con mayor certeza el éxito de la restauración es necesario realizar estudios que incluyan otros indicadores tanto bióticos como abióticos.

8. CONCLUSIONES

La restauración ecológica tiene como objetivo ayudar a restablecer la composición, estructura y dinámicas del ecosistema que ha sido degradado, utilizando como modelo un

ecosistema de referencia. En la mayoría de estudios se utilizan indicadores biológicos como la diversidad de especies para evaluar el éxito de la restauración. Este trabajo de grado busca destacar la importancia de realizar un análisis de suelo preliminar, que permita evaluar las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, y así determinar que tan lejos se encuentran del ecosistema de referencia y poder establecer las medidas y estrategias adecuadas para efectuar una restauración exitosa y en el menor tiempo posible.

Dentro de las variables analizadas, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico muestran cambios sucesionales a corto plazo, pudiéndose utilizar como indicadores de restauración; por otra parte, variables como la concentración de elementos mayores y menores y la textura del suelo, dependen de factores como el material parental y por lo tanto no exhiben cambios sucesionales significativos en el corto plazo.

Se encontraron correlaciones positivas y negativas entre la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónica y entre la materia orgánica y el pH respectivamente, acorde a lo reportado por la literatura. Adicionalmente, existe una relación sucesional entre el porcentaje de nitrógeno y carbono del suelo en los tres elementos del paisaje estudiados, de manera que los niveles más bajos se encuentran en zonas perturbadas, niveles medios en las zonas restauradas y niveles altos en las zonas no alteradas como los bosques maduros.

Se destaca la importancia de la materia orgánica como factor clave en el proceso de restauración, debido a su rol en el almacenamiento de agua, retención de nutrientes en forma disponible para las plantas y su función potenciadora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Adicionalmente, la materia orgánica y su interacción con los microorganismos, genera las condiciones necesarias para que se produzcan los estados sucesionales requeridos para llegar al ecosistema de referencia, produciendo cambios en

las propiedades del suelo que permiten el establecimiento o inhibición de ciertas especies de plantas a lo largo del tiempo.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios similares utilizando la actividad microbiana del suelo como indicador en el proceso de restauración ecológica y comparar con los resultados obtenidos en el presente trabajo al evaluar las características fisicoquímicas del suelo. Los microorganismos del suelo juegan un rol importante para procesos como la descomposición de la materia orgánica, reciclaje de nutrientes en los suelos, promueven el crecimiento de las plantas mediante secreción de hormonas actúan en la fijación de nitrógeno, degradación de contaminantes, entre otros; algunos de ellos tienen la capacidad de producir capas de polisacáridos y glicoproteínas que cubren la superficie celular o formar capsulas gelatinosas o de limo con las cuales pueden adherirse a diversas estructuras, estas sustancias secretadas ayudan a la cementación de las partículas del suelo en microagregados estables que mejoran la estructura del suelo (Dash & Dash, 2009; Hoorman, 2011)

Una de las características más importantes de la comunidad de microorganismos para realizar este tipo de estudios es que presentan cambios a medida que ocurre la sucesión natural. Luego de una perturbación y cambio en el uso del suelo (agricultura, ganadería etc.) la comunidad microbiana del suelo y su actividad varían significativamente (Hoorman, 2011). El proceso de sucesión se observa tanto en la comunidad de plantas como en el suelo, y en especial, las bacterias que habitan la rizosfera tienen la habilidad de modificar el ambiente del suelo y favorecer ciertas comunidades de plantas; en las etapas tempranas de sucesión cuando comienzan a establecerse las especies pioneras, se empiezan a formar tipos diferentes de materia orgánica, que cambian el tipo de nutrientes disponibles para las bacterias, y a su vez, en este proceso cíclico, las comunidad

bacteriana cambia la estructura y ambiente del suelo para que otras plantas puedan establecerse (Hamer, 2010; Hoorman, 2011).

Se recomienda también analizar la relación C/N para los microorganismos del suelo, esta relación oscila entre 8:1 y 12:1 y representa una herramienta útil para evaluar la limitación de nutrientes en un ecosistema (Cleveland & Liptzin, 2007).

}

10. BIBLIOGRAFIA

Alcaldía Municipal de Filandia. (s.f.). *Sitio oficial de Filandia en Quindío, Colombia*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2012, de Sitio oficial de Filandia en Quindío, Colombia: http://filandia-quindio.gov.co/apc-aa-files/34373838333435393431666366353030/ASPECTOS_METEOROLOGICOS.pdf

Alcaldía Municipal Filandia Quindío . (25 de Noviembre de 2011). *Sitio oficial de Filandia en Quindío, Colombia*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2012, de Sitio oficial de Filandia en Quindío, Colombia: <http://www.filandia-quindio.gov.co/sitio.shtml?apc=mTxx-1-&m=f>

Arias, A. C. (2001). *Suelos Tropicales*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia .

Astaraei, A. R. (2008). Microbial Count and Succession, Soil Chemical Properties as Affected by Organic Debris Decomposition. *Am-Euras.J.Agric & Environ. Sci* , 178-188.

Bedoya, J. J. (2007). Valoración Inicial del Potencial de Conectividad de Corredores Biológicos por Medio de Mamíferos Terrestres Medianos y Grandes en un Bosque Subandino. *Trabajo de Grado* . Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana .

Bennett, G., & Mulongoy, K. J. (2006). Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. *Secretariat of the Convention on Biological Diversity* , 23, 100.

Bernal Alvarez, R. F. (1986). *Estudio de Zonificación y Uso Potencial del Suelo en la Zona Cafetera del Departamento del Quindío* . Bogotá : Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Bot, A., & Benites, J. (2005). *The Importance of Soil Organic Matter Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food and Production*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations .

- Brown, R. B. (1990). *Soil Texture*. Florida: Electronic Data Information Source of UF/IFAS Extension.
- Brown, T., LeMay, E., Bursten, B., & Murphy, C. (2009). *Química la Ciencia Central*. Atlacomulco: Pearson Education.
- Buol, S. W. (2008). *Soils, Land, and Life*. New Jersey: Pearson Education.
- Burbano, H., & Silva, F. (2010). *Ciencia del Suelo: Principios Básicos*. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Ceccon, E., Olmsted, I., & Campo, J. (2002). Vegetación y Propiedades del Suelo en dos Bosques Tropicales Secos de Diferente Estado Regeneracional en Yucatán. *Agrociencia*, 621-631.
- Cleveland, C., & Liptzin, D. (2007). C:N:P stoichiometry in soil: is there a “Redfield ratio” for the microbial biomass? *Biogeochemistry*, 235-252.
- Covington, W. (1981). Changes in Forest Floor Organic Matter and Nutrient Content Following Clear Cutting in Northern Hardwoods. *Ecology*, 41-48.
- Cuesta, P., Mateus, H., Barros, J., Contreras, A., Jimenez, N., Villaneda, E., et al. (2005). *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos*. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- Dash, M. C., & Dash, S. P. (2009). *Fundamentals of Ecology*. New Delhi: Mc Graw Hill.
- Diaz, P., Alvarado, P., Roveda, G., Mendivelso, D., & Useche, L. (2004). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Quindío*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 3-11.
- Falk, D., Palmer, M., & Zedler, J. (2006). *Foundations of Restoration Ecology*. Washington: Island Press.
- Galiano, E. (1985). The small-scale pattern of *Cynodon dactylon* in Mediterranean pastures. *Vegetatio*, 121-127.
- Gilliam, F., & Adams, M. B. (1995). Plant and soil nutrients in young versus mature central appalachian hardwood stands. *10th Central Hardwood Forest Conference* (págs. 109-118). United States Department of Agriculture USDA.

- Greipsson, S. (2011). *Restoration Ecology*. Ontario : Jones & Bartlett Learning.
- Guariguata, M. R., & Ostertag, R. (2000). Neotropical Secondary Forest Succession: Changes in Structural and Functional Characteristics. *Forest Ecology and Management* , 185-206.
- Haddad, N. M., & Baum, K. A. (1999). An Experimental Test of Corridor Effects on Butterfly Densities. *Ecological Applications* , 623-633.
- Hamer, U. (2010). World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. *Response of soil microorganisms to land-use change in China, Ecuador and Germany*, (págs. 87-90). Brisbane.
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2007). *Interpreting Soil Test Results: What Do All The Numbers Mean?* Collingwood: CSIRO Publishing.
- Hernandez, H., Hoyos, C. A., & Hoyos, R. A. (2011). *Manual de Manejo y Uso del Suelo en Zona de Ladera*. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- Hilty, J. A., Lidicker, W. Z., & Merendeler, A. M. (2006). *Corridor Ecology, the Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation*. Washington: Island Press.
- Holl, K. (1999). Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in Abandoned Pasture: Seed Rain, Seed Germination, Microclimate, and Soil. *Biotropica* , 229-242.
- Hoorman, J. (2011). *The Role of Soil Bacteria*. Ohio: The Ohio State University.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2010). *El ABC de los suelos para no expertos* . Bogotá : Imprenta Nacional de Colombia.
- Jia, G.-m., Cao, J., Wang, C., & Wang, G. (2005). Microbial biomass and nutrients in soil at the different stages of secondary forest succession in Ziwulin, northwest China. *Forest Ecology and Management* , 117-125.
- Kimmins, J. P. (1987). *Forest Ecology*. New York: Prentice Hall.
- Krebs, C. (2009). *Ecology*. San Francisco: Pearson.
- López González, F., Estrada Flores, J., Avilés Nova, F., Yong Ángel, G., Hernández Morales, P., Martínez Loperena, R., et al. (2010). Agronomic evaluation and chemical composition of African Star Grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the state of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* , 151-159.

Lozano, F. H. (2009). *Herramientas de Manejo para la Conservación de Biodiversidad en Paisajes Rurales*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Lozano, F. H., Vargas, A. M., Vargas, W. G., Jimenez, E., Mendoza, J. E., Caycedo, P., et al. (2006). *Modelo de Manejo Sostenible de Paisajes Rurales para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Andina Colombiana*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt".

Martinez Romero, E. (1996). La Restauración Ecológica. *Ciencias* , 56-61.

McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (Mayo de 2009). *Nutrient Management: a Self-Study Course from MSU Extension Continuing Education Series* . Recuperado el 7 de Agosto de 2012, de <http://landresources.montana.edu/NM/Modules/Module8.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Putumayo (Colombia) Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. (2002). *Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa*. Mocoa: Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural- MADR.

Nadporozhskaya, M. A., Mohren, G. M., Chertov, O. G., Komarov, A. S., & Mikhailov, A. V. (2006). Dynamics of Soil Organic Matter in Primary and Secondary Forest Succession on Sandy Soils in The Netherlands: An Application of the ROMUL Model. *Ecological Modelling* , 399-418.

Núñez, J. (1996). *Manual de Laboratorio de Edafología*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED).

O'Neill, K., Amacher, M., & Perry, C. (2005). *Soils as an indicator of forest health: a guide to the collection, analysis, and interpretation of soil indicator data in the Forest Inventory and Analysis program*. St Paul: Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (17 de Noviembre de 2006). *Textura del Suelo*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

Osorio, N. W. (25 de Septiembre de 2006). *Muestreo de suelos*. Recuperado el 1 de Agosto de 2012, de Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Geociencias : <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>

Primack, R. B. (2010). *Essentials of Conservation Biology*. Massachusetts: Sinauer Associates .

Proyecto U.T.P - GTZ. (2001). *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto U.T.P - GTZ.

Raven, P., Evert, R., & Eichhorn, S. (2005). *Biology of Plants*. New York: W.H. Freeman and Company Publishers.

Rees, R. M., Ball, B. C., Campbell, C. D., & Watson, C. A. (2001). *Management of Soil Organic Matter*. Londres: CAB International.

Rosen, C., Bierman, P., & Eliason, R. (2008). *Soil Test Interpretations and Fertilizer Management for Lawns, Turf, Gardens, and Landscape Plants*. Minnesota: University of Minnesota .

Sanchez, S., Crespo, G., Hernandez, M., & García, Y. (2008). Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Tropical* , 269-273.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Políticas. (2004). *Principios de SER internacional Sobre la Restauración Ecológica* . Washington.

Sparks, D. L. (2003). *Environmental Soil Chemistry*. San Diego : Academic Press.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc.

United States Department of Agriculture (USDA). (Septiembre de 2009). *Soil Quality Indicators*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/indicator_sheet_guide_sheet.pdf

USDA Natural Resources Conservation Service. (Abril de 2011). *Soil Quality Indicators*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/pH_sq_chemical_indicator_sheet.pdf

USDA Natural Resources Conservation Service. (Enero de 1998). *Soil Quality Indicators: pH*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de http://urbanext.illinois.edu/soil/sq_info/ph.pdf

USDA Natural Resources Conservation Service. (Octubre de 2009). *Soil Quality Indicators: Total Organic Carbon*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012, de Soil Quality Indicators: Total Organic Carbon: http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/toc_sq_biological_indicator_sheet.pdf

Valverde Valdés, T., Meave del Castillo, J., Carabias Lillo, J., & Cano Santana, Z. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. México D.F: Pearson Educación .

Vargas, W. (2010). *Consideraciones sobre el estado actual de los corredores de conexión en el sector Barbas – Bremen y el establecimiento de pasos elevados para fauna*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Vargas, W. G. (2008). *Evaluación de dos estrategias de restauración en el establecimiento del corredor Barbas-Bremen, Quindío, Colombia*. Cali: Universidad del Valle, Programa de Maestría en Ciencias Biológicas .

Walker, R., & Craighead, L. (1997). Analyzing Wildlife Movement Corridors in Montana Using GIS. *ESRI User Conference Proceedings*. California.

Zak, D., Grigal, D., Gleeson, S., & Tilman, D. (1990). Carbon and Nitrogen Cycling during Old-Field Succession: Constraints on Plant and Microbial Biomass. *Biogeochemistry* , 111-129.

MEDIDA DE LA DIVERSIDAD DE ARAÑAS COMO INDICADORAS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN IMPLEMENTADAS EN LOS CORREDORES BARBAS – BREMEN (QUINDÍO – COLOMBIA)

INTRODUCCIÓN

Arañas como bioindicadoras de diversidad:

Las arañas funcionan como buenas indicadoras de diversidad de comunidades terrestres porque son un grupo faunístico megadiverso, con una gran importancia ecológica, ya que representan uno de los órdenes de animales con mayor número de especies. Son predadores generalistas que tienen un impacto importante en la regulación de poblaciones de herbívoros, son fáciles de coleccionar, e identificar y el conteo de sus morfoespecies se puede lograr con entrenamiento relativamente rápido. Dado que sus comunidades son influenciadas por el tipo de hábitat, el patrón de uso de la tierra y la arquitectura y composición vegetal, las arañas son bien aceptadas en estudios ecológicos de calidad ambiental (Avalos et al. 2007). Así, entre más compleja o diversa sea la estructura vegetal de un área, más especies de arañas podrán encontrarse, pues hay mayor cantidad de soportes físicos para el hábitat de las especies y gremios de arañas presentes (Greenston 1984).

Importancia del conocimiento de la araneofauna:

Las arañas con unas 42055 especies descritas (Platnick 2011), son el séptimo orden más diverso del reino animal (Coddington et al. 1999). Particularmente diversas en los bosques tropicales, donde más del 80% de especies puede ser hasta ahora desconocido (Coddington & Levi 1991). Las arañas constituyen un grupo faunístico diverso y abundante en los ecosistemas terrestres, incluso en hábitats acuáticos e intermareales. Por lo que

convierte a las arañas en modelos apropiados para estudios sobre estructura y composición de comunidades, estratificación y procesos de sucesión; los estados sucesionales y la complejidad estructural de la vegetación, pueden alojar familias y morfoespecies únicas (Rico et al. 2005).

Gremios de arañas:

La agrupación de organismos en gremios permite describir parte de la estructura de la comunidad a la que pertenecen y son de gran valor a la hora de realizar comparaciones descriptivas entre distintas comunidades (Calaça et al. 2010). Al interior del orden Araneae se presentan diferencias ecológicas relevantes, por lo cual estas se agrupan en gremios tróficos o grupos funcionales según la manera de forrajear de las arañas (Flórez, 1999). Un gremio de arañas pueden incluir una o varias familias de arañas, la conveniencia de utilizar el concepto de gremios araneológicos en trabajos de comparación de riqueza y abundancia entre hábitats, entre áreas con distintos grados de impacto, en trabajos de monitoreo de biodiversidad en bosques y efectos de la fragmentación en comunidades de arañas (Calaça et al. 2010). Los gremios de arañas que se utilizan en este trabajo son: 1) tejedoras de telas en embudo, 2) tejedoras de telas en sábana, 3) tejedoras de telas irregulares, 4) tejedoras orbiculares, 5) cursoriales en vegetación y 6) asechadoras.

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

El Parque Regional Natural Barbas-Bremen se encuentra en los departamentos de Quindío y Risaralda, localizado en la vertiente occidental de la Cordillera Central de los Andes, bajo la jurisdicción del municipio de Filandia. Tiene un área de 9.651 has, entre los 1.650 y 2.600 msnm, por lo que posee una formación vegetal de bosque sub-andino de la zonobioma húmedo tropical. La temperatura oscila entre los 12 y 18°C y posee un 83% de humedad relativa. Esta zona posee una precipitación promedio anual de 2515mm. (Harvey & Sáenz, 2007).

Como se desea evaluar la efectividad de las estrategias de restauración de los corredores biológicos que conectan Barbas y Bremen, se tomarán 3 de los corredores como las zonas a evaluar, con los potreros aledaños como control negativo, y los parches de bosque Barbas y Bremen como los controles positivos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la efectividad de las estrategias de restauración a través de la medida de diversidad de la araneofauna en los corredores biológicos Barbas- Bremen del municipio de Filandia-Quindío.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estimar la diversidad de arañas tejedoras en los corredores biológicos que unen a los parches de bosque Barbas y Bremen, mediante muestreos estandarizados.
- Relacionar la diversidad de cada uno de los gremios tróficos de arañas tejedoras de los diferentes lugares de muestreo, con la evolución de la sucesión en los corredores biológicos.

METODOLOGÍA

Colecta manual de individuos en campo:

Para esto se empleó el método de captura, descrito por Coddington (1991): Captura manual aérea (CMA). Durante todos los muestreos las arañas se depositaron en viales debidamente rotulados con alcohol etílico al 70%. Las técnicas incluyen el uso de un espolvoreador de harina para detectar telas poco visibles y el uso de un aspirador bucal para arañas menores a 10mm. Los muestreos se llevaron a cabo en jornadas diurnas

(entre las 08:00 y las 17:00 horas), donde cada hora se toma como una unidad de muestreo según la localidad y la técnica.

Captura manual área (CMA): Durante una hora se realiza la colecta de arañas en la vegetación y sustratos por encima del nivel de las rodillas hasta la máxima extensión del brazo del colector.

Barrido con red entomológica:

Con la ayuda de una red entomológica, se realizaron cien pases dobles sobre vegetación herbácea y/o arbustiva, de la zona de potreros, y posteriormente se extrajeron los especímenes de la red con un aspirador bucal y se depositaron en frascos con alcohol etílico al 70%.

Determinación taxonómica de las arañas colectadas:

Todas las muestras colectadas, se identificarán en el Laboratorio de Zoología de la Universidad Icesi, donde posteriormente serán añadidas a la colección de zoología de la universidad. Inicialmente se separarán especímenes juveniles de individuos adultos, debido a que es muy difícil llevar a cabo la determinación taxonómica completa de los individuos juveniles. Posteriormente, los especímenes adultos se determinarán hasta la categoría taxonómica más específica, utilizando las revisiones taxonómicas disponibles. Los adultos que no se logran determinar hasta especie se agruparán en morfoespecies.

Análisis de los datos obtenidos:

Se estimará la riqueza de la araneofauna orbitelar a través de curvas de acumulación de especies. La estructura y la composición de arañas tejedoras se determinarán a través del índice de Simpson (Dominancia), e índice de Shannon Wiener (Equidad).

RESULTADOS PARCIALES:

Debido a las inclemencias del tiempo, no se pudieron realizar las 6 horas de muestreo propuestas en cada uno de los sitios. Se realizaron en el corredor “Los Monos” 4 unidades de muestreo de CMA, en el corredor “Los Colibríes” 3 unidades CMA, en el corredor “Las Pavas” 4 unidades CMA, en Barbas solo se realizaron 2 unidades de muestreo CMA (debido a la intensa lluvia), en Bremen se realizaron 4 unidades CMA y finalmente en el potrero aledaño a el corredor “Los Monos” se realizó una unidad de muestreo RE. Lo anterior se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 1: Unidades muestréales totales empleadas por técnica de captura en cada lugar

Técnica	Localidad					
	Monos	Colibríes	Pavas	Barbas	Bremen	Potrero
CMA	4	3	4	2	4	0
R.E	0	0	0	0	0	1

* CMA= colecta manual aérea, RE= red entomológica

En el caso del corredor “Los Monos” en las 4 unidades de muestreo se encontraron aproximadamente 19 morfoespecies, con 62 individuos, repartidos entre los 5 gremios tróficos mencionados anteriormente. Para el caso del potrero se encontraron aproximadamente 8 morfoespecies diferentes con 17 individuos. En el corredor “Los Colibríes” es donde se encontró la mayor diversidad con un total de 25 morfoespecies repartidas entre 103 individuos. En el corredor “Las Pavas” se encontraron 22 morfoespecies con 73 individuos, en Barbas, fue el día más lluvioso por lo cual solo se encontraron 7 morfoespecies y 13 individuos en solo 2 unidades de muestreo y finalmente en Bremen se encontraron 21 morfoespecies con 59 individuos.

Tabla 2: Morfoespecies aproximadas encontradas en cada uno de los lugares de muestreo.

Localidad	Morfoespecies
Monos	19
potrero	8
colibríes	25

Pavas	22
Barbas	7
Bremen	21

ANÁLISIS PARCIALES

Sabemos que el tipo de hábitat influye en la composición de arañas presentes a nivel de familia, dado que familias del mismo gremio buscan estar en ambientes similares, (Whitmore et al. 2002). A grandes rasgos se puede decir que en la abundancia de los gremios tróficos, las cazadoras de telas en sabana, las tejedoras orbiculares y las tejedoras irregulares fueron las más abundantes (fotos en el anexo). Esta abundancia se encontró más que todo en lugares más abiertos, donde hay más oportunidades soportes para las telas, como en los corredores colibríes y monos y en los lugares abiertos como los potreros (sobretudo orbiculares). En el caso de los bosques maduros como Barbas y Bremen la abundancia se dio más en asechadoras y cursoriales en vegetación, debido a que la vegetación es muy densa en estas zonas, así que las arañas en estos lugares tienen diferentes estrategias para el diseño de sus telas y la captura de las presas.

Así mismo a grandes rasgos las especies más abundantes en general fueron *Leucauge sp.* típica de zonas abiertas y con grados de perturbación, y el género *Micrathena sp* de la familia *Araneidae*, típica en zonas más abiertas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para llevar a cabo el análisis estadístico propuesto es necesario completar las unidades de muestreo faltantes, es decir hasta completar 6, en cada uno de los lugares. También es necesario realizar otras técnicas de muestreo como lo es la agitación de follaje, y la medición del porcentaje de cobertura vegetal y la estratificación vegetal vertical, lo cual permitirá conocer más a fondo la araneofauna presente en el lugar y la manera en que esta se relaciona con el cambio sucesional de la vegetación en los corredores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] Avalos, G., G., Rubio, M. & Gonzáles, A. (2007). *Arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a dos bosques degradados del Chaco húmedo en Corrientes, Argentina*. Revista de Biología Tropical 55(3): 899-909.

[8] CALAÇA, S., L. S. CARVALHO, A. B. BONALDO & A. D. BRESCOVIT. (2010). *Refining the establishment of guilds in neotropical spiders (Arachnida: Araneae)*. Journal of Natural History 44(3-4): 219-239

[2] Coddington, J. & Levi, L. (1991). *Systematics and Evolution of Spiders (Araneae)*. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 22: 565-592.

[3] Coddington, J. A., Griswold, C. E., Silva, D., Pedtaranda, E., Larcher, S., F. & Dudley, E., C. (1991). *Designing and Testing Sampling Protocols to Estimate Biodiversity in Tropical Ecosystems*. En: Dudley, E. C. (Ed.). *The unity of Evolutionary Biology: Proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary biology*. Dioscorides Press, Portland. 1048p.

[8] Flórez, E. (1999). *Estructura y composición de una comunidad de arañas (Araneae) en un bosque muy seco tropical de Colombia*. Boletín de Entomología Venezolana 14(1): 37-51

[4] Greenstone, M. (1984). *Determinants of web spider species diversity: vegetation structural diversity vs. prey availability*. *Oecologia* 62: 299-304

[5] Harvey, C., A & Sáenz, J. (ed.) (2007). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: INbio. 624p.

[6] Platnick, N., I. (2011). *The world spider catalog version 11.0*. American museum of natural history, recuperado de: <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/COUNTS.html>



[7] Rico, A., J., Beltrán, A., Álvarez & Flórez, E. (2005). *Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en el parque nacional natural isla Gorgona, pacífico colombiano*. Biota Neotrópica 5(1): 1-12



Ilustración 1: Corredor "Los Monos"



Ilustración 2: Tela en embudo (corredor "Los Monos")



Ilustración 3: Tela orbicular (corredor "Los Monos")



Ilustración 4: Tela orbicular (corredor "Colibríes")



Ilustración 5: tela orbicular típica del género *Leucauge* sp. Pastizal aledaño corredor "Los Monos".



Ilustración 6: Tela irregular (corredor "Colibríes")



Ilustración 7: Tejido asechadoras (Corredor "Colibríes")



Ilustración 8: Corredor Colibríes



Ilustración 9: Tela en sabana: Corredor Colibríes



Ilustración 10: Tela en sabana. Corredor "Las Pavas"



Ilustración 11: colonia, enrolladas en las hojas. Corredor "Las Pavas"



Ilustración 12: Tela en sabana, Barbas



Ilustración 14: tela orbicular, típica del género *Cyclosa*, en corredor "Colibríes", muy abundante en Bremen también.

EVALUACIÓN DE LOS CORREDORES BIOLÓGICOS EN EL CAÑÓN DEL RÍO BARBAS CON EL USO DE INSECTÍVOROS DE SOTOBOSQUE COMO INDICADORES.

Resumen

Se realizó un muestreo rápido de la composición de la avifauna enfocada en los insectívoros de sotobosque en el paisaje del cañón del río barbas, con el fin de monitorear la efectividad de los tres corredores biológicos que conectan los bosques de Barbas y Bremen. En el muestreo se encontraron 40 especies de insectívoros de sotobosque, entre los cuales 14 solo se encuentran en los corredores y 4 en los bosques solamente y siete se encuentran en todas las unidades de muestreo. Los corredores están sirviendo efectivamente en promover un hábitat adecuado a la fauna local.

Palabras clave Corredores Barbas-Bremen, insectívoros de sotobosque, restauración, monitoreo

Introducción

Los corredores biológicos que conectan el cañón del río Barbas y la reserva forestal de Bremen, ubicados entre los municipios de Filandia (Quindío) y Pereira (Risaralda), son la primera experiencia nacional de conservación y restauración en paisajes rurales en los Andes Colombianos (Lozano et al. 2004), y según la secretaría técnica del Convenio de Diversidad Biológica, son el estudio de caso número siete entre diez en el mundo, que buscan hacer un seguimiento a las experiencias en proyectos de Redes Ecológicas, Corredores Biológicos y Zonas de Amortiguación. (Bennett & Mulongoy, 2006).

Durante la última década, las aves han sido ampliamente incorporadas a la investigación en ecología de la restauración (Ortega & Linding, 2012) y se han perfilado como

bioindicadoras del cumplimiento y efectividad de las metas de restauración (Burnett et al. 2005). Algunos estudios apuntan que las actividades de restauración promueven la recolonización de especies que se han extinguido localmente (Gache 2008, Belting 2009) y que los corredores biológicos pueden proveer hábitat a las aves y facilitar su movimiento entre los fragmentos. (Jansen 2005, Ibarra-Macias et al. 2011).

Los insectívoros de sotobosque poseen una alta especificidad de hábitat y baja movilidad por lo que están más confinados a vivir al interior de bosque que otras aves. Por lo anterior los integrantes de este gremio son susceptibles al aislamiento, entendido como ausencia de movilidad de individuos entre fragmentos de bosque, y a la perturbación antropogénica de sus hábitats y particularmente a la fragmentación de los mismos. (Kattan et al. 1994). Uno de los objetivos de la creación de los corredores se definió como el incremento de la conectividad funcional entre las áreas, contrarrestar el efecto de la pérdida de hábitat y el aislamiento de las poblaciones de fauna y flora presentes en la región (Mendoza et al. 2007). En este sentido el presente estudio pretendió evaluar si se han alcanzado estas metas a través de los insectívoros de sotobosque, que se perfilan como un indicador valioso.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio es el corredor de Barbas-Bremen con un área de 67 ha ubicado entre los 1700 y 2100 m en la vertiente occidental de la Cordillera Central, entre los municipios de Filandia (departamento del Quindío) y Pereira (departamento de Risaralda), 75o 35' 42" O y 4o 40' 48" N; 75o 39' 38" O y 4o 42' 47" N.

El corredor está compuesto por tres conexiones principales con aproximadamente 100 metros de ancho, que vinculan el Cañón del Río Barbas con la Reserva Forestal de Bremen; el Cañón del Río Barbas tiene un área en bosques de 790 Ha, y la Reserva Forestal Bremen

747 Ha (Vargas, 2008). La vegetación nativa es propia de los orobiomas sub-andinos del zonobioma húmedo tropical (Rodríguez et al. 2004) o bosque muy húmedo montano bajo la clasificación de Holdridge (1987).

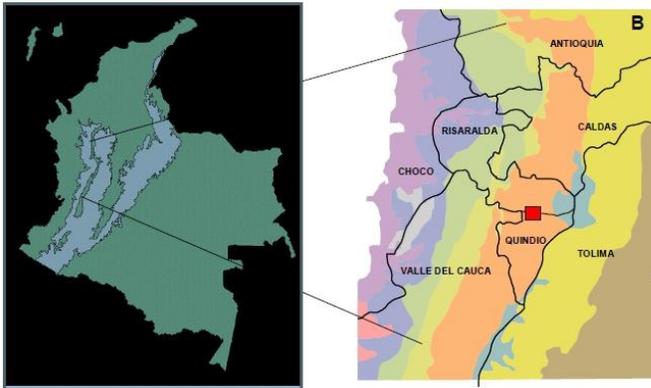


Fig. 1. Ubicación de la región de estudio

Colecta y análisis de Datos

La composición de la comunidad de insectívoros de sotobosque se estudió en un muestreo rápido entre Diciembre 11 y 15 de 2012 en los corredores de Monos, Colibríes, Pavas-Laureles y los bosques de Barbas y Bremen. Para esto se utilizó el método de puntos de conteo de 50m de radio (Bibby et al.2002, Daily et al. 2001) con 12 puntos de conteo por cada elemento del paisaje a muestrear con una duración de 10 minutos cada uno. (Esquivel & Peris, 2008). Los puntos estuvieron separados 150m aparte para garantizar la independencia de las observaciones (Buckland et al. 2001).

Los insectívoros de sotobosque comen entre el piso y la copa del sotobosque, que normalmente esta 3-4 m sobre el piso. Los colibríes son esencialmente nectarívoros y fueron excluidos del análisis.

Los conteos se llevaron a cabo en las mañanas desde las 0600 hasta las 1000 horas. La identificación de las aves se efectuó de manera visual ayudada con las guías de Hilty y Brown (2001) y mediante grabación de vocalizaciones con una grabadora digital Zoom

H2N. Las vocalizaciones no identificadas directamente en campo serán comparadas mediante percepción auditiva y visual con la colección de referencia del Banco de Sonidos Animales del Instituto Humboldt, utilizando sonogramas elaborados con el programa de análisis acústico Avisoft-SAS Lab Lite, Versión 5.1.

Para evaluar la representatividad del muestreo se utilizará una curva de acumulación de especies con el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2009) y generando una matriz de similitud entre los fragmentos.

Resultados

Se encontraron en total 40 insectívoros de sotobosque, distribuidos en 13 familias y 35 géneros diferentes.

El páridulo *Basileuterus tristriatus*, los tiránidos *Empidonax virescens*, *Phyllomyias cinereiceps*, *Phylloscartes opthalmicus*, el furnárido *Premnoplex brunnescens*, los cucaracheros *Henicorhina leucophrys* y *Pheugopedius mystacalis*, fueron los más abundantes y se encontraron en todos los sitios de muestreo.

Mionectes olivaceus, *Phyllomyias plumbeiceps*, *Plyatyrhynchus mystaceus*, y *Xenops rutilans* se encontraron solo en los bosques maduros de Barbas y Bremen.

Basileuterus coronatus, *Camptostoma obsoletum*, *Catharus ustulatus*, *Colaptes rubiginosus*, *Myarchus cephalotes*, *Oporornis philadelphia*, *Pachyramphus polychopterus*, *Parkesia noveboracensis*, *Phylloscartes poecilotis*, *Picoides fumigatus*, *Synallaxis azarae*, *Syndactyla subalaris*, *Tyrannus melancholicus* y *Turdus fuscater* se encontraron solo en los corredores.

Fig. 2. Similaridad en la composición de especies de insectívoros de sotobosque en los cinco elementos

Elementos muestreados	Especies	Indices	de	Chao-	Morisita-Horn
-----------------------	----------	---------	----	-------	---------------

		comunes	Jaccard	
C. Monos	C. Colibrías	16	0.552	0.711
C. Monos	C. Pavas-Laureles	16	0.485	0.653
C. Monos	Barbas	10	0.333	0.5
C. Monos	Bremen	15	0.455	0.625
C. Colibrías	C. Pavas-Laureles	13	0.419	0.591
C. Colibrías	Barbas	9	0.346	0.514
C. Colibrías	Bremen	12	0.387	0.558
C. Pavas-Laureles	Barbas	10	0.345	0.513
C. Pavas-Laureles	Bremen	17	0.567	0.723
Barbas	Bremen	12	0.462	0.632

Figura 3. Lista de especies de insectívoros de sotobosque encontrados en el muestreo

Familia	Especie
Bucconidae	<i>Malacoptila mystacalis</i>
Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>
Emberizidae	<i>Arremon brunneinucha</i>
Furnariidae	<i>Anabacerthia striaticollis</i>
	<i>Cranioleuca erythrops</i>
	<i>Premnoplex brunnescens</i>
	<i>Synallaxis azarae</i>
	<i>Syndactila subalaris</i>
	<i>Thripadectes virgaticeps</i>
	<i>Xenops rutilans</i>
Parulidae	<i>Basileuterus coronatus</i>
	<i>Basileuterus tristriatus</i>
	<i>Oporornis philadelphia</i>
	<i>Parkesia noveboracensis</i>
Picidae	<i>Colaptes rubiginosus</i>
	<i>Picoides fumigatus</i>
Rhynocryptidae	<i>Scytalopus atratus</i>
Thamnophilidae	<i>Myrmotherula schisticolor</i>
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>

	<i>Pheugopedius mystacalis</i>
Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>
	<i>Turdus fuscater</i>
	<i>Turdus ignobilis</i>
Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i>
	<i>Empidonax virescens</i>
	<i>Mionectes olivaceus</i>
	<i>Myiarchus cephalotes</i>
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>
	<i>Myiodynastes chrysocephalus</i>
	<i>Pachyrampus polychopterus</i>
	<i>Phyllomyias cinereiceps</i>
	<i>Phyllomyias plumbeiceps</i>
	<i>Phylloscartes ophthalmicus</i>
	<i>Phylloscartes poecilotis</i>
	<i>Platyrinchus mystaceus</i>
	<i>Tyrannus melancholicus</i>
	<i>Zimmerius chrysops</i>
Vireonidae	<i>Hylophilus semibrunneus</i>
	<i>Vireo leucophrys</i>

Referencias

Belting H. (2009). Experiences from the LIFE project "Rewetting of Lake Dümmer lowlands". Report from the EU LIFE-Nature Seminar on Restoration of Meadow Bird Habitats, LIFE-Nature, Copenhagen

Bibby, C.J., N.D. Burgess, D.a. Hill, and S.H. Mustoe. (2002). Bird Census Techniques. Second edition. London: Academic Press.

Burnett R.D., Gardali T., Geupel G.R. 2005. Using Songbird Monitoring to Guide and Evaluate Riparian Restoration in Salmonid-focused Stream Rehabilitation Projects. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.

Colwell, R.K. (2009). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. User's Guide and application. Available online. HYPERLINK "<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>"

Esquivel, A. & Peris, S. (2008). Influence of time of day, duration and number of counts in point count sampling of birds in an Atlantic Forest of Paraguay. *Ornitologia Neotropical*, 19:229-242

Gache C. 2008. Ecological restoration project "Ciobarciu-costuleni" (Iasi—Romania): Monitoring of the birds' fauna evolution. *Natura Montenegrina, Podgorica* 7:249–259

Graham Bennett and Kalemani Jo Mulongoy. (2006). Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23, 100 pages

Ibarra-Macias, A., W. D. Robinson, and M. S. Gaines. (2011). Forest corridors facilitate movement of tropical forest birds after experimental translocation in a fragmented Neotropical landscape in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 27: 547-556

Jansen A. (2005). Avian use of restoration plantings along a creek linking rainforest patches on the Atherton Tablelands, North Queensland. *Restoration Ecology* 13:275–283

Mendoza, J. E, E. Jiménez, F.H Lozano-Zambrano, P.Caycedo-Rosales y L.M. Renjifo. (2007). Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de la biodiversidad en paisajes rurales de los Andes Centrales de Colombia. En Harvey C.A y J. Saénz (eds). *Evaluación y Conservación de Biodiversidad en Paisajes Fragmentados de Mesoamérica*.

Ortega-Álvarez, R., & Lindig-Cisneros, R. (2012). Feathering the Scene: The Effects of Ecological Restoration on Birds and the Role Birds Play in Evaluating Restoration Outcomes. *Ecological Restoration*, 30(2), 116-127

Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. Version 9 February 2011. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union.

LAS EPIFITAS VASCULARES COMO INDICADORAS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN EN EL CORREDOR BARBAS – BREMEN

Resumen

La distribución, riqueza y abundancia de las epífitas vasculares fue estudiada en el municipio de Filandia, específicamente en el corredor Barbas-Bremen, el cual abarca los bosques maduros de Barbas y Bremen y los corredores biológicos Pavas, Colibríes y Monos. El objetivo de este estudio era medir la efectividad de las estrategias de restauración realizadas en los tres corredores ya nombrados mediante la comparación de la diversidad de epífitas vasculares encontradas entre éstos y los bosques maduros. A partir del muestreo realizado en cada uno de los sitios de trabajo se encontró que el grupo más representativo de epífitas vasculares en los corredores fueron los helecho, mientras que en los bosques maduros se encontró una abundancia muy parecida de bromelias y helechos, por otro lado, tanto en los corredores como en los bosques las orquídeas representaban una minoría y solo una de éstas, encontrada en el bosque de Barbas, estaba florecida. En general, se encontraron muchos más árboles hospederos con una mayor abundancia de epífitas en los bosques, en comparación con los tres corredores, patrón que tal vez se debe a mejores condiciones en los bosques como los es una mayor humedad, baja incidencia de luz y menor perturbación del área.

Introducción

Las epífitas son un grupo muy importante de plantas vasculares ya que pueden proveer hábitat y comida para una gran variedad de insectos, anfibios y aves, creando algunos ecosistemas dentro de ellas, como es el caso de las bromelias.

El estudio presente se realiza en el municipio de Filandia que se ubica al norte del Departamento del Quindío a los 04° 40' 48.7" de latitud norte y a los 75° 39' 48.5" de longitud oeste, se encuentra a una altura aproximada de 1.910 metros sobre el nivel del mar, presenta una temperatura promedio de 18°C y una precipitación media anual de 2.829 mm. Por otro lado, el objeto de estudio son las epífitas vasculares puesto pueden servir como indicadores para evaluar ecológicamente el bosque, en términos de humedad, madurez y cantidad de perturbación, por lo que puede permitir determinar la efectividad de las estrategias de restauración implementadas en los corredores Pavas, Colibríes y Monos al comparar la abundancia, riqueza y estadio de vida de las epífitas encontradas en dichos corredores con las encontradas en los bosques de Barbas y Bremen, los cuales no han sido intervenidos.

Metodología

Para llevar a cabo dicho estudio, primero se determinaron parámetros importantes como el DAP, el cual se estableció en 18cm y fue determinado por una sola persona con el fin de disminuir el error. Por otro lado, también se estableció el tamaño de la parcela, el cual se fijó en 50 x 2 m y se realizaron dos en cada uno de los lugares a muestrear (corredores Pavas, Colibríes y Monos y bosque de Barbas y Bremen). Después, se determinó la altura de los árboles, su especie, el tipo de corteza (lisa, rugosa baja, rugosa media y rugosa alta) y el grosor de la misma. A las epífitas vasculares encontradas en los árboles seleccionados, se les determinó la especie, el número de individuos, su estadio de vida (plántula, juvenil o adulta), el área que ocupa en el hospedero y la altura a la cual se encuentra del piso.

Se colectaron dos muestras de algunas especies de los árboles hospedero encontrados con el fin de realizar una descripción de sus principales características y ayudar a la posterior identificación de los árboles que no pudieron identificarse en campo.

Justificación

La importancia de estudios acerca de epífitas vasculares radica en que éstas dependiendo de las condiciones ambientales en las que se desarrollen, presenta diversidad de formas, las cuales contribuyen a la formación de ecosistemas de gran biodiversidad.

Las epífitas emplean un papel de suma importancia en la dinámica de las comunidades debido a que al tener la capacidad de ubicarse en distintos lugares en un hospedero, brindan una gran variedad de nichos y recursos que pueden ser aprovechados por diversos grupos de animales, lo cual contribuye al incremento de la biodiversidad en los corredores Barbas-Bremen. Dentro del grupo de las epífitas se encuentran algunas familias que son capaces de servir como indicadores en los procesos de sucesión de los bosques, como lo son las orquídeas.

Resultados

Corredor Monos: en total se muestrearon 8 árboles hospedero en la parcela y se encontraron 185 epífitas vasculares. De los 185 individuos, 184 pertenecen al grupo de los helechos y hay 65 individuos en estado adulto puesto que presentaban soros. Un individuo era una bromelia en estado juvenil. Los helechos generalmente se agrupaban en el hospedero y ocupaban un área de 11 a 50 cm.

Corredor colibríes: en total se muestrearon 8 árboles hospedero en la parcela y se encontraron 330 epífitas vasculares. De los 330 individuos, 329 pertenecen al grupo de los helechos y hay 151 individuos en estado adulto puesto que presentaban soros. Un individuo era una bromelia en estado juvenil. Los helechos generalmente se agrupaban en el hospedero y ocupaban un área de 7 a 50 cm.

Corredor pavas: en total se muestrearon 8 árboles hospedero en la parcela y se encontraron 248 epífitas vasculares más pequeños helecho que no fueron contados

puesto que estaban completamente distribuidos en uno de los hospederos. En este corredor se encontró que la mayoría de las epifitas pertenecían a los helechos, sin embargo, se encontraron 4 orquídeas, 16 plantas pertenecientes a las familia *Gesneriaceae* 5 bromelias, de las cuales 3 eran muy grandes y ocupaban un área aproximadamente de 60cm cada una,.

Bosque de Barbas: en total se muestrearon 14 árboles hospedero en la parcela y se encontraron 194 epifitas vasculares contadas sin embargo, la mayoría de los arboles estaban totalmente cubiertos por helecho membranosos desde su parte media hasta abajo y por su gran abundancia no fue posible contabilizarlos. En este bosque se encontraron 29 bromelias y una de ellas estaba florecida, por otro lado las orquídeas se encontraban en la parte más alta del árbol y ninguna presentaba flor.

Análisis de resultados

La riqueza y el tipo de especies de epifitas de un bosque se relacionan fundamentalmente, con factores ambientales, tales como la precipitación y la radiación solar, que regulan su desarrollo y continuidad temporal. Otros factores importantes son la presencia e interacción con otras especies vegetales y las características del sustrato que proporcionan diferentes microambientes que pueden favorecer a diferentes tipos de epifitas. Adicionalmente, estudios han mostrado que los grupos de especies de epifitas difieren entre los árboles huésped, independientemente de otras variables como la altitud y factores ambientales.

La vegetación epifítica presenta una gran variabilidad, por ejemplo, mientras algunas especies de árboles maduros pueden sostener una gran abundancia de epifitas, otras especies no presentan ninguna. La presencia o no de epifitas en los arboles depende en

gran medida del tipo de corteza y el grosor de la misma, entre otros factores intrínsecos del árbol. Adicionalmente, la población encontrada en la parte baja del árbol hospedero puede ser muy diferente a la encontrada en la parte alta, esto debido a los diferentes microclimas que se crean como consecuencia de los diferentes factores ambientales tales como la incidencia de la luz y la humedad encontrados a lo largo de plano vertical del árbol.

Notas:

La gran mayoría de yarumos no presentan epifitas

Corredor colibríes

Se observan muchas estradas de luz, hay pocas flores y frutos.

Es el más pequeño de los corredores visitados, se nota un poco más perturbado y las epifitas se encuentran generalmente en la parte más baja del árbol hospedero.

Corredor pavas

Los árboles que tiene más de 13m de altura y que fueron encontrados en el segundo transecto tienen una gran cantidad de epifitas ubicadas en las ramas pero a una altura mayor a los 5m, se observan muchos helecho adultos, bromelias, orquídeas juveniles y la presencia de muchas plantas enredaderas como las araceae.

Se observan arboles más altos y anchos en comparación a los otros dos corredores.

Bosque Barbas

La mayoría de los árboles están cubiertos de helecho con hojas membranosas susceptibles a la desecación y muchas enredaderas, hay presencia de bromelias muy grande.

**LA OFERTA ALIMENTICIA PARA FRUGÍVOROS Y NECTARÍVOROS DE SOTOBOSQUE EN LOS
CORREDORES BIOLÓGICOS DE BARBAS Y BREMEN EN EL MUNICIPIO DE FILANDIA-
QUINDÍO, COMO UNA MEDIDA DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ESTRATEGIAS DE
RESTAURACIÓN.**

Introducción

Importancia de la frugivoría y nectarivoría en la dispersión y polinización de especies:

La relación entre planta-dispersor y planta- polinizador presenta una consonancia mutualista (Murray, Kinsman, & Bronstein, 2000) teniendo en cuenta que tanto la dispersión como la polinización son de gran importancia para la distribución, alimentación y abundancia de plantas y animales. La actuación de estas correlaciones en un ecosistema favorecen la regeneración y manutención de las poblaciones de especies vegetales nativas y el establecimiento de plantas exóticas CITATION Pon12 \l 9226 (Ponce, Grilli, & Galetto, 2012) .

La frugivoría aumenta las posibilidades de germinación y sobrevivencia de las semillas CITATION Cas94 \l 9226 (Castro, Silva, Meserve, Gutierrez, Contreras, & Jaksic, 1994) , lo que quiere decir que las plantas que son dispersadas por este proceso cumplen con características como representatividad en el número de frutos y en algunos casos especificidad con respecto a las especies dispersoras debido a que muchas veces el mimo éxito de la propagación depende del agente que la ejecute , por esta razón los frutos y sus semillas exhiben un conjunto de características particulares denominadas síndromes, que les permiten facilitar la movilización por dicho agente a otras áreas; cuando se trata de animales las características pueden incluir además, la atracción del dispersor y la facilitación del consumo del fruto CITATION Cas10 \l 9226 (Casado B. & J. Soriano, 2010)

La nectarívoría es otra de las características funcionales de un ecosistema, esta genera la exportación e importación del polen de las flores a través de especies que se alimentan de una sustancia con un alto contenido en sacarosa que se produce en la misma flor, para el caso de estas flores la misma estructura refleja una relación coevolutiva con su dispersor CITATION Mur00 \I 9226 (Murray, Kinsman, & Bronstein, 2000) .

La aparición de especies con una alta tasa de producción en frutos, además de flores productoras de néctar en áreas que anteriormente estaban bajo amenaza antropogénica refleja un adelanto en la composición y estructura funcional capaces de mantener un ecosistema autosostenible.

Área de estudio

El Parque Regional Natural Barbas-Bremen se encuentra en los departamentos de Quindío y Risaralda, localizado en la vertiente occidental de la Cordillera Central de los Andes, bajo la jurisdicción del municipio de Filandia CITATION Loz06 \I 9226 (Lozano Z., y otros, 2006) . Tiene un área de 9.651 has, entre los 1.650 y 2.600 msnm, por lo que posee una formación vegetal de bosque sub-andino de la zonobioma húmedo tropical. La temperatura oscila entre los 12 y 18°C y posee un 83% de humedad relativa. Esta zona posee una precipitación promedio anual de 2515mm CITATION Har07 \I 9226 (Harvey & Sáenz, 2007)

Como se desea evaluar la efectividad de las estrategias de restauración de los corredores biológicos que conectan Barbas y Bremen, se tomarán 3 de los corredores como las zonas a evaluar, con los potreros adenaños como control negativo, y los parches de bosque Barbas y Bremen como los controles positivos

Objetivo general

Evaluar la efectividad de las estrategias de restauración a través de la oferta alimenticia para frugívoros y nectarívoros en los corredores biológicos de Barbas y Bremen en el municipio de Filandia, Quindío.

Objetivos específicos

- Identificar y muestrear las especies que se encuentran en temporada de fructificación en los corredores biológicos.
- Estimar la oferta alimenticia por cada especie analizada.
- Identificar y muestrear especies productoras de néctar.

Métodos

Se estableció 1 transecto de 50 x 2m en cada corredor (lo ideal eran 2 transectos por corredor pero debido al poco tiempo y al mal tiempo se realizó 1), se procedió entonces a la contabilización individual del número de frutos que produce la especie observada, en si se tomó nota del número de frutos o flores que produce por rama y el número que posee el individuo de estas últimas o en el caso de que sea una infrutescencia o inflorescencia el número de frutos que se producen por pedicelo, el número de pedicelos que se producen y el número de ramas del espécimen. La finalidad de estas observaciones fue obtener la oferta de flores y frutos de las diferentes especies encontradas. Se realizó también la colección de néctar de las especies en estado floral en tempranas horas de la mañana utilizando un gotero y tubos eppendorf CITATION Ram07 \I 9226 (Ramírez, Sandoval, & Gómez, 2007) .

Una vez fueron tomados los datos y el néctar se tomaron muestras de cada espécimen analizado teniendo en cuenta los códigos respectivos (F en el caso de que sea planta potencial para frugivoría y N en el caso de potencialidad para néctar). Las especies analizadas fueron marcadas con cinta resistente y con la numeración respectiva. Una vez realizada la organización de las especies en papel periódico debidamente marcada, se

adiciono alcohol para preservar las especies con el fin de realizar un análisis más completo en el Herbario de la Universidad Icesi junto a la agregación de las especies a la colección del mismo.

Resultados preliminares

Los resultados obtenidos se pueden ver en la siguiente tabla.

No	Código de estado (F o N)	Estado fenológico	Numero de fruto o flores por rama	Numero de pedicelos en promedio	Promedio de numero de ramas	Oferta	Número de individuos en parcela	Néctar	Marca del tubo	Mediciones del fruto
Corredor Monos 1 transecto										
1	F	Brotos Jóvenes	18	9	8	1296	500	X		
2	N	Brotos Jóvenes	50	todos salen de un mismo verticilo	1	50	4 Maduros, 2 Jóvenes	SI	2	
3	N	Brotos Jóvenes	22		35	770	7	SI	3	
4	N	Brotos Jóvenes						SI	4	
4	F	Frutos subterráneos en buen estado	2	25	20	1000	21			
5	F	Frutos en buen estado	20	5	30	3000	3	X		Largo: 11.2 mm, Ancho: 11.9mm
6	N	Flores ubicadas en la zona más alta, jóvenes y en zona más baja, viejas.	2	25	por tronco	50	2 Maduros, 1 Joven	SI	6	
7	F	Frutos Maduros	2	8	35	560	3	X		Largo:30.5mm, Ancho:20,2mm
Corredor Colibríes 1 transecto										
3	N	Flores no han llegado a la adultez					5			
8	N	Flores maduras en buen estado	7	8	4	224	3	SI	7	
9	F	Frutos Maduros con	140		10	1400	1			Largo:4.7mm; Ancho:0.6mm

		frugivoria							
10	F	Espádices maduras	13		3 espádices por individuo. 39		2		infrutescencia: Largo:53.5mm Ancho:31.9mm
11	F/N								
Corredor Pavas 1 transecto									
3	N	Flores maduras en buen estado					250	SI	3
6	N						De 6 individuos, 1 florecido	SI	6
10	F						10 en estado de fruto		
12	N	Flores maduras en buen estado	5	8	40	1600	65	SI	12
13		Flores inmaduras	2				1	X	
5	F	Frutos maduros					4		
14	N	Flores en estado Inmaduro	2	8	9	144	1	X	
15	N	Flores en estado Inmaduro	9	35	12	3780	3		
16	F	Infrutescencia madura	18		1 espádice por individuo. 18		1	X	infrutescencia: Largo:17mm Ancho:271.2mm
17	F	Frutos maduros	3	9	20	540	15	X	Largo:4.7mm;Ancho:4.3mm
18	F	Frutos maduros	5		6	30	2	X	Largo:5.4mm; Ancho:3.5mm
7	F	Frutos maduros	2		16	32	3	X	
19	F	Frutos maduros	6		6	36	4	X	Largo:32.1mm; Ancho:37.3mm
20	F	Frutos maduros						X	Largo:3.1mm; Ancho:0.9mm
Corredor Barbas 1 transecto									
14	N	Flores en estado Inmaduro					4	X	
3	N	Flores maduras en buen estado					40	X	
21	F	Frutos	2	10	8	160	2	X	

		maduros							
22	F	Frutos maduros							
23	F	Frutos maduros	44	11	1	484	1	X	

En la tabla 2 se pueden observar los promedios de oferta por corredor:

Corredor o Bosque	Promedio O.F	Promedio O.N.
Monos	1464	606,6
Colibríes	719,5	497
Pavas	527,8	1557,3
Bosque Barbas	322	457

Discusión de los resultados preliminares

Los diferentes corredores analizados no demostraron estar muy alejados entre sí con respecto a su composición, su diferencia radica más que todo en el número, en la forma en que se ubican las especies dentro del ecosistema, en la oferta que prometen a los diferentes animales y en el tiempo que lleva el proceso de restauración.

El primer transecto fue realizado en el corredor Monos, en donde se encontraron 7 especies en donde 4 de ellas son especies potenciales para especies nectaríferas, algunas pertenecientes a familias como Rubiácea y Ziperaceae; prosiguiendo en el análisis del néctar la mayoría de las especies analizadas producen un máximo de 0.5 ml (flor de la Ziperaceae) y un mínimo de 0,02 ml. La especie más encontrada fue la numero 004, una especie que genera de forma subterránea los frutos (Ziperaceae) y las flores mientras que la segunda, la especie 003, era más que todo un arbolito de inflorescencias en panícula con flores de color morado (Rubiácea). La oferta del corredor según el 1 Transecto en Néctar es de un promedio de 606.6 por individuo y en frutos 1464.

El primer transecto realizado en el corredor colibríes encontró 4 especies, compartiendo la especie 003 con el corredor Monos. Por lo que se puede ver en dicho corredor, primo más

la oferta en frutos que en néctar, aunque una de las especies (008) aseguro el interés de un nectarívoro como el colibrí *Chlorestes notata*. La oferta del corredor según este transecto con respecto al Néctar fue de 497 por individuo menor que en el corredor anterior y en frutos fue de 719.5, menor que el corredor Monos.

En el Corredor Pavas, fue el más prolífico en los que a especies respecta, pues solo en su primer transecto se hallaron 15 especies, 1 (003) compartida con los 2 primeros corredores, además de una especie (010) compartida solamente con Colibríes y tres (005, 007, 006) compartidas solo con Monos. En este corredor primaron las especies con ofertas de frutos y la mayoría de individuos compartidos con otros corredores fueron superados en número en este corredor pero aun así la oferta de frutos en este corredor fue de 527.8 por individuo lo que indica estas especies producen pocos frutos por rama u infrutescencias pero aun así el número de individuos favorecen a la población de frugívoros. La oferta de néctar por individuo fue de 1557.3, mucho mayor que los corredores anteriores, lo que quiere decir que la mayoría de estas especies producen un alto nivel de individuos, favoreciendo la oferta y a la misma vez aumentando, debido al número de individuos la aparición y la promesa de más alimento para los nectarívoros. En este corredor se observaron animales como Tangaras (*Euphonia chlorotica*), Pavas (*Penelope perspicax*) y otras aves, además de Monos aulladores (*Alouatta seniculus*) y varias especies de colibríes.

El 1 transecto realizado en el bosque de Barbas, se encontraron 5 especies de las cuales, 2 comparte una con Pavas (014) y otra con Monos (003). Su oferta en frutos fue de 322 por individuo y en néctar fue de 457.

De todos los corredores el que mayor oferta por individuo con respecto a frutos fue el corredor Monos con 1464, lo que se debe más que todo a las ramificaciones máximas o mínimas que pueden alcanzar los arboles analizados. Con respecto al néctar, el que mayor

oferta por individuo obtuvo fue el corredor Pavas, debido a la cantidad de flores por inflorescencia.

Los corredores con mayor expectativa en frugívoros son Pavas en primer lugar debido al número de individuos y el segundo Monos debido a los frutos que puede producir por individuos, como tercer lugar colibríes.

La mayor expectativa con respecto a nectarívoros se ve en primer lugar en Pavas por el número de individuos, en segundo lugar monos, en tercero colibríes y en cuarto el bosque de Barbas.

Conclusiones y recomendaciones

- Debido a la falta de tiempo no pudo realizarse los 2 transectos en los diferentes corredores y es posible que el mal tiempo no haya permitido una correcta observación y análisis del Bosque de Barbas, debido que se consideraría que existiera mayor oferta tanto de frutos como de néctar en esta zona.
- De acuerdo a las observaciones se obtuvo que Pavas es el corredor con mayor oferta
- El corredor colibríes de mostro ser el más joven debido a su composición y la falta de madures fenológica en la mayoría de las especies.
- Con respecto a la colección del néctar se recomienda el uso de una micropipeta de 1000µl con la que se piensa se obtendrá un mejor resultado.

Trabajos citados

BIBLIOGRAPHY Casado B., R., & J. Soriano, P. (2010). FRUCTIFICACIÓN, FRUGIVORÍA Y DISPERSIÓN EN EL CACTUS GLOBULAR MELOCACTUS SCHATZLI EN EL ENCLAVE SEMIÁRIDO DE LAGUNILLAS, MÉRIDA, VENEZUELA. *Sociedad Venezolana de Ecología* , 18-36.

Castro, S., Silva, S., Meserve, P., Gutierrez, J., Contreras, L., & Jaksic, F. (1994). Frugivoría y dispersión de semillas de pimiento (*Schinus molle*) por el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) en el Parque Nacional San Jorge (IV region Chile). *Resvista Chilena de Historia Natural* , 169-176.

Harvey, C., & Sáenz, J. (2007). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Santo Domingo de Heredia: Costa Rica: INbio.

Lozano Z., F. H., Vargas, A. M., Vargas, W. G., Jiménez, E., Mendoza, J., Caycedo, P., y otros. (2006). *CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD EN LOS ANDES COLOMBIANOS*. LINEA DE INVESTIGACIÓN CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN PAISAJES RURALES.

Murray, G., Kinsman, S., & Bronstein, J. (2000). Plant-Animal Interaction. En N. Nadkarni, & N. Wheelwright, *Ecology and Conservation of a Tropical Cloud Forest* (págs. 245-250). New York: Oxford.

Ponce, A. M., Grilli, G., & Galetto, L. (2012). Frugivoría y remoción de frutos ornitócoros en fragmentos del bosque chaqueño de Cordoba (Argentina). 33-41.

Ramírez, M. B., Sandoval, J. V., & Gómez, L. G. (2007). USO DE RECURSOS FLORALES POR EL ZAMARRITO MULTICOLOR *ERIOCNEMIS MIRABILIS* (TROCHILIDAE) EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL MUNCHIQUE, COLOMBIA. *Ornitología Colombiana No 5*, 64-77.

PARCELAS PERMANENTES PARA EL MONITOREO DE LA SUCESION Y LA ADAPTACION DE ESEPCEIS EN EL CORREDOR BARBAS – BREMEN, FILANDIA

Objetivo General

Establecer tres parcelas permanentes en los tres corredores de Filandia: Monos, Pavas y Colibríes, para comparar los cambios espaciales y temporales de la vegetación hace siete años cuando se iniciaron los corredores

Objetivos Específicos

Realizar una caracterización detallada de las especies de plantas encontradas y clasificarlas por su rol que juegan en la sucesión

Evaluar la abundancia de especies de plantas en las parcelas, analizando la dinámica en los corredores comparando los resultados con estudios previos

Justificación

Las parcelas permanentes forman parte importante e integral del manejo sostenible del bosque y la conservación de áreas protegidas. Proveen datos (cuantitativos y cualitativos) sobre los cambios de la vegetación arbórea, junto a otras fuentes de información (inventarios forestales, ensayos silviculturales, estudios ecológicos y fenológicos) permitiendo construir modelos de estructura del bosque, además es de suma importancia pues se pretende renovar parcelas que estaban establecidas anteriormente.

Introducción

Las parcelas permanentes actuales cubren alrededor de 100 hectáreas y se localizan en distintas regiones boscosas de Colombia. Aunque los métodos empleados durante su

establecimiento son variados y el estudio a largo plazo de la vegetación es apenas incipiente, tanto las parcelas como la experiencia adquirida conforman unas bases sólidas sobre las cuales se podrá materializar y consolidar en el futuro próximo una Red Nacional de Estudios a Largo Plazo que permita profundizar en el conocimiento de nuestros bosques. Gran parte del éxito y la sostenibilidad de las parcelas permanentes depende del intercambio de información, del análisis y de las decisiones que se toman a partir de la investigación y el conocimiento generado, pero también de su articulación con otras investigaciones derivadas o conexas. Sin embargo, es necesario usar métodos estandarizados para desarrollar estudios comparativos en diferentes escalas tanto espaciales como temporales (Joyas.*et al* 2005).

Las parcelas permanentes son uno de los pilares principales en manejo e investigación ecológica. Las predicciones de crecimiento y producción, basadas en datos de parcelas permanentes, tienen implicaciones directas para la toma de decisiones de los inversionistas en manejo de bosque o plantaciones forestales. Las parcelas permanentes permiten observar diversas variables ecológicas relevantes, además de la información tan importante que pueden dar. Dicha información es por lo general usada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos que son empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque (Klein, 2002).

En cuanto a la restauración ecológica es de suma importancia el establecimiento de estas parcelas ya que son capaces de brindar información importante del estado de un ecosistema y además de ir monitoreando como está actuando la sucesión, y como se está comportando las especies (dinámica de poblaciones). Para llevar a cabo este proceso se debe evaluar si la sucesión está actuando, si hay recambio de especies, si hay mortandad, diversidad, abundancia de diferentes especies que jueguen un papel importante, como los pioneros, pioneros intermedios y si hay llegada de nuevas especies, donde se pueda evaluar especies facilitadoras, que permitan las especies de sucesión avanzadas

para obtener un bosque maduro. En Filandia, Quindío, se realizó un proceso de restauración hace siete años, en donde se implementaron parcelas permanentes para evaluar y obtener información de las especies que habían. Siete años después es necesario evaluar nuevamente este proceso, para monitorear el estado de la sucesión y poder ver la efectividad de este proceso y así mismo calificar de cierto modo las técnicas de restauración.

Materiales y Métodos

Zona de Estudio

El presente estudio se realizó en Filandia, Quindío en los tres corredores establecidos: Monos, Pavas y Colibríes ubicados en las afueras del municipio, en los días 11, 12 y 13 de Diciembre de 2012.

Parcelas Permanentes

Se realizó una parcela permanente de 50 x 4 en cada corredor establecido siguiendo la metodología de Joyas *et al* (2005). Se seleccionaron los sitios donde habían sido establecidas previamente parcelas permanentes. Se tuvieron en cuenta en las parcelas arboles que tuvieran un DAP de mayor o igual a 2.5 cm. Los arboles con un DAP muy grande se marcaron con pintura amarilla o esmalte exterior estándar, con un DAP muy pequeño se usaron laminas metálicas en donde se marcaban sobre ellas el numero del individuo.

Resultados

Monos

En el corredor monos se obtuvieron 63 individuos, 13 especies y 11 familias (Tabla 1)

Especie	Familia
---------	---------

<i>Montanoa quadrangularis</i>	Asteraceae
<i>Aniba muca</i>	Lauraceae
<i>Cecropia telealba</i>	Urticaceae
<i>Hyeronima scabrada</i>	Euphorbiaceae
<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae
<i>Alchornea grandiflora</i>	Euphorbiaceae
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	Rubiaceae
<i>Clusia sp.</i>	Clusiaceae
<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae
<i>Clarisia biflora</i>	Moraceae
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Tiliaceae
<i>Oreopanax floribundum</i>	Araliaceae
<i>Poulsenia armata</i>	Moraceae

Tabla 1. Especies con sus respectivas familias encontradas en el corredor Monos

Pavas

En el corredor pavas se obtuvieron 37 individuos, 14 especies pertenecientes a 9 familias (Tabla 2)

Especie	Familia
<i>Montanoa quadrangularis</i>	Asteraceae
<i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae
<i>Cecropia telealba</i>	Urticaceae
<i>Hyeronima scabrada</i>	Euphorbiaceae
<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	Rubiaceae
<i>Clusia sp.</i>	Clusiaceae
<i>Oreopanax floribundum</i>	Araliaceae
<i>Chrysoclamys colombiana</i>	Clusiaceae

<i>Solanum sycophanta</i>	Solanaceae
<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae
<i>Palicourea acetosoides</i>	Rubiaceae
<i>Ficus sp.</i>	Moraceae
<i>Palicourea angustifolia</i>	Rubiaceae

Tabla 2. Especies con sus respectivas familias encontradas en el corredor Pavas

Colibríes

En el corredor pavas se obtuvieron 53 individuos, 19 especies pertenecientes a 14 familias (Tabla 2)

Especie	Familia
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	Rubiaceae
<i>Cecropia telealba</i>	Urticaceae
<i>Hyeronima scabrída</i>	Euphorbiaceae
<i>Montanoa quadrangularis</i>	Asteraceae
<i>Verbecina nudipes</i>	Asteraceae
<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae
<i>Chrysoclamis colombiana</i>	Clusiacea
<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae
<i>Vismia guianensis</i>	Hypericaceae
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Tiliaceae
<i>Hyeronima scabrída</i>	Euphorbiaceae
<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae
<i>Macrolobium colombianum</i>	Fabaceae
<i>Palicourea angustifolia</i>	Rubiaceae
<i>Oreopanax floribundum</i>	Araliaceae

<i>Otoba lehmannii</i>	Myristicaceae
<i>Croton smithianus</i>	Euphorbiaceae
<i>Siparuna aspera</i>	Siparunaceae
<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae

Tabla 3. Especies con sus respectivas familias encontradas en el corredor Colibrías

Se encontraron en los tres corredores un total de 28 especies, siendo Colibrías el corredor que poseía más cantidad de especies y el segundo después de monos con un alto número de especies. Ha de esperarse que este corredor tenga un alta diversidad pues es el ultimo corredor que se realizó y por lo tanto debe haber más especies pioneras y pioneras intermedias, a comparación de Monos y Pavas en donde se esperaría encontrar especies con una sucesión avanzada. Cabe resaltar que tanto en Monos como en Pavas se podría observar mas mortandad de arboles que en Colibrías ya que las pioneras y las pioneras intermedias ya cumplieron su papel y por lo tanto debe haber un recambio de especies. En Colibrías se espera este resultado ya que como se mencionó anteriormente, las pioneras intermedias están cumpliendo con el papel aun.

Referencias

- Vallejo, Joyas M.I., Londoño-Vega A.C. López, Camacho R., Galeano G., Álvarez, Dávila E. y Devia, Álvarez W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 310 p. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1).
- K, Christoph., M, David. 2002. Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales. Revista Forestal Centroamericana



ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto del proyecto

Presupuesto			
	Costo Unitario	Cantidad	Total
<u>Costos Operacionales</u>			
Alojamiento	\$ 30.000,00	3	\$ 90.000,00
Alimentación	\$ 15.000,00	3	\$ 45.000,00
Transporte	\$ 50.000,00	1	\$ 50.000,00
Transporte interno			\$ 25.000,00
GPS	\$ 1.000.000,00	1	\$ 1.000.000,00
Otros materiales			\$ 200.000,00
Computador	\$ 1.000.000,00	1	\$ 1.000.000,00
Papelera			\$ 500.000,00
Análisis de muestras (CIAT)	\$ 120.000,00	14	\$ 1.680.000,00
Subtotal Costos Operacionales			\$ 4.590.000,00
<u>Costos Administrativos</u>			
Auxiliar de campo	\$ 25.000,00	4	\$ 100.000,00
Subtotal Costos Administrativos			\$ 100.000,00
Costo Total			\$ 4.690.000,00

Anexo 4. Elementos esenciales obtenidos del suelo

Elemento	Función
<u>Micronutrientes</u>	
Molibdeno (Mo)	Fijación de N y reducción de nitrato, es un constituyente de la nitrogenasa, nitrato reductasa y xantina deshidrogenasa.
Níquel (Ni)	Metabolismo del N, constituyente de ureasas e hidrogenasas.
Cobre (Cu)	Activador o componente de algunas enzimas como la tirosinasa, citocromo oxidasa, entre otras.
Zinc (Zn)	Activador o componente de enzimas como la alcoholdehidrogenasa, la anhidrasa carbónica etc.
Manganeso (Mn)	Involucrado con enzimas activadas con cationes, la liberación de oxígeno en la fotosíntesis y la integridad de la membrana del cloroplasto.
Boro (B)	Involucrado en la elongación celular, el metabolismo de ácidos nucleicos e influencia la utilización del calcio.
Hierro (Fe)	Requerido para la síntesis de clorofila, es componente de citocromos y nitrogenasas .
Cloro (Cl)	Requerido para procesos de ósmosis y balance iónico.
<u>Macronutrientes</u>	
Azufre (S)	Componente de aminoácidos (p.e cisteína, metionina), proteínas y coenzima A.
Fósforo (P)	Componente de compuestos energéticos como el ATP y ADP, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas y fosfolípidos.
Magnesio (Mg)	Constituyente de la clorofila, activador de algunas enzimas involucradas en la transferencia de fosfatos.
Calcio (Ca)	Actúa como segundo mensajero en la regulación metabólica, componente de la pared celular y se encuentra involucrado en la permeabilidad de la pared celular.
Potasio (K)	Es el cofactor de más de 40 enzimas, involucrado en osmosis, balance iónico y apertura y cierre de estomas; es el catión principal para establecer la turgencia celular y mantener la electroneutralidad.
Nitrógeno (N)	Constituyente de aminoácidos, proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, clorofila y coenzimas.

Fuente: (Raven, Evert, & Eichhorn, 2005; Taiz & Zeiger, 2010)

Anexo 5. Puntos de muestreo

N°	Muestra	Coordenadas	Hora	Fecha
1	Bosque maduro Bremen	04° 41' 04" N, 075° 37' 34" W	03:00 p.m.	04-ago-12
2	Bosque maduro Barbas		11:00 a.m.	04-ago-12
3	Corredor Pavas (Barbas)	04° 41' 16" N , 075° 37' 29" W	08:03 a.m.	03-ago-12
4	Corredor Pavas (Bremen)	04° 41' 15" N , 075° 37' 31" W	09:22 a.m.	03-ago-12
5	Corredor Monos (Barbas)	04° 40' 59" N , 075° 38' 23" W	11:42 a.m.	02-ago-12
6	Corredor Monos (Bremen)	04° 40' 56" N , 075° 38' 21" W	09:21 a.m.	02-ago-12
7	Corredor Colibríes (Barbas)	04° 41' 21" N , 075° 36' 47" W	11:44 a.m.	03-ago-12
8	Corredor Colibríes (Bremen)	04° 41' 19" N , 075° 36' 47" W	10:42 a.m.	03-ago-12
9	Potrero Corredor Pavas (Barbas)	04° 41' 16" N , 075° 37' 29" W	08:39 a.m.	03-ago-12
10	Potrero Corredor Pavas (Bremen)	04° 41' 18" N , 075° 37' 50" W	10:01 a.m.	03-ago-12
11	Potrero Corredor Monos (Barbas)	04° 40' 58" N , 075° 38' 23" W	11:00 a.m.	02-ago-12
12	Potrero Corredor Monos (Bremen)	04° 40' 58" N , 075° 38' 20" W	04:32 p.m.	03-ago-12
13	Potrero Corredor Colibríes (Barbas)	04° 41' 22" N , 075° 36' 42" W	12:04 p.m.	03-ago-12
14	Potrero Corredor Colibríes (Bremen)	04° 41' 18" N , 075° 36' 49" W	11:07 a.m.	03-ago-12

Anexo 6. Métodos utilizados en el laboratorio del CIAT para determinar las características fisicoquímicas de las muestras de suelo.

Características fisicoquímicas	Método de determinación*
pH (Un)	pH Agua 1:1
Al (cmol/kg)	Aluminio Cambiable (KCl 1M) Vol.
MO (g/kg)	Materia Orgánica Walkley-Black Espectrometría
P-BrayII (mg/kg)	Fosforo Bray II Espectrometría
Ca (cmol/kg)	Calcio Intercambiable (Ab.At.)
Mg (cmol/kg)	Magnesio Intercambiable Ab. At.
K (cmol/kg)	Potasio Intercambiable Ab. At.
Na (cmol/kg)	Sodio Intercambiable Ab. At.
CIC (cmol/kg)	Capacidad Int. Catiónico (Amonio Acetato) Volumet.
B (mg/kg)	Boro en Agua Caliente (Espectrometría. Azometina)
S (mg/kg)	Azufre Extractable (Fosfato Ca) Turbidimetría
Cu (mg/kg)	Cobre Extract. Doble Ácido Ab.At.
Fe (mg/kg)	Hierro Extract. Doble Ácido Ab.At.
Mn (mg/kg)	Manganeso Extract. doble Ácido Ab.At.
Zn (mg/kg)	Zinc Extract. en Doble Ácido Ab.At.
Arena (%)	Arena (Bouyucos)
Limo (%)	Limo (Bouyucos)
Arcilla (%)	Arcilla (Bouyucos)
Textura	Textura (Bouyucos)

Fuente: CIAT

Anexo 7: Clasificación de pH

pH	Clasificación
3,5 - 4,4	Extremadamente ácido
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6,0	Moderadamente ácido
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino
>8,4	Fuertemente alcalino

Fuente: (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998)

Anexo 8: Niveles de materia orgánica (%)

	Bajo	Medio	Alto
Frio	Menor de 5	5 - 10	Mayor de 10
Templado	Menor de 3	3 - 5	Mayor de 5
Calido	Menor de 2	2 - 3	Mayor de 3

Fuente: (Cuesta, et al., 2005)

Anexo 9: Niveles de micronutrientes y fósforo (mg/kg)

Elemento	Bajo	Medio	Alto
Fósforo (P)	Menor de 20	20 – 40	Mayor de 40
Boro (B)	Menor de 0,2	0,2 – 0,4	Mayor de 0,4
Hierro (Fe)	Menor de 25	25 – 50	Mayor de 50
Cobre (Cu)	Menor de 2	2 – 3	Mayor de 3
Manganeso (Mn)	Menor de 5	5 – 10	Mayor de 10
Zinc (Zn)	Menor de 1,5	1,5 – 3	Mayor de 3
Azufre (S)	Menor de 10	10 – 20	Mayor de 20

Fuente: (Cuesta, et al., 2005)

Anexo 10: Niveles de macroelementos (cmol/kg)

Elemento	Bajo	Medio	Alto
Calcio (Ca)	Menor de 3	3 – 6	Mayor de 6
Magnesio (Mg)	Menor de 1,5	1,5 – 2,5	Mayor de 2,5

Potasio (K) Menor de 0,2 0,2 – 0,4 Mayor de 0,4

Fuente: (Cuesta, et al., 2005)

Anexo 11: Niveles de capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg)

CIC	
Nivel	cmol/kg
Muy bajo	Menor de 6
Bajo	6 – 12
Medio	12 – 25
Alto	25 – 40
Muy alto	Mayor a 40

Fuente: (Hazelton & Murphy, 2007)

Anexo 12: Proporciones óptimas de la CIC para los cationes

Catión	% CIC
Calcio	65 - 80
Magnesio	10 – 15
Potasio	1 – 5
Sodio	0 - 1
Aluminio	Menor a 5

Fuente: (Hazelton & Murphy, 2007)

Anexo 13. Relación Ca/Mg

Descripción	Ca/Mg
Ca deficiente	Menor a 1
Ca bajo	1 – 4
Balanceado	4 – 6
Mg Bajo	6 – 10
Mg deficiente	Mayor a 10

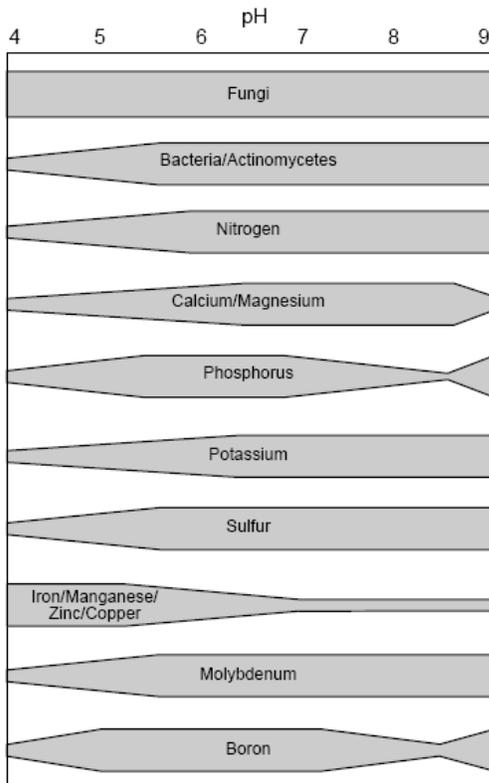
Fuente: (Hazelton & Murphy, 2007)

Anexo 14. Clasificación de los suelos en Filandia (Quindío)



Fuente: IGAC

Anexo 15: Efectos del pH en la disponibilidad de nutrientes y actividad de microorganismos



Fuente: (Rosen, Bierman, & Eliason, 2008)