

UNIVERSIDAD DEL VALLE



**Comunidades vegetales y ensamblaje arbóreo en un gradiente de intensificación de
café en el suroccidente Colombiano**

Oscar Eduardo Meneses Rengifo

Inge Armbrecht Ph.D.

Maestría en Ciencias-Biología

Facultad de Ciencias Naturales y Exactas

Abril

ACEPTACIÓN

En el presente el documento, el estudiante Oscar Eduardo Meneses Rengifo presenta su trabajo de investigación titulado “Comunidades vegetales y ensamblaje arbóreo en un gradiente de intensificación de café en el suroccidente Colombiano” con el cual quiere alcanzar el título de Maestría en Ciencias-Biología.

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

A los propietarios y mayordomos de los predios, Ballardo (Normandía), Arturo Potosí (El Diamante), David Muñoz (Los Naranjos), Carlos Sarria (Villa Nueva), Ramón Vélez (La Cabaña), Phillipe (Mirandé), Nubio Ruiz y Ricaute (Las Vegas), Norberto Chagüendo (Santa Anita) y Olga Camayo (Guayabales). A doña Laura Camayo por el alojamiento, alimentación. Al Herbario de Univalle. Guillermo Reyna por su apoyo en la identificación de orquídeas. A la profesora Inge Armbrrecht por su asesoría, apoyo y confianza para sacar adelante este proyecto. A Fernando Díaz, Anderson Arenas y Wilmar Torres por su asesoría estadística. María Cristina Gallego, asesora de la universidad del Cauca, a Isabel Nicholls, Vanessa Avila, Farid Manquillo, Yamid Pipicano, Fabio Cifuentes, Víctor Lara, Ginna Melenje, David Malfitano, Karen Meneses, Laura Amaya, Christian Palacios, y demás compañeros de GEHANA por su apoyo en salidas de muestreo. Este estudio fue financiado por COLCIENCIAS, Programa Nacional de Ciencias Básicas con Código 110656933821, Contrato RC. No. 0648-2013 y la Universidad del Valle.

CONTENIDO

Resumen	pag.8
Abstract	pag.9
1. Introducción.	pag.10
2. Antecedentes	pag.12
2.2. Fragmentación de los bosques andinos	pag.12
2.3. Agricultura, plantaciones de café y conservación	pag.13
2.4. Índice e intensificación de la agricultura	pag.14
2.5. Intensificación agrícola del café en Colombia	pag.15
2.6. Estudios de caso	pag.16
3. Hipótesis	pag.19
4.1. Objetivo general	pag.19
4.2. Objetivos específicos	pag.19
5. Materiales y Métodos	pag.20
5.1. Área de estudio	pag.20
5.2. Medición del índice de Intensificación Agrícola (IA)	pag.21
5.3. Cálculo del índice de IA	pag.23
5.4. Medición de la vegetación	pag.23
5.5. Medición de variables de hábitat	pag.24

CONTENIDO

5.6. Recolección e identificación de muestras vegetales	pag.24
5.7. Pruebas estadísticas	pag.25
6. Resultados	pag.26
6.1. Índice de intensificación agrícola (IA)	pag.26
6.2. Estructura composición de la flora	pag.34
7. Discusión	pag.43
7.1. Índice de intensificación	pag.43.
7.2. Flora en la zona de estudio	pag.52
7.3. Flora epífita	pag.58
7.4. Flora arvense	pag.59
7.5. Flora liquénica	pag.59
8. Conclusiones	pag.60
9. Literatura consultada	pag.61
10. Anexos	pag.69
10.1. Anexo1. Listado de especies de la meseta de Popayán cauca	pag.69
10.2. Anexo2. Datos naturales de las variables estructurales medidas en las 20 localidades	pag.78

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la meseta de Popayán Cauca. (Fuente: Humedales CRC)	pag. 20
Figura 2. Parcelas circulares establecidas en cada sitio de muestreo: Parcelas de 12m de radio y 5m de radio (a) y estaciones en el plano cartesiano (b).	pag. 22
Figura 3. Índice de manejo en 20 sitios que incluyen bosques, cafetales de sol y de sombra ubicados en la meseta Caucana.	pag.30
Figura 4. Agrupamiento de los predios en función del índice de las variables empleadas	pag. 31
Figura 5. Análisis de componentes principales de las variables de intensificación	pag.32
Figura 6. Representación gráfica de los agroecosistemas sobre los dos componentes obtenidos en el ACP.	pag.33
Figura 7. Hábitos de crecimiento de las especies reportadas	pag.35
Figura 8. Número de especies registradas en las familias más representativas en la zona de estudio	pag.36
Figura 9. Número de especies registradas en los géneros más representativos en la zona de estudio	pag.37
Figura 10. Análisis de escalamiento multidimensional de la flora arbórea reportada en la zona de estudio	pag.38
Figura 11. Análisis de escalamiento multidimensional de la flora epífita	pag.39
Figura 12. Tal. NMDS donde se incluyeron las especies arbóreas y epífitas	pag.40
Figura 13. Análisis de correspondencia canónica en función de la flora arbórea	pag. 41
Figura 14. Análisis de correspondencia canónica de la flora arbórea y epífita	pag. 42

LISTADO DE TABLAS

Tabla1. Índice de intensificación agrícola (IA) en 20 localidades de la Meseta caucana a partir de 13 variables de estructura vegetal. La última columna presenta el índice IA, producto de la sumatoria de las trece variables, siendo 13 el valor máximo de IA	pag.28
Tabla 2. Especies indicadoras en la zona de estudio	pag.43
10.1. Anexo1. Listado de especies de la meseta de Popayán Cauca	pag.69
10.2. Anexo2. Datos naturales de las variables estructurales medidas en las 20 localidades	pag.78

Comunidades vegetales y ensamblaje arbóreo en un gradiente de intensificación de café en el suroccidente Colombiano

Resumen

Los bosques premontanos presentan un alto grado de deterioro por efecto de la intervención antrópica, donde las principales actividades son agrícolas y ganaderas. Dada la pérdida de conectividad entre los parches de bosque, es prioritario desarrollar propuestas agroecológicas que involucren un manejo sostenible de los recursos naturales en estos paisajes, pues una parte importante de la biodiversidad todavía se encuentra habitando estos agroecosistemas. Este estudio evaluó la intensificación agrícola (IA) en un gradiente de manejos de caficultura en la meseta de Popayán, Cauca, en una altitud entre 1600-1700m. Se midieron 13 variables estructurales de la vegetación como riqueza, densidad y estructura arbórea en 20 sitios de muestreo: ocho cafetales a plena exposición, ocho con sombrío y cuatro bosques de referencia. Se determinó que la diversidad florística disminuyó en función del IA, donde las variables relacionadas al componente arbóreo fueron las más sensibles al cambio. La composición vegetal estuvo conformada principalmente por especies pioneras y se vio fuerte y negativamente afectada con la transformación de los cafetales de sombra en cafetales de sol. Se concluye que el sombrío, por sí solo, no garantiza la conservación local o regional, ya que se deben realizar prácticas de manejo que involucren la diversificación con flora nativa dentro de los cafetales, la cual es de gran importancia en la conservación biológica regional como fuente de hábitat y de conectividad en los paisajes fragmentados, y además, puede aportar con plántulas y semillas en procesos de restauración que se desarrollen en la zona.

Palabras claves: Agroecosistemas cafeteros, Colombia, Gremios vegetales, Sombrío, Meseta-Popayán

Abstract

Premontane forests are severely degraded from anthropogenic disturbance derived from agricultural and livestock related activities. Given the loss of connectivity among forest patches, priority should be given to the development of agroecological projects that involve a sustainable use of natural resources in these landscapes, also because an important part of biodiversity could also be present in these agroecosystems. This study evaluates agricultural intensification (AI) in a gradient of coffee crop management in “la Meseta” at Popayán, Cauca, Colombia in an altitude between 1600-1700m. Thirteen structural plant variables, such as richness density, arboreal structure were measured in 20 sampling sites: eight coffee open plantations (without shade trees), eight shaded coffee plantations and four reference forests. The study found that floristic diversity decreased in function of AI, the variables related to the arboreal component were most sensitive to intensification change. Plant composition consisted mainly of pioneer species and was strong and negatively affected by the transformation of shaded coffee plantations into unshaded ones. It is concluded that shade, by itself does not guarantee local or regional conservation, and management practices involving diversification with native flora should be implemented inside coffee plantations. Native flora is of great importance for regional biological conservation, as a source of habitat and for fragmented landscape connectivity. Additionally, these habitats could also constitute a source of seeds and seedlings for restoration purposes in the region.

Key words: Coffee agroecosystems, Colombia, plant guilds, Shaded coffee, Meseta-Popayán

1. Introducción

Colombia es uno de los países con mayor diversidad biológica a nivel mundial gracias a la variedad de ecosistemas que se encuentran representados en el territorio nacional (Colciencias 1999, UNEP & WCSC 2014). Los Andes colombianos albergan gran parte de esta diversidad, son importantes centros de especiación y alojan un alto número de especies endémicas (Myers *et al.* 2000; Kattan 2003), lo que ha llevado a que estos hábitats sean considerados prioritarios en la conservación biológica (Myers *et al.* 2000). Se le suma la importancia de los mismos como fuente de servicios ambientales que son fundamentales en el desarrollo de la vida humana (Kattan 2003, Tschardtke *et al.* 2005).

A pesar de la importancia biológica de estos ecosistemas se ha ejercido una fuerte presión antrópica que ha causado una pérdida estructural del hábitat, donde los bosques sub-andinos, localizados entre los 1000 y 2400m aproximadamente, son los que han sufrido mayor presión antrópica, principalmente aquellos que son de fácil acceso. En dichos paisajes predominan la agricultura y la ganadería, esta última práctica es una de las que mayor huella ecológica ha dejado a largo plazo (Matson *et al.* 1997), causando extinciones locales a corto plazo y amenazando la biodiversidad a largo plazo.

Por otro lado, se estima que existe menos del 30% de la vegetación en el mundo sin ninguna intervención humana, y se considera que todos los bosques, sin excepción, han sufrido algún tipo de intervención, hasta en la Amazonía donde viven comunidades indígenas nómadas (Sanderson *et al.* 2002). Dada la falta de continuidad de los bosques por efecto de la fragmentación, las especies se han visto confinadas a los parches de bosque

sobreviviendo mediante una dinámica metapoblacional, donde los organismos terrestres han sido los más afectados, involucrándose procesos de extinción que han recabado en pérdidas irreversibles de especies nativas (Perfecto *et al.* 2009). En vista de esto y el grave estado en el que se encuentran los hábitats naturales, es necesario desarrollar mediadas de aprovechamiento que involucren el uso sostenible de los recursos naturales, donde se contribuya a generar hábitats manejados o corredores biológicos que dinamicen las poblaciones que habitan estos paisajes transformados, favoreciendo así el flujo genético entre las poblaciones y con ello, la permanencia de estas especies a largo plazo.

Dentro de los agroecosistemas andinos, el café es quizás uno de los más emblemáticos debido a que tiene un gran potencial para la conservación biológica si es sembrado bajo la sombra de árboles nativos (Perfecto & Snelling 1995, Perfecto *et al.* 1999) y además es de gran importancia para enfrentar el cambio climático (Jha *et al.* 2011). En Colombia se ha documentado que la pérdida de los árboles de sombrero conlleva a una pérdida de la biodiversidad de artrópodos como las hormigas (Gallego-Roper 2003, Armbrrecht *et al.* 2005, Urrutia & Armbrrecht 2013) y abejas, en este caso mostrando que se favorecen con la riqueza florística de los cafetales (Cepeda-Valencia *et al.* 2014). La diversidad de la flora asociada a los cafetales ha sido poco estudiada en Colombia, con cierta atención a las arvenses (Cenicafé 1987), árboles (Sánchez-Clavijo *et al.* 2007) y recientemente Cepeda-Valencia (2015) publicó listas de árboles y arvenses de bosques y cafetales que incluyen 89 registros de Cundinamarca (Cepeda-Valencia 2015).

En este sentido, el presente estudio tuvo como objeto estudiar variables estructurales de la vegetación en la medición del índice de intensificación agrícola (IA) en un gradiente de

manejo en agroecosistemas de café y así examinar preliminarmente la importancia de dichos sistemas agroforestales como fuente de hábitat, corredores biológicos y resumideros de especies forestales pioneras, útiles en procesos de recuperación y reforestación en el suroccidente colombiano, en la meseta de Popayán, Cauca.

2. Antecedentes.

2.1. Fragmentación de los bosques andinos

Los ecosistemas han sido transformados por actividades humanas, afectando el rendimiento funcional y alterando los servicios ambientales que estos proporcionan (Pimentel *et al.* 1992; Perfecto *et al.* 1996; Alvarez-Añorve *et al.* 2012). Se estima que los ecosistemas andinos de Colombia tienen menos del 30% de los bosques originales por la transformación hacia actividades productivas (Kattan 2003). A partir de los años 50 los bosques montanos han presentado una reducción estimada entre el 73 y 90 % de su cobertura total (Henderson *et al.* 1991), por efecto de la producción de carbón vegetal, la extracción de madera, la ganadería y la agricultura (Viña & Cavelier 1999). Esta última práctica (73%) es la más generalizada (Gallego 2005) y probablemente la que está dejando mayor huella ecológica a largo plazo. Sin embargo, toda transformación hacia sistemas productivos no es igualmente nociva para la biodiversidad, existen alternativas de producción que son compatibles y amigables con la diversidad silvestre que todavía habita en las reservas naturales, lo que facilita la dinámica metapoblacional entre parches (Perfecto *et al.* 2009). Pimentel (1992) y colegas sostienen que gran parte del territorio en el mundo ha sido transformado (95%), siendo los campos agrícolas y silviculturales los que presentan mayor riqueza de especies,

donde la protección y manejo adecuado de estos agroecosistemas es de gran importancia en la conservación a nivel de paisaje (Perfecto & Vandermeer 2002; Philpott & Dietsch 2003).

2.2. Agricultura, plantaciones de café y conservación

Desde hace ya varios años el humano se ha establecido en gran parte del territorio mundial, sustituyendo especies nativas por foráneas. De esta manera, las áreas ocupadas por bosques nativos han sido transformadas en agricultura, plantaciones forestales, silvicultura y asentamientos humanos. En particular, los sistemas agroforestales ofrecen una mayor heterogeneidad del paisaje (Pimentel *et al.* 1992), promoviendo la recuperación de las funciones ecológicas y los servicios ecosistémicos, además de ser importantes para la conservación biológica a nivel de paisaje (Perfecto & Vandermeer 2002; Philpott & Dietsch 2003). Pimentel y autores sostienen (1992) que en los sistemas agroforestales habita aproximadamente un 70% de la diversidad mundial.

Por lo tanto, los agroecosistemas con cobertura de dosel o sombrío son de gran importancia ya que son fuentes de alimento, refugio de fauna y flora, y funcionan como corredores entre parches de bosque (Pimentel 1992, Perfecto & Armbrecht 2002, Philpott & Bichier 2012, Hoehn *et al.* 2010) favoreciendo así la conectividad de las metapoblaciones en el paisaje fragmentado, y posiblemente la sobrevivencia de especies vulnerables a largo plazo (Perfecto *et al.* 2009).

En este sentido, las plantaciones de café de sombra y cacao han tomado gran importancia en la conservación de la flora y la fauna a nivel global (Perfecto *et al.* 1999, Philpott & Dietsch 2003, Valencia *et al.* 2014), dichas prácticas son compatibles con el sustento local

(Valencia *et al.* 2014), donde el café con sombra diversificada es una de las más importantes, contribuyendo con el mejoramiento de la estructura forestal a nivel regional y como amortiguador del efecto de borde causado por la fragmentación (Philpott & Dietsch 2003, Valencia *et al.* 2014). Además, en términos económicos los precios del grano se ven incrementados en un 8% y 15% si son certificados como orgánicos (Guhl 2009).

2.3. Índice e intensificación de la agricultura.

La intensificación de la agricultura tuvo un impulso a partir de los años 40 (Lovell 2012) y un pleno desarrollo entre los 60 - 70, periodos conocidos como la “revolución verde” (Ruiz-Martínez *et al.* 2015). Dichas prácticas promovieron los sistemas de monocultivo, uso de nuevas variedades, aplicación de un alto contenido de agroquímicos y agua, y uso de maquinaria pesada. En general, todas estas prácticas redundaban en la tecnificación y homogenización del paisaje (Lovell 2012, Ruiz-Martínez *et al.* 2015).

El término “intensificación” fue acuñado desde 1965, su definición ha sido muy amplia y se ha visto más relacionada con la productividad y las prácticas de manejo en las fincas, tales como la producción por hectárea (kg/ha), cantidad de capital invertido por hectárea (€/ha), ingreso de agentes externos como agroquímicos y la cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea (Ruiz-Martínez *et al.* 2015).

Desde otro enfoque, un poco más reciente y en el cual se fundamentó este estudio, se tuvieron en cuenta otras variables más relacionadas con la medición de componentes estructurales de la vegetación, los cuales son fundamentales en la recuperación de los servicios ecosistémicos que ofrecen estos paisajes (Ruiz-Martínez *et al.* 2015). El estudio

de la estructura de una comunidad o población es muy importante en la comparación de estos agroecosistemas con hábitats naturales (Valencia *et al.* 20014). Ruiz-Martínez y coautores (2015) reconocen el grado de intensificación en una plantación como la medición de la intensificación agrícola (IA), a la cual haremos referencia a lo largo de este documento.

2.4. Intensificación agrícola del café en Colombia

Con el advenimiento de nuevas variedades y la mecanización de la producción y los sistemas de producción en masa, se dio una simplificación en el manejo del café donde predominaron sistemas con poca sombra o expuestos a pleno sol; en Colombia se estima que el 60% cambió a este tipo de prácticas (Perfecto *et al.* 1999, Jha *et al.* 2014).

Entre los años 1990 y 2010, la producción de café se incrementó en un 36% a nivel mundial, pero el área ocupada disminuyó en 10.2 millones de hectáreas, especialmente en países como Colombia y Brasil, lo cual demostró un incremento en la tecnificación de las plantaciones. En nuestro país el área tecnificada pasó del 70% en 1997 (Fonseca 2003) a 76% en el 2012 (Federación nacional de cafeteros de Colombia 2013). De esta manera, el manejo de la vegetación cambió a plantaciones con baja diversidad de árboles de sombra y poca presencia de epífitas (Moguel & Toledo 1999, Armbrecht 2003).

Dada la importancia del sombrero en los cafetales, por su contribución con la conservación de la flora y fauna y la calidad del café, el estudio del estrato arbóreo y arbustivo ha sido importante en la certificación de fincas productoras de “café especiales” (Monroy *et al.* 2002, Philpott & Dietsch 200, Mas & Dietsch 2004.).

Con el propósito de contribuir a la evaluación de dichos sellos en estos agroecosistemas de café, Mas y Dietsch (2003) desarrollaron un protocolo a partir de mariposas para determinar la IA en fincas cafeteras de Chiapas (México). Dicho índice, involucró datos de la vegetación y el cambio de la misma en fincas con diferente IA. En el mismo año, Armbrrecht (2003) realizó una adaptación de este método para determinar el IA en 12 fincas cafeteras con cuatro sistemas de manejo en Risaralda Colombia. En el presente estudio se adaptó este índice con énfasis en la flora de la zona cafetera del Cauca.

2.5. Estudios de caso

Recientemente se ha llamado la atención sobre el estudio de los cafetales de sombra rústica o sombra diversificada como fuente de conservación de la biodiversidad (Philpott & Dietsch 2003, Perfecto & Armbrrecht 2003). Aproximadamente desde hace 15-20 años se han desarrollado investigaciones sobre la riqueza de especies en flora y fauna de dichos paisajes (Philpott & Bichier 2012, Valencia *et al.* 2014) en función del gradiente de intensificación (Philpott *et al.* 2008), demostrando una alta riqueza de especies en fincas con menor intensidad de manejo, donde estos paisajes rurales son importante en la conservación de la biodiversidad (Perfecto & Vandermeer 2002, Mas & Dietsch 2004, Valencia *et al.* 2014).

Además, estos agroecosistemas se solapan con los sitios de mayor diversidad en el mundo (Perfecto *et al.* 2007), son importantes en el sostenimiento de mamíferos (Valencia *et al.* 2014), ranas y micos (López-Gómez *et al.* 2008) y artropofauna (Perfecto & Armbrrecht 2002). En este último caso, las plantaciones son fuente de nidos para hormigas (Armbrrecht

et al. 2004) las cuales son excelentes bioindicadoras de la calidad del hábitat (Perfecto & Vandermeer 2002; Gallego 2005). Entre tanto, Rivera y Armbrrecht (2005) encontraron mayor diversidad de hormigas en cafetales orgánicos con sombra diversa. En la misma fecha, Gallego registró el 80.7% de la diversidad esperada para la región de Apía, Risaralda.

Por otro lado, Mas y Dietsch (2003) reportaron una alta diversidad de mariposas, las cuales se ven afectadas fuertemente por la intensificación, empleando los cafetales como corredores hacia los parches de bosque (López-Gómez *et al.* 2008). En cuanto a la avifauna, los paisajes cafeteros con sombrío son fundamentales en el sostenimiento de aves locales (Mas & Dietsch 2004, López-Gómez *et al.* 2008, Bakermans *et al.* 2009) y migratorias (Bakermans *et al.* 2009). Estudios de las agremiaciones en este taxón determinaron que estas responden positivamente a factores estructurales del agroecosistema (Philpott & Bichier 2012).

En vegetación también se han realizado diversos estudios en hierbas, arbustos, árboles y epífitas, encontrando mayor riqueza de especies en sistemas de cultivo rústico (Valencia *et al.* 2014). Las epífitas son importantes en la estructura vertical, generando hábitats para insectos y anfibios, además de propiciar cambios en la densidad de ciertas poblaciones de aves de dosel y sotobosque (Cruz-Angón & Greenberg 2005). En flora, Armbrrecht (2003), obtuvo una alta diversidad de especies arbóreas en sistemas de sombra diversificada y a su vez, estos sistemas presentaron similitud con el bosque, además de favorecer el establecimiento de las epifitas. De igual modo, López-Gómez *et al.* (2008) encontraron alta proporción (79%) de especies nativas, de las cuales pocas presentaron relevancia en

conservación a nivel global. Sin embargo, la abundancia de especies autóctonas es de gran relevancia en la protección de la diversidad forestal a una escala regional. Hoehn y colegas (2010), reportaron que en hábitats manejados el sotobosque ofrece más alimento que en sistemas naturales debido a la alta densidad de flores, además de una diversidad similar a la encontrada en bosques naturales. Por otro lado, en dicho estudio, la cobertura de dosel en sistemas con baja intensidad de manejo fue similar a la encontrada en bosques naturales. Valencia *et al.* (2014) determinaron dominancia del género *Inga*, siendo de mayor relevancia la utilización de diversas especies de fabáceas que a largo plazo aportan mayor nitrógeno al suelo y ayudan en el establecimiento de taxones pioneros, además, dicho género aporta recursos para el sostenimiento de las aves (Perfecto *et al.* 2007) y otros organismos. A pesar de ser las plantas, especialmente los árboles, precursores de la calidad de dichos hábitats, estos han sido poco estudiados en detalle (Valencia *et al.* 2014, Hoehn *et al.* 2010) a una escala comparable para el trópico. Gentry (1982) sugiere que en zonas tropicales el área mínima de muestreo debe ser de 1000 m², en algunos casos como el chocó biogeográfico el área puede ser mayor. Dado que en este tipo de estudios se trabaja con sistemas manejados, el área mínima puede ser un poco menor, Valencia *et al.* (2014) realizó un estudio donde el área empleada fue de 907 m². Además, pocos estudios se han enfocado en la estructura de la vegetación y el ensamblaje de las poblaciones en las plantaciones con diferente nivel de sombra, sobre todo en los trópicos (Valencia *et al.*, 2014).

3. Hipótesis

- Las plantaciones de café con sombra diversa alojan comunidades vegetales con mayor riqueza de especies que los sistemas de cultivos tecnificados con poca sombra y la estructura de estos hábitats presenta mayor similitud con los bosques que con cafetales tecnificados con sombra homogénea.

4.1. Objetivo General

- Caracterizar la flora arbórea, arbustiva, epífita, liquénica y plántulas en paisajes cafeteros del Cauca con diferente intensidad de manejo con el fin de valorar el ensamblaje de las especies arbóreas y epífitas en función del gradiente de intensificación en La Meseta de Popayán Cauca.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la composición y estructura de la flora arbórea y arbustiva, epífitas, plántulas y líquenes en bosques de referencia y cultivos de café con diferentes técnicas de manejo.
- Determinar el índice de intensidad de manejo de cafetales y bosques de la región de estudio a partir de datos estructurales de la vegetación.
- Evaluar la diversidad específica, dominancia y semejanza de las comunidades arbóreas y epífitas entre los cafetales y bosques de referencia.

5. Materiales y Métodos

5. 1. Área de estudio

Correspondió a La Meseta o altiplano Caucano, la cual se encuentra entre la cordillera occidental y central, desde la cuchilla del Tambo hasta el departamento del Valle, influenciando a nueve municipios. Este altiplano es uno de los cinco distritos biogeográficos del departamento, geográfica y biológicamente importante debido a su ubicación interandina, clima favorable y elevación media (Ramírez-Chaves 2008) (Figura 1).

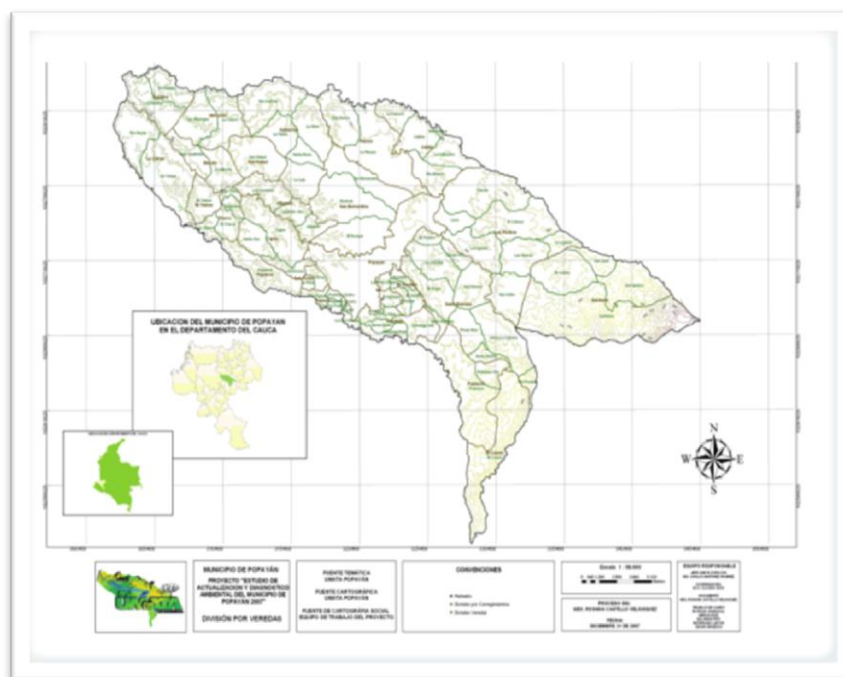


Figura 1. Mapa de la meseta de Popayán Cauca. (Fuente: Humedales CRC). Se relaciona el entorno de la zona de estudio en un mapa de Colombia (extremo inferior izquierdo) y en el Departamento del Cauca (recuadro en el medio).

Se muestrearon 20 localidades conformadas por ocho cafetales a plena exposición o cafetales de sol, ocho cafetales con sombrío y cuatro bosques de referencia. Dichos sitios de estudio se distribuyeron así; cafetales a plena exposición (SO), denominados como La Balsa, Santa Anita, Los Naranjos, Normandía, La cabaña, Mirandé y El Diamante. Cafetales con sombrío: Las Vegas⁴, Las Vegas⁵ y Las Vegas⁶, Los Guayabales, Mirandé Villa Alejandra y Normandía¹ y Normandía². Finalmente, cuatro bosques de referencia nombrados como Unicauca, La Viuda, Normandía y río Palacé. Los sitios de muestreo estuvieron distribuidos en los corregimientos de La Rejoya, La Balsa y Las Mercedes, los cuales pertenecen a los municipios de Popayán y Cajibío.

Los sitios de muestreo estuvieron ubicados en una altitud comprendida entre 1600 -1700m, en la zona de vida de bosque húmedo Pre-montano o Sub-andino (Espinal 1967), con una topografía ondulada y abundantes vaguadas que escurren al río Palacé. La temperatura oscila entre 12,3°C y 25,7°C y presenta un régimen pluviométrico bimodal, con un nivel anual de lluvias medias de 2119mm. El promedio de días lluviosos al año oscila entre 170 y 220 días, lo que proporciona un régimen elevado de humedad relativa con valores que alcanzan hasta el 72% (Alcázar *et al.*, 2002).

5.2. Medición del índice de Intensificación Agrícola (IA)

El IA se determinó a partir del protocolo establecido por Mas y Dietsch (2003) y por Armbrrecht (2003), con el propósito de estudiar variables estructurales de la vegetación en relación con la variación florística en función de la tecnificación en las plantaciones de café.

Se determinó el índice IA a partir de 13 variables estructurales que describen el hábitat del agroecosistema: Profundidad de la hojarasca (PH), cobertura de dosel (CD), riqueza de árboles (RA), diámetro de arbustos (DAPa), altura de arbustos (Aa), densidad de arbustos (Da), diámetro de árboles (DAPA), altura de dosel (AD), densidad de árboles (DA), densidad de cafetos (DC), altura de cafetos (AC), riqueza de epífitas (RE), densidad de epífitas (DE).

De acuerdo a la metodología desollada por Mas y Dietsch (2003), en cada punto de muestreo o localidad se establecieron dos parcelas circulares de 12m de radio (P2) aisladas 50m aproximadamente. En el centro de la P2 se delimitó una sub-parcela de 5m de radio (P1), así, la P2 incluyó la P1 como se aprecia en la Figura 2a.

Por otro lado, en la P2 se trazó un plano cartesiano con 13 estaciones (E_n). En el centro se dispuso la estación cero (E_0) y a partir de ésta, seis estaciones en cada eje aisladas por cuatro metros entre sí (Figura 2b).

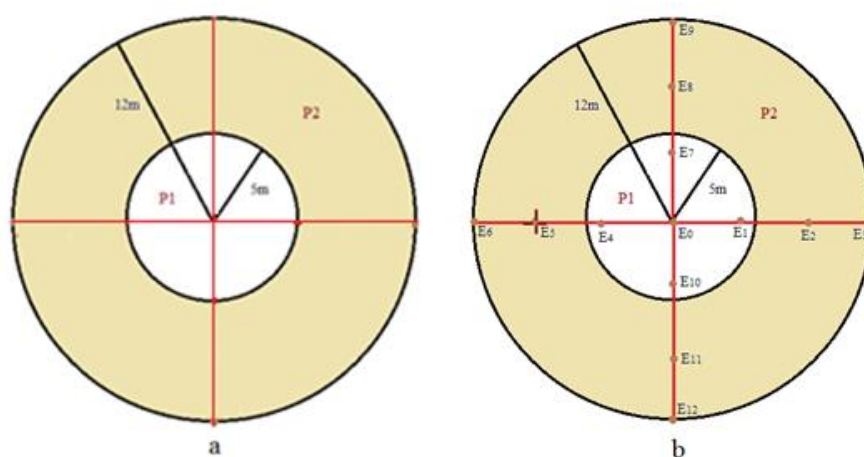


Figura 2. Parcelas circulares establecidas en cada sitio de muestreo: Parcelas de 12m de radio y 5m de radio (a) y estaciones en el plano cartesiano (b).

5.3. Cálculo del índice de IA

En la medición del índice de IA se seleccionó el valor óptimo de cada variable y a partir de éste se halló el aporte porcentual por variable en cada localidad. Para algunas variables, como la densidad de cafetos (DC), solo cociente es directamente proporcional al valor de la intensificación, es decir, entre más intensificado el valor de la variable en cuestión, el cociente más se acerca a uno (Caso uno). Por otro lado, en variables como la cobertura de dosel (CD), donde el valor aumentan a medida que disminuye la intensificación, se restó a uno al valor del cociente (Caso dos).

$V = X_n / K$ Caso 1	$V = 1 - (X_n / K)$ Caso 2
-----------------------------	-----------------------------------

Donde V es el Valor de la intensificación, X_n el valor de la variable para el cafetal n, y K el valor máximo que alcanza la variable en el estudio.

5.4. Medición de la vegetación.

En la parcela central uno (P1) se realizó un conteo de los cafetos y la medición de la altura en los mismos. En la parcela dos (P2), que incluyó la P1, se hizo un conteo de arbustos ($2,50 \geq DAP \leq 8,10$) y árboles ($DAP > 8,11$ cm) a los cuales se les midió tanto el diámetro a la altura de pecho (DAP) como la altura. Estos fueron identificados hasta el taxón más cercano. En el registro del DAP, inicialmente se midió el CAP (Circunferencia a la altura del pecho) que posteriormente se transformó a DAP (CAP/π). La altura se calculó con la ayuda de los tubos de la perdiga.

La medición de las epífitas se hizo en todos los árboles con DAP > 8,11cm y con una altura máxima de 10m. El conteo se hizo incluyendo todas las epifitas a partir de 50cm de altura. En dicho proceso, se realizó un primer muestreo donde las plantas se clasificaron hasta especie y morfo especie (en el caso de las especies desconocidas), también se hizo una recolecta de muestras. Luego de contar con un listado base y haber examinado la flora epífita, se hizo un conteo e identificación con la ayuda de binoculares. De igual modo, en el caso de las especies desconocidas o con dudas taxonómicas se hizo recolección de material botánico.

5.5 Medición de variables de hábitat

En cada una de las 13 estaciones que se establecieron en la P2 se procedió a medir la profundidad de la hojarasca (PH) y la cobertura de dosel (CD). Para calcular la PH se abrió un espacio entre la hojarasca con un pie de rey hasta tocar suelo firme, tras lo cual se midió el espesor con la varilla de medición. Para la medición de la CD se empleó un Densiómetro esférico GRS; en cada estación (E_n) se realizaron cinco mediciones en cruz; una en el centro y cuatro a un metro de distancia del centro, los valores finalmente fueron promediados en cada estación (Figura 1 (a) E_5).

5.6. Recolección e identificación de muestras vegetales

En cada localidad se recolectaron dos muestras por cada especie vegetal, tanto de flora arbórea como epífita, especialmente de los individuos que se tenían inquietudes taxonómicas. También se realizó recolección libre de especímenes con flores y frutos para completar el listado de especies.

Las muestras fueron prensadas, etiquetadas y alcoholizadas con etanol al 70%.

Posteriormente el material vegetal se procesó en el herbario CUVV de la Universidad del Valle, Cali, donde hubo apoyo de especialistas, en el caso de la flora epífita, especialmente en orquídeas. Por otro lado, se empleó la base de datos de *Trópico-Home* del *Missouri Botanical Garden*, Herbario-Colecciones Científicas en Línea de la Universidad Nacional de Colombia (COL) y *Neotropical Herbarium Specimens - The Field Museum*.

5.7. Pruebas estadísticas

Para evaluar la relación entre las variables estructurales se utilizaron los valores naturales promedios de las variables de IA registradas en los diferentes sitios de muestreo, en este caso, se realizó un Análisis de Componente Principales (ACP) para determinar la relación entre las variables de intensificación puestas a prueba.

Se hizo un Análisis Multidimensional no Métrico (NMDS) para evaluar la similitud en composición arbórea de las zonas estudiadas y por último se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para evaluar el efecto de las variables estructurales sobre la composición florística arbórea y epífita, estos análisis fueron realizados en el software *r - studio* 3.3.2.

También se realizó una prueba para determinar cuáles especies eran indicadoras de los diferentes sistemas de manejo, esto se hizo mediante el método de InVal propuesto por Dufrene & Legendre (1997), dicho análisis se realizó en *r-studio* 3.3.2.

Se realizó un análisis de conglomerados o clúster de Gower en PAST, software libre el cual estandariza la contribución de cada variable entre cero y uno. Esta prueba se caracteriza por

ser aplicada a valores no negativos, con mediciones en distintas unidades (Soto *et. al.* 2006). Además, permite la manipulación de variables cuantitativas, cualitativas y binarias y nos permite hallar la similitud entre individuos a los que se les ha medido ciertas características en común.

6. Resultados

6.1. Índice de intensificación agrícola (IA)

En la zona de estudio el paisaje presentó un alto grado de intervención antrópica donde los usos del suelo dominantes fueron; agrícola (plantaciones de café, de caña, de frijol y de maíz), forestal y ganadero. La vegetación arbórea estaba presente como bosque protector en las riberas y vaguadas, aislada en parches sobre los lomeríos, potreros y en zonas de difícil acceso. Las poblaciones dominantes eran características de bosques secundario y se presentaban diferentes estados sucesionales, con predominio de especies arbóreas pioneras.

En cuanto a los agroecosistemas de café, las plantaciones con sombrío diversificado estuvieron poco representadas en el paisaje, donde dominaban los cafetales con sombrío mono-genérico, entre dos y cuatro especies, con dominancia del genero *Inga* y los cafetales sin sombrío o cafetales de sol.

Por otro lado, las plantaciones presentaban asociadas musáceas, principalmente plátano, guineo y banano, algunas leguminosas como maní forrajero, matarratón, y guamos. Cítricos como naranja, limón y mandarina, también guayaba y papaya. Entre los arboles forestales se destacó la presencia de árboles dominantes como jigua, aguacatillo, yarumos, café de monte, flor de mayo, escobo, arrayán y coca de monte.

Los cafetales de sol o sin sombrío, presentaron los valores de IA más altos, ya que las variables estudiadas en la medición del índice estuvieron influenciadas por la presencia de árboles, la diversidad de los mismos, su estructura y la cobertura sobre la plantación. No obstante, los cafetales de sol que poseían cafetos altos, con bajas densidades de siembra y alto contenido de materia orgánica obtuvieron una disminución en la medición del índice agrícola.

En la Tabla 1, se resumió la contribución porcentual de cada variable en la medición del IA en los 20 sitios de muestreo, los cuales han sido enumerados para facilitar la comprensión de los resultados. En términos generales, se determinó que los bosques presentaron los menores IA, donde el valor mínimo alcanzó 2,2 y el valor máximo 4,2. En cuanto a las plantaciones de café, los plantíos de café con sombra presentaron los menores valores de intensificación agrícola, con valores entre 6,2 y 9,8; mientras que los cafetales a plena exposición o de sol obtuvieron los valores de IA superiores, con un mínimo de 10,1 y un máximo de 12,6.

Nombre de las variables: Profundidad de la hojarasca (PH), porcentaje de la cobertura de dosel (CD), riqueza de árboles (RA), diámetro de arbustos (DAPa), altura de arbustos (Aa), densidad de arbustos (Da), diámetro de árboles (DAPA), altura de dosel (AD), densidad de árboles (DA), densidad de cafetos (DC), altura de cafetos (AC), riqueza de epífitas (RE) y densidad de epífitas (DE).

Tabla1. Índice de intensificación agrícola (IA) en 20 localidades de la Meseta caucana a partir de 13 variables de estructura vegetal. La última columna presenta el índice IA, producto de la sumatoria de las trece variables, siendo 13 el valor máximo de IA.

Localidad	PH	CD	RA	DAPa	Aa	Da	DAPA	AD	DA	DC	AC	RE	DE	IA
BO La Viuda	0,1	0,0	0,4	0,3	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,8	0,1	0,0	2,2
BO Mirandé	0,6	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,4	0,4	0,2	0,1	0,0	0,3	0,1	2,6
BO Unicauca	0,7	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	2,5
BO Palacé	0,5	0,1	0,0	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,0	0,1	0,7	0,5	0,8	4,2
SD Normandía	0,7	0,6	0,6	0,4	0,7	1,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	7,8
SD Normadía	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	1,0	0,1	0,1	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	7,4
SP Mirandé	0,6	0,2	0,7	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	6,2
SM Las Vegas	0,6	0,5	0,8	0,4	0,6	0,8	0,1	0,4	0,6	0,9	0,7	0,6	1,0	8,1
SM Las Vegas	0,7	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	0,2	0,5	0,8	0,8	0,7	0,7	1,0	9,6
SM Las Vegas	0,6	0,3	0,8	0,1	0,6	1,0	0,0	0,4	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	7,8
SP V.Alejandra	0,8	0,8	0,8	0,5	0,6	1,0	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7	1,0	1,0	9,8
SM Guayabales	0,7	0,5	0,9	0,0	0,3	1,0	0,4	0,5	0,9	0,8	0,8	0,7	1,0	8,5
SO Normandía	0,9	1,0	1,0	0,5	0,6	0,7	1,0	0,9	1,0	0,8	0,6	1,0	1,0	11,1
SO La Cabaña	0,7	0,7	1,0	0,5	0,6	0,2	1,0	0,9	1,0	1,0	0,6	1,0	1,0	10,1
SO La Cabaña	0,7	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,7	1,0	1,0	10,9
SO La Balsa	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0	12,4
SO Santa Anita	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,7	0,7	1,0	1,0	12,3
SO Los Naranjo	0,8	0,9	1,0	0,5	0,6	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	1,0	1,0	11,4
SO El Diamante	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	12,6
SO Mirandé	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0	12,4

Los valores de IA obtenidos en cada predio fueron graficados (Figura3) evidenciando que los bosques presentaron los valores mínimos de IA, donde los bosques de La viuda (2,2), de Unicauca (2,5) y Mirandé (2,6) fueron los de menor intensificación, mientras que el bosque localizado junto al río Palacé (4,2) fue el de mayor IA.

Por otro lado, el cafetal de sombra en policultivo tres de Mirandé (6,2) obtuvo el menor índice de IA. Seguido a éste, se ubicaron las plantaciones con sombra diversificada dos (7,3) de Normandía, sombra mono-genérica seis (7,7) de Las Vegas, sombra diversificada uno (7,8) de Normandía, sombra mono-genérica cuatro (8,0) en Las Vegas. Entre tanto, las plantaciones con mayor índice de IA en las plantaciones con sombrero fueron los cafetales con sombra mono-genérica ocho (8,4) Los Guayabales, sombra mono-genérica cinco (9,6) y sombra en policultivo siete (9,8) Villa Alejandra.

Los valores más cercanos al máximo del índice de intensificación fueron los cafetales de sol, donde las localidades con valores de intensificación superior fueron correspondientes a los cafetales de Sol cinco (12,3) en Santa Anita, cafetal de sol ocho (12,4) en Mirandé, cafetal de sol Sol cuatro (12,4) en La Balsa y cafetal de sol siete (13,6) en el predio El Diamante.

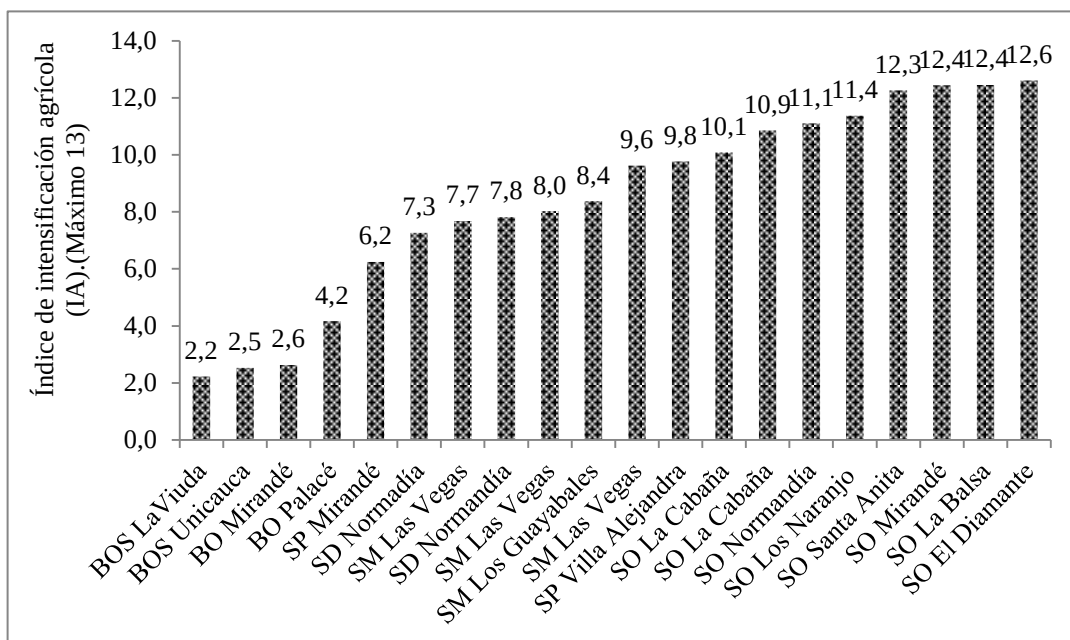


Figura 3. Índice de manejo en los 20 sitios de muestreo que incluyen bosques, cafetales de sol y de sombra ubicados en la meseta Caucana.

Mediante un análisis de conglomerados se analizó la similitud entre los agroecosistemas de café en una correlación de los valores naturales de las trece variables estructurales que fueron usados en la medición del índice de IA. Este análisis generó un cladograma (0,87%) donde se obtuvieron tres sub-grupos principales: bosques, cafetales de sombra y cafetales sin sombrío o cafetales de sol. En este mismo orden estuvo representado el coeficiente de similitud de cada grupo, no obstante, estos valores fueron bajos y poco representativos (Figura 4).

En los cafetales con sombra se evidenciaron tres sub-grupos, donde los cafetales con sombra diversificada obtuvieron mayor similitud y formaron un solo grupo. Los cafetales de sol fueron los que presentaron mayor homogeneidad.

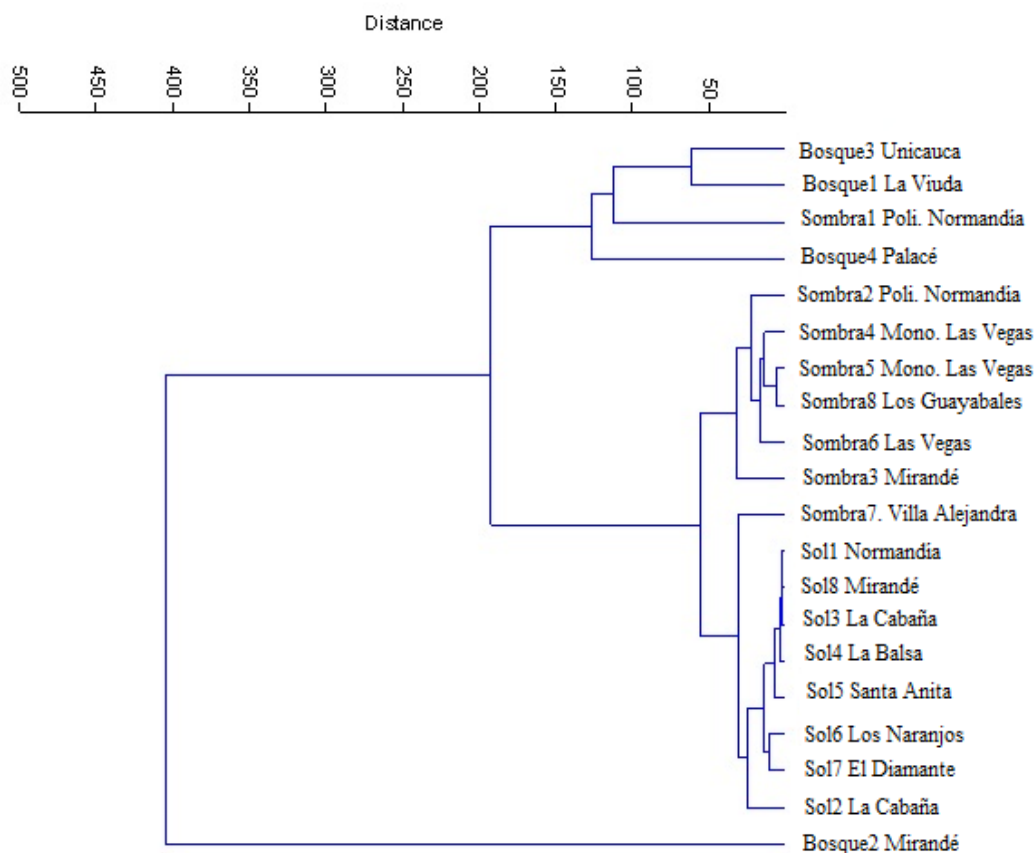


Figura 4. Agrupamiento de los predios en función del índice de las variables empleadas.

Mediante un análisis de componentes principales (ACP) (Figura 5) se determinó que la mayoría de las variables estructurales puestas a prueba estuvieron representadas en el factor uno el cual reúne el 68,16% de la variabilidad, con excepción de la variable altura de cafetos (AC) que se encuentra representada por el factor dos que reúne el 11, 53% de la variabilidad, en total estos dos componentes representan el 79,69% de la variabilidad. Por otro lado, la densidad arbustiva (Da) se encuentra representada equitativamente por los dos

componentes, con un sesgo hacia el componente dos (en este caso se emplearon los datos naturales de cada variable Anexo2.).

Este análisis permitió determinar que la intensificación agrícola (IA), representada por el factor uno, está fuertemente influenciada por la variación estructural vertical y horizontal de la vegetación arbórea, arbustiva y epífita, donde las variables más representativas fueron la densidad de epífitas (DE), densidad arbórea (DA), riqueza de epífitas (RE), riqueza de árboles (RA), cobertura de dosel (CD), altura de arbustos (Aa) y densidad de cafetos (DC), esta última variable relacionada directamente con la ausencia de árboles y/o arbustos y el remplazo por cafetos.

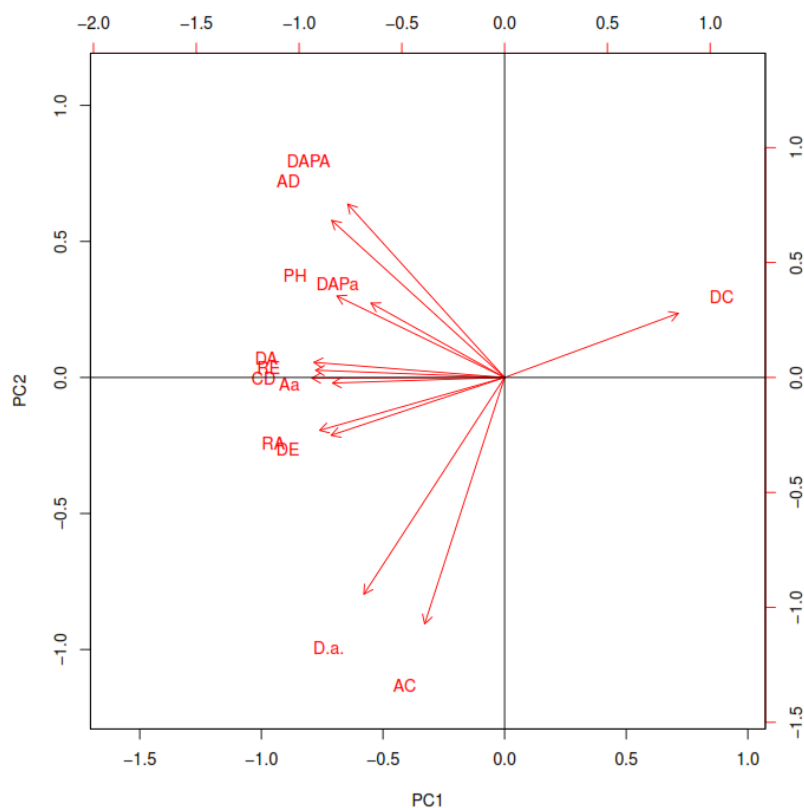


Figura 5. Análisis de componentes principales de las variables de intensificación.

Se graficaron las localidades distribuidas en los dos componentes, se evidenció un gradiente de manejo en función del componente uno. Como se observa en la figura 6, los bosques estuvieron agrupados hacia la izquierda del componente uno, tal como se agruparon las variables que valoraban los cambios estructurales. A diferencia de esto, los cafetales de sol estuvieron opuestos a los bosques, justo donde se localizó la variable que midió la densidad de cafetos (DC), una variable que da cuenta de la intensificación agrícola en los paisajes cafeteros, donde el estrato es principalmente arbustivo. Entre tanto, los cafetales con sombra estuvieron en la mitad de estos dos paisajes, evidenciándose así un gradiente de intensificación agrícola en función de la variación estructural del estrato arbóreo, arbustivo y epífita.

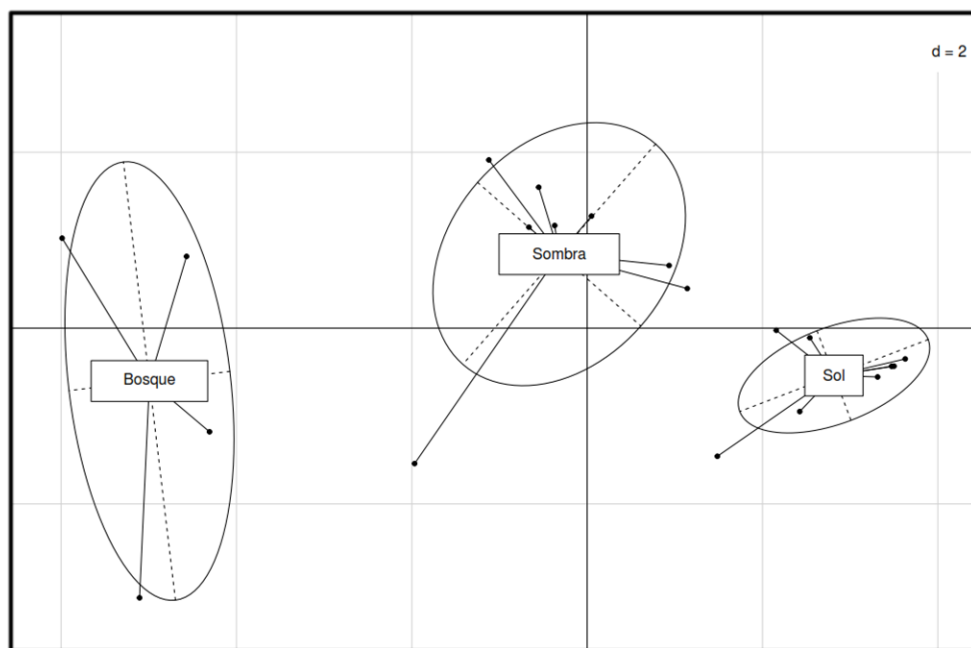


Figura 6. Representación gráfica de los agroecosistemas sobre los dos componentes obtenidos en el ACP.

6.2. Estructura y composición de la flora.

Mediante los diferentes métodos de muestreo en cada parcela, incluida la recolección libre y observación, se obtuvo un listado muy completo de la composición florística que habita en la zona de estudio. El análisis de la composición incluyó todas las localidades, incluidos los lugares adyacentes a los sitios de muestreo donde se hizo la recolección de especies arbóreas, arbustivas, hierbas, epífitas y líquenes. Mientras que los análisis estructurales y de ensamblaje de especies se hizo a partir de los registros realizados las parcelas donde se hizo la medición del índice de intensificación agrícola (IA).

De esta manera, se obtuvo un total de 221 especies conformadas principalmente por el estrato arbóreo (35%), seguido por hierbas (23%), arbustos (14%), líquenes (11%), epífitas (9%), trepadoras (3%), hemiepífitas (2%) y en menor abundancia, palmas, arbustos escandentes y estranguladores que estuvieron representados en igual proporción (1%) (Figura 7) (Anexo1. Listado de flora de La Meseta de Popayán).

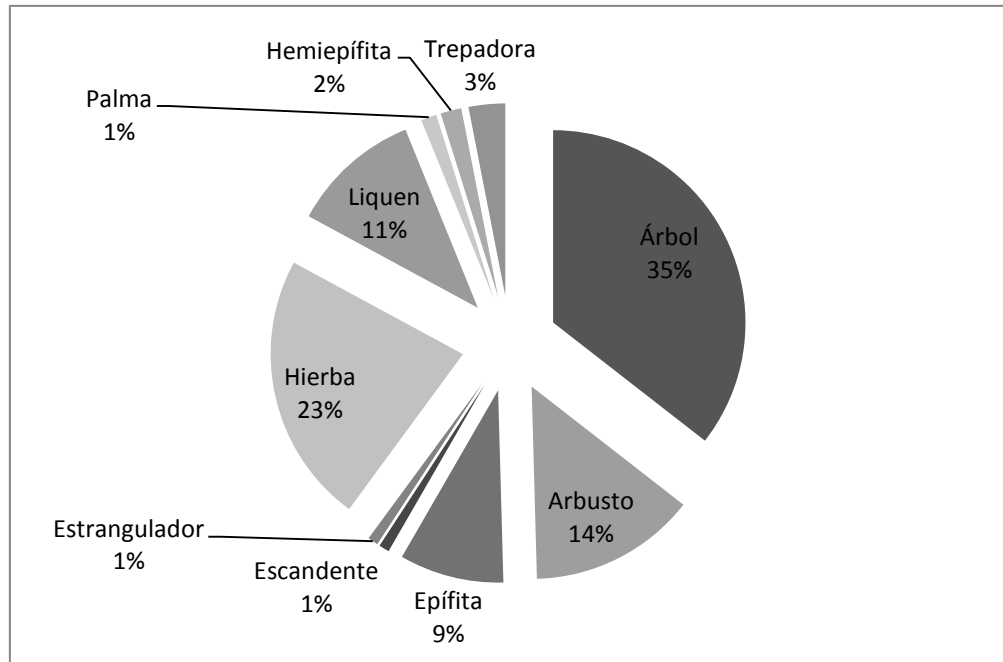


Figura 7. Hábitos de crecimiento de las especies reportadas.

Estas especies se clasificaron en 72 familias, las cuales se encuentran tribuidas en 146 géneros. En La figura 8 se graficaron las familias más representativas en la zona de estudio, donde las principales fueron las Fabaceae con un total de 14 especies, Asterceae con 12 taxones y Orquidaceae con 10 especies. Seguido se ubicó Poaceae y Piperaceae con 9 especies cada una, Rubiaceae y Euphorbiaceae con 8 especies, Lauraceae y Myrtaceae con 7 especies, y finalmente, Araceae, Bromeliaceae, Malvaceae y Solanaceae con 5 taxones cada una. Las familias restantes presentaron entre 1y 4 especies. (El Anexo1 reúne el total de especies registradas en la zona de estudio).

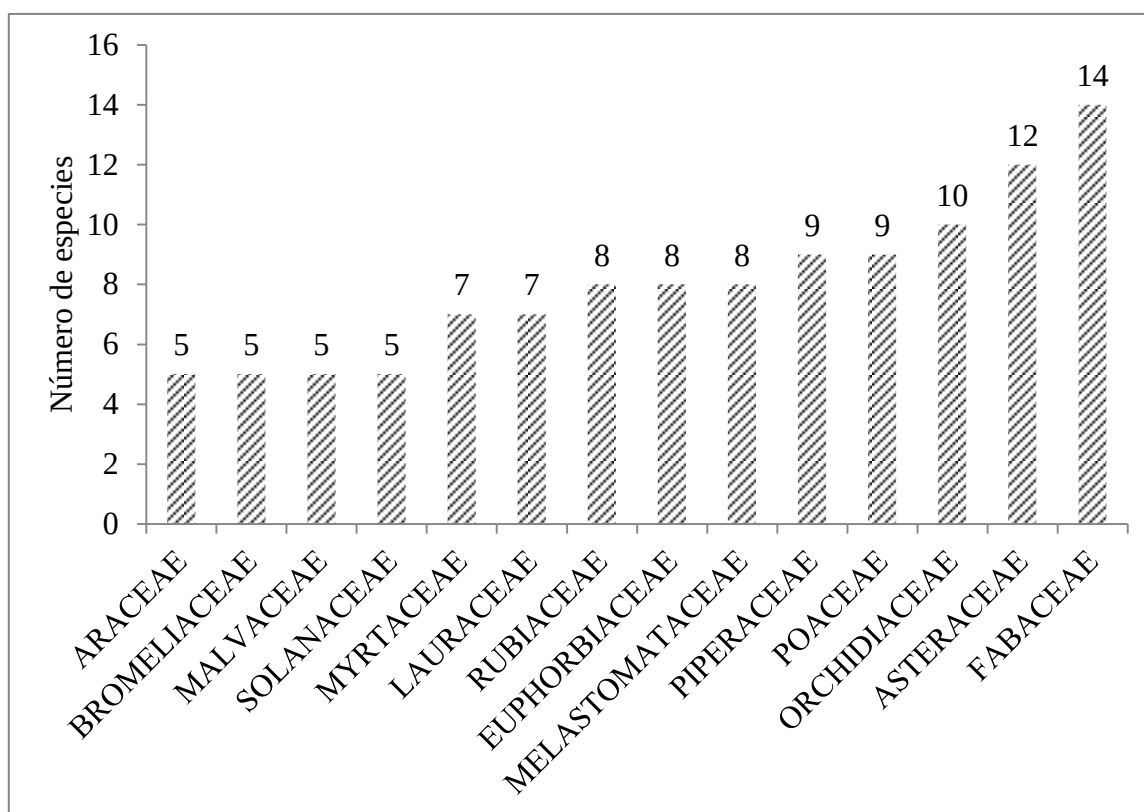


Figura 8. Número de especies registradas en las familias más representativas en la zona de estudio.

En cuanto a los géneros, la mayoría presentaron una o dos especies. Entre los que superaron esta cantidad se encontraron los géneros *Alternanthera*, *Ficus*, *Myrsine*, *Nectandra*, *Peperomia*, *Persea*, *Polypodium*, *Psidium* y *Tillandsia* con tres especies cada uno. Con cuatro especies los taxones *Anthurium*, *Citrus*, *Inga*, *Miconia* y *Musa*. Finalmente, los géneros *Solanum* y *Piper* fueron los más abundantes con cinco y seis especies respectivamente (Figura 9).

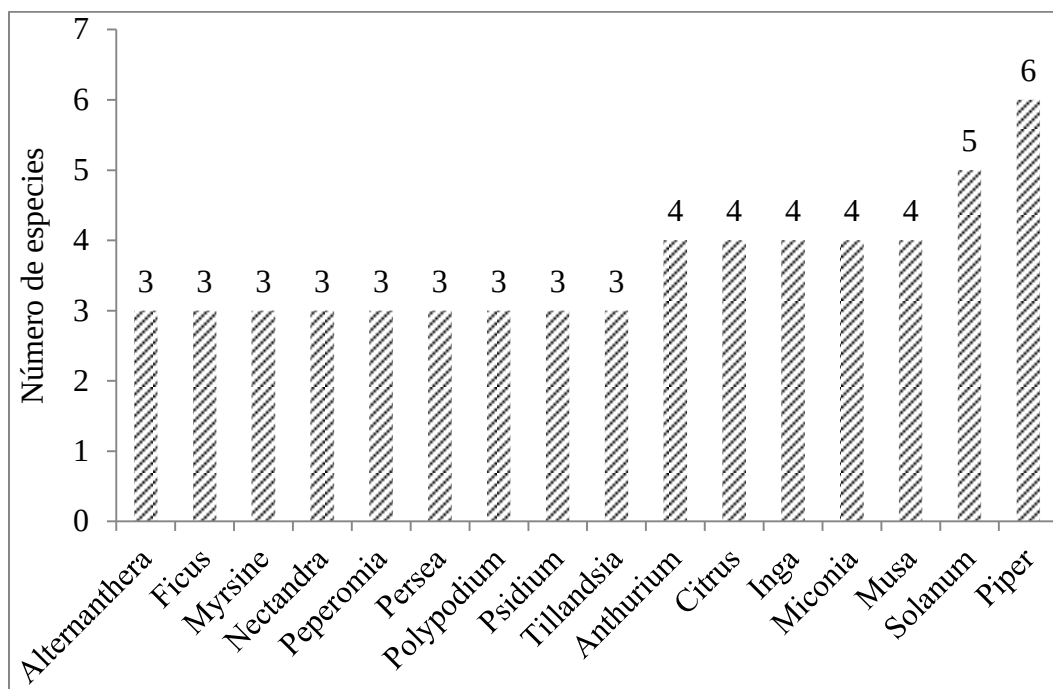


Figura 9. Número de especies registradas en los géneros más representativos en la zona de estudio.

Mediante el Análisis de Escalamiento Multidimensional (NMDS) (Figura 10), se demostró que la flora arbórea de los cafetales con sombra diversificada (SD) obtuvo mayor similitud con las especies de bosque (BOS) que con los cafetales de sombra mono-genérica (SM) y policultivo (SP). Así mismo, los cafetales con SD presentaron mayor similitud con el bosque de la localidad del río Palace, el cual presentó mayor intervención antrópica como se evidenció en la medición del índice de IA.

Por otro lado, los cafetales con sombra mono-genérica (SM) presentaron mayor similitud dado que su estrato arbóreo estuvo conformado principalmente por especies como guamos, frutales (cítricos y aguacates) y algunos árboles nativos. Junto a este grupo se ubicó el

cafetal de semisombra o policultivo (SS), que presentó un sombrío joven con características muy similares a las presentadas por los cafetales con sombrío mono-genérico.

Finalmente, el cafetal con sombra diversificada en policultivo (SP) de la localidad de Mirandé fue diferente de los otros grupos ya que el estrato arbóreo estuvo conformado principalmente por especies introducidas y frutales, además de especies de otros ecosistemas regionales.

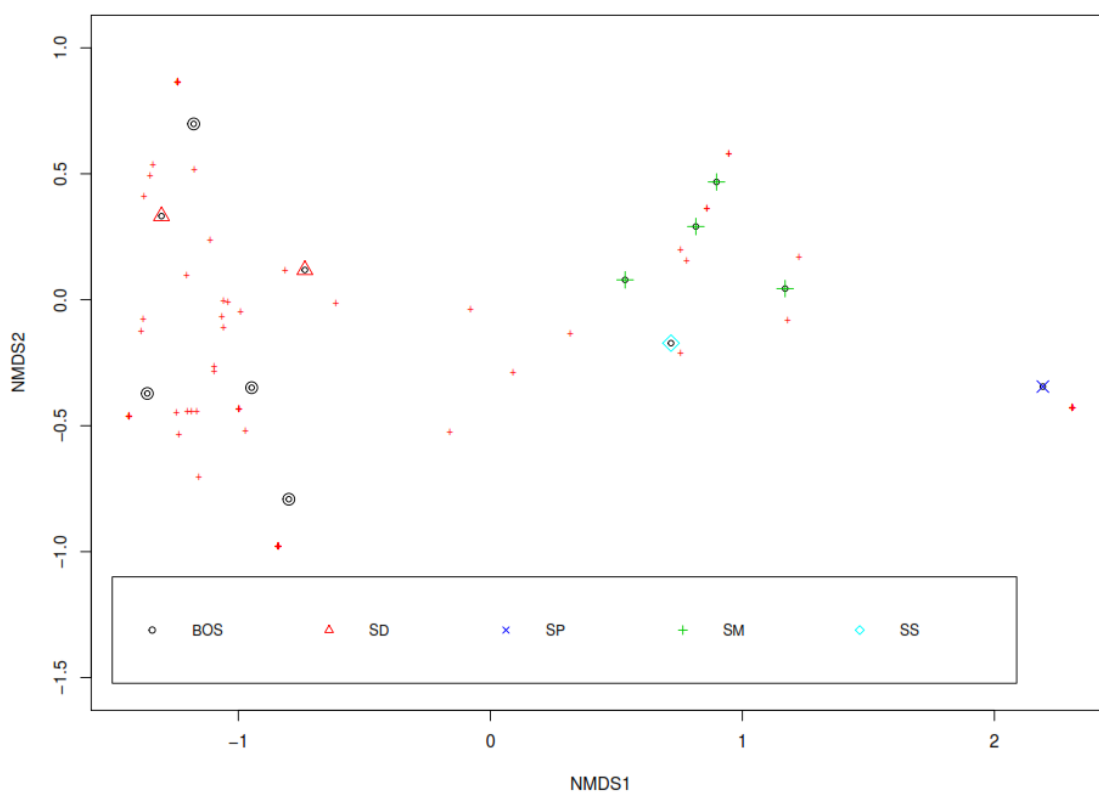


Figura 10. Análisis de escalamiento multidimensional de la flora arbórea reportada en la zona de estudio.

En la figura 11 se graficó el NMDS realizado para las epífitas. En este análisis se obvió la localidad de Villa Alejandra (SS) dado que no fueron registrados individuos en dicho lugar. Se determinó que los bosques (BOS) conservaron semejanza en cuanto a la composición epífita, sin embargo, la diferencia con otros hábitats no fue tan marcada como en el análisis que incluyó solo la flora arbórea. Por otro lado, los cafetales de sombra diversificada (SD) no presentaron similitud entre ellos y se agruparon con los cafetales de sombra monogénica (SM) y con los bosques. Así mismo, los cafetales con SM fueron más heterogéneos entre sí.

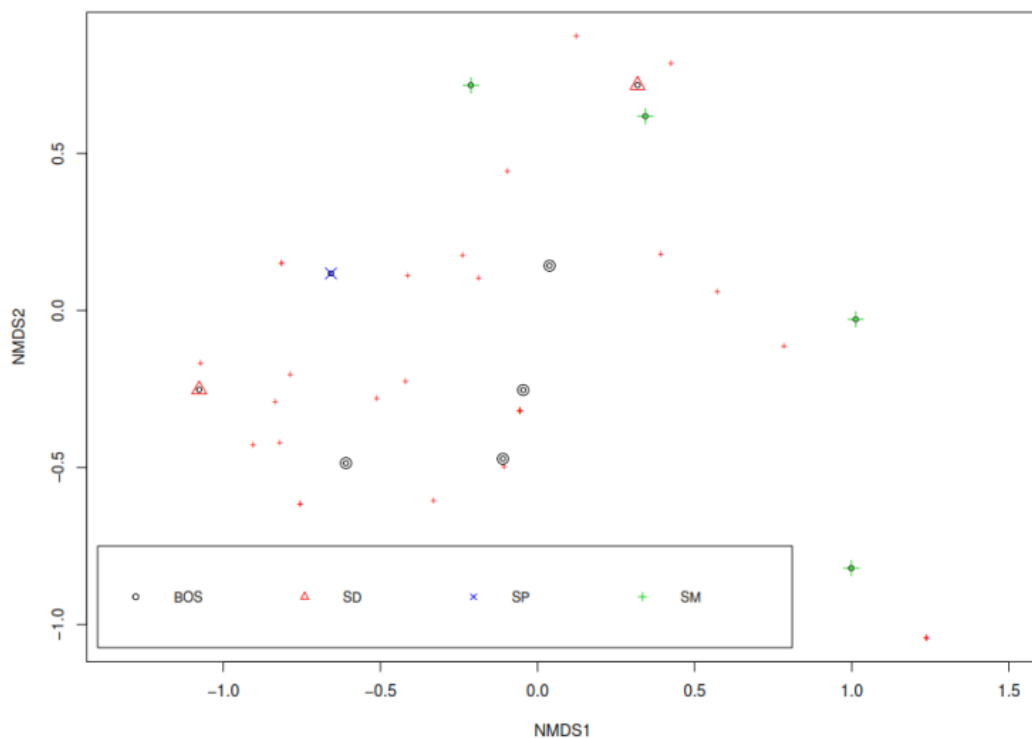


Figura 11. Análisis de escalamiento multidimensional de la flora epífita.

Se realizó un NMDS incluyendo la flora epífita y arbórea (Figura 12). De igual modo que en la figura 10, los bosques estuvieron conformando un solo grupo el cual presentó mayor similitud con los cafetales de SD. Los cafetales de SM fueron homogéneos y la plantación de SP fue independiente de los otros hábitats. En este caso, las diferencias en composición respondieron a la presencia y abundancia de árboles, mientras que las similitudes estuvieron influenciadas por la presencia y abundancia de epifitas en las diferentes localidades.

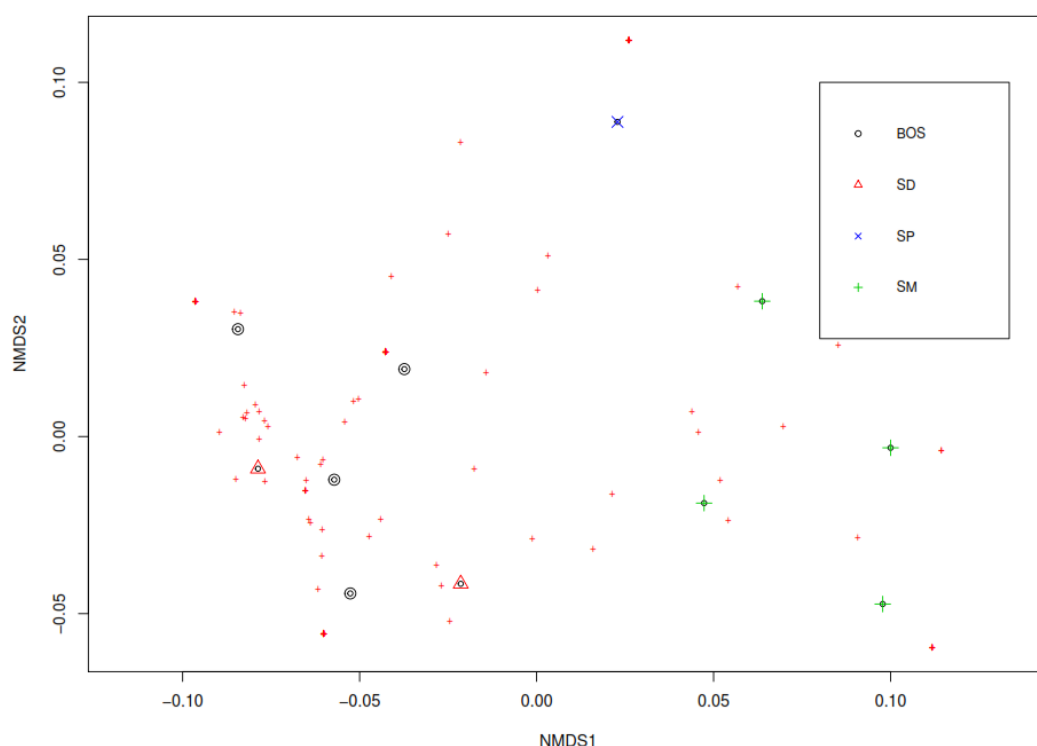


Figura 12. NMDS donde se incluyeron las especies arbóreas y epífitas.

En la figura 13 se graficó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables estructurales relacionadas fuertemente con la medición de la intensificación agrícola (IA),

así, la composición de especies arbóreas explicada por las variables estructurales **es fue** del 69,97%. Así mismo, la densidad de cafetos (DC) estuvo fuertemente relacionada con los sistemas donde hubo una simplificación del sombrero y un remplazo del sotobosque por cafetos, como en los cafetales con sombrero en policultivo y mono-genérico.

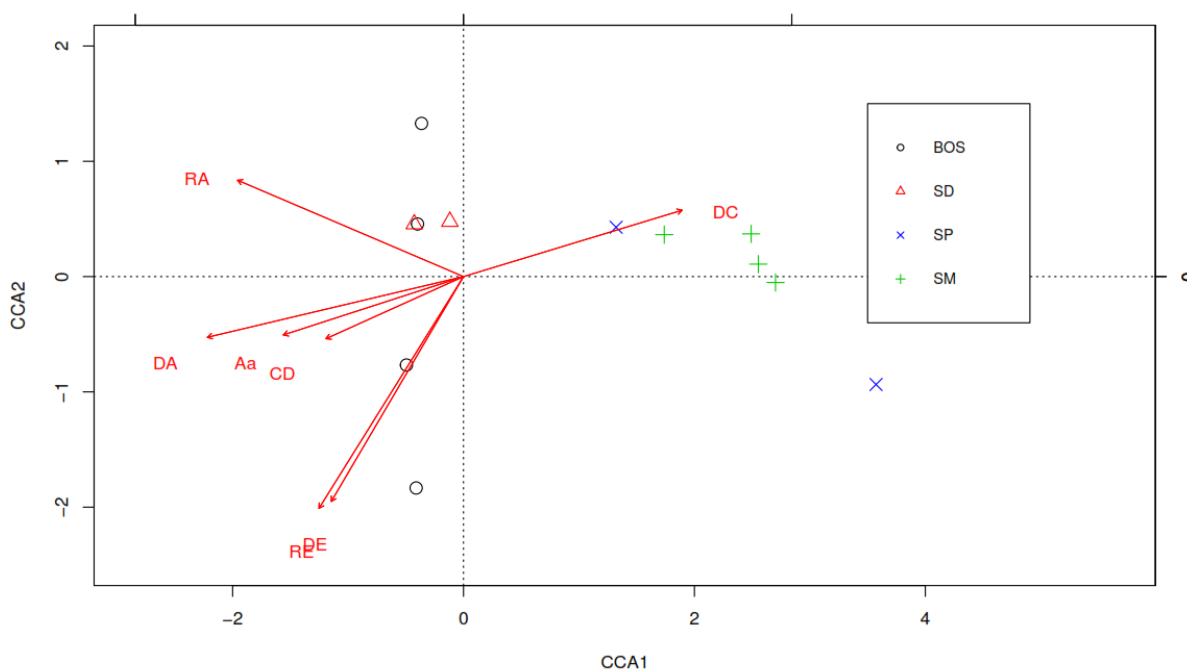


Figura 13. Análisis de Correspondencia Canónica en función de la flora arbórea.

En la figura 14 se graficó el ACC que incluyó los árboles y epífitas, mediante los dos análisis se obtuvo que la variable relacionada con la densidad de cafetos (DC) está fuertemente relacionada con los cafetales homogéneos, donde el sombrero es mono-genérico o con un bajo número de especies.

Mediante este análisis se determinó que la varianza de la composición de especies estuvo explicada por el 69,78% de las variables estructurales. En este caso se evidenció que la

composición de los cafetales de SD y los bosques obtuvieron mayor variación en función de las variables estructurales.

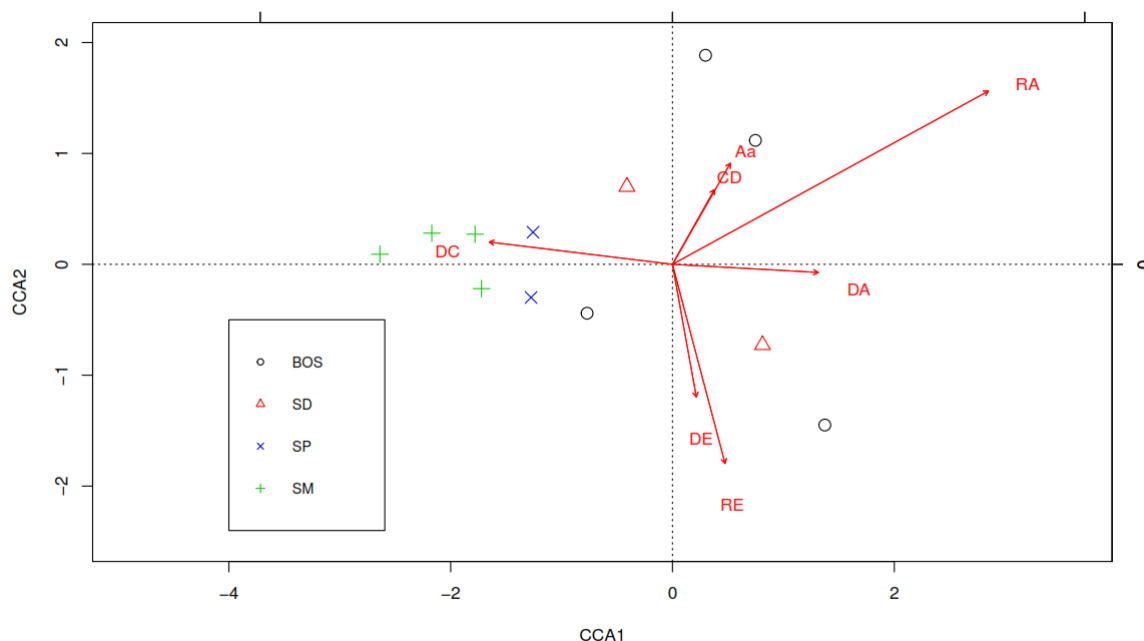


Figura 14. Análisis de correspondencia canónica de la flora arbórea y epífita.

En la tabla 2, se registró el valor porcentual de las especies arbóreas indicadoras en los agroecosistemas con sombrío y los bosques. En términos generales, las especies registradas obtuvieron un valor de especificidad y fidelidad alto, siendo excelentes indicadoras de cada uno de los hábitats donde se registraron. De esta manera, las especies *Lacistema aggregatum*, *Hedyosmum cf bonplandianum* y *Meriania speciosa* fueron típicas de bosque y pueden ser consideradas como especies indicadoras de este hábitat. Por otro lado, *Nectandra linetatifolia* y *Myrcia popayanensis* fueron especies que se encontraron tanto en bosque como en cafetales con Sombra diversificada (SD). Finalmente, las especies *Inga punctata* y *Persea americana* fueron indicadoras en los cafetales con sombra mono-

genérica (SM). Como ya mencionó, en todos los casos los valores del InVal fueron significativos y superaron el 80%, lo cual denota una alta especificidad de estas especies donde fueron registradas, siendo excelentes indicadoras de dichos hábitats.

Tabla 2. Especies indicadoras en la zona de estudio.

Espece	Grupo	A	B	InVal	P-value
<i>Lacistema aggregatum</i>	BOS	1,000	1,000	1,000	0,003
<i>Hedyosmum cf bonplandianum</i>	BOS	1,000	0,750	0,866	0,019
<i>Meriania speciosa</i>	BOS	0,913	0,750	0,828	0,450
<i>Inga punctata</i>	SOM	0,969	1,000	0,984	0,001
<i>Persea americana</i>	SOM	1,000	0,800	0,894	0,027
<i>Nectandra lineatifolia</i>	SOD y BOS	1,000	0,857	0,926	0,021
<i>Myrcia popayanensis</i>	SOD y BOS	1,000	0,714	0,845	0,040

7. Discusión

7.1. Índice de intensificación.

Las variables puestas a prueba en esta investigación estuvieron enfocadas en estudiar la estructura de los agroecosistemas de café teniendo como objeto de estudio la presencia de árboles, arbustos y epífitas, su riqueza y estructura, y estos como fuente de hábitat para otros organismos, que en general, redundan en la diversidad de la fauna asociada como lo sustentan otros estudios (Philpott & Bichier 2012; Valencia *et al.* 2014, Armbrrecht *et al.* 2005).

Es desde este enfoque que se realizó la medición de la intensificación agrícola (IA), ya que la intervención de un paisaje agrícola se encuentra directamente relacionada con la

variación en la estructura de dicho ecosistema, permitiendo medir a una escala fina la intervención antrópica y por tanto, la calidad del hábitat en un lugar (Ruiz-Martinez *et al.* 2015). Por otro lado, la medición de la estructura, vertical y horizontal, y el ensamblaje de la flora arbórea y arbustiva en plantaciones con distintos niveles de sombra han sido poco estudiadas (Valencia *et al.* 2014). La medición de estas variables permitió comparar estructuralmente estas plantaciones con los bosques naturales, acercándose a comprender la similitud de estos paisajes con los ecosistemas naturales y valorar así la importancia de los agroecosistemas de café con sombra en la conservación biológica.

De esta manera, se obtuvo una marcada pérdida de la biodiversidad en función del gradiente de IA como lo han reportado Mas & Dietsch (2004), Perfecto y Vandermeer (2002), y Philpott & Bichier (2012). Esta pérdida de la diversidad se evidenció conforme se simplificó el sombrío de las plantaciones de café, transitando desde agroecosistemas con sombríos diversificados hasta plantaciones con sombra mono-genérica, donde hubo una dominancia del género *Inga*.

Las variables arbóreas fueron fundamentales en la valoración del índice IA, de manera que las fincas que presentaron mayor intensificación agrícola (IA) tuvieron una menor riqueza de árboles, arbustos y epífitas, fundamentalmente en plantaciones con sombríos mono-genéricos, con sombríos en policultivo y sin estrato arbóreo, como los cafetales de sol. Estos resultados son consistentes con otros estudios realizados por Armbrrecht (2003), Mas & Dietsch (2004) y Valencia *et al.* (2014), que reportan en agroecosistemas desprovistos de sombra un mayor grado de intensificación agrícola (IA) por presentar poca estructura, una marcada dominancia de cafetos y poca o casi nula riqueza arbórea.

En términos generales, las plantaciones sin sombrío fueron muy similares en la medición del índice de IA, especialmente las de sombra mono-genérica, ya que las prácticas de manejo y la estructura de las mismas presentaban pocos cambios. Las diferencias entre estas recababan en el manejo de la estructura de los cafetos y en el manejo del sombrío arbóreo. En este sentido, los cafetales que presentaron índices de IA menores se caracterizaron por presentar mayor riqueza de árboles, cafetos de mayor longevidad, por efecto de la medición del grosor de la corteza (DAPa), en la altura de los cafetos que osciló entre dos y cuatro metros (AC) y la densidad de siembra (DC).

En los cafetales de sol con estratos arbustivos de mayor longevidad o menor recambio, obtuvieron valores positivos en variables como diámetro de los cafetos (DAPa), cobertura dosel (CD), altura de cafetos (AC) y abundancia de la hojarasca (PH), que finalmente significaron la disminución del índice de IA, especialmente en la plantación de sol de La Cabaña donde las plantaciones fueron de mayor longevidad afectando positivamente la medición de la IA. Aunque no se realizó una medición de epífitas, los cafetos se caracterizaron por presentar una alta abundancia de *Rodriguezia granadensis* (Lindl.) Rchb.f. (Orchidaceae), esta especie a nivel nacional se encuentra en estado de conservación bajo (Calderon 2007).

Así mismo, en otras plantaciones de sol como las localidades de La Cabaña, Normandía y Los Naranjos, la medición del índice de IA estuvo favorecida por la presencia de cafetos altos y con mayor grosor de la corteza.

En los cafetales con sombra, la medición del índice IA fue menor, donde los cafetales con sombra diversificada y en policultivo fueron los que obtuvieron valores mínimos del índice, específicamente los cafetales de Normandía y Mirandé. Estos resultados son sustentados por Valencia y colegas (2014) quienes obtuvieron mayor diversidad de especies en sistemas de policultivo de café y Armbrecht (2003) que determinó una alta heterogeneidad en sistemas de sombra diversa, así como una similitud de estos con los bosques naturales.

En el caso de Normandía, el sombrío de los cafetales estuvo conformado por especies de bosque nativo que se adaptaron para la siembra de café mediante la entresaca de madera y tala del sotobosque. Así, dichas plantaciones presentaron la mayor riqueza de especies arbóreas autóctonas con respecto a otras plantaciones con sombrío. Estas se caracterizaron por presentar árboles como *Cecropia telealba* Cuatrec. (yarumo), *Inga edulis* Mart. (guamo rabo de mico), *Quercus humboldtii* Bonpl. (roble), *Myrcia popayanensis* Hieron. (arrayán), *Nectandra lineatifolia* (Ruis & Pav.) Mez. (jigua), *Cinnamomum triplinerve* (Ruiz & Pav.) Kosterm. (aguacatillo), *Alchornea latifolia* Sw. (escobo), *Meriania speciosa* (Bonpl.) Naudin. (flor de mayo), *Erythroxylum citrifolium* A. St.-Hill. (coca de monte), *Viburnum cornifolium* Killip & A.C. Sm. y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. (pino pátula), una especie maderable que fue introducida. Las especies registradas en estas dos localidades estuvieron en la mayoría de los bosques y aunque la riqueza arbórea fue similar, la densidad y abundancia de las mismas fue diferente.

Por otro lado, en el cafetal con sombra en policultivo de Mirandé se obtuvo el menor índice de IA de las plantaciones con sombrío. Estos resultados fueron sesgados por la heterogeneidad del sombrío que estuvo conformado principalmente por especies

introducidas de otros ecosistemas, tanto regionales como extranjeros. Entre las especies se resalta la presencia de frutales, principalmente cítricos como *Citrus x limon* (L.) Osbeck. (limón mandarino), *Citrus reticulata* Blanco (mandarina), *I. edulis* (guamo perrero) e *Inga* sp. (guamo) y *Quararibea cordata* (Bonpl) Vischer. (Sapote). También especies forestales como *Jacaranda caucana* Pittier. (gualanday) y *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (samán) que pertenece a bosque seco.

Por otro lado, hubo una alta densidad de *Ricinus communis* L. (higuerilla) que incrementó notablemente la estructura arbórea, esta especie presenta alto riesgo de invasión dada su alta diseminación geográfica y su plasticidad en la colonización de hábitats perturbados (Baptiste *et al.* 2010).

Las plantaciones con sombra nativa de Normadía, fueron bosques naturales que se adaptaron para la siembra de café mientras que en el caso de Mirandé, el sombrío estuvo conformado por la asociación de árboles frutales y especies forestales introducidas de otros ecosistemas locales y extranjeros.

Estas localidades con sombrío diversificado, con plantas nativas o/y especies frutales (policultivos), tienen efectos positivos en la disminución de la medición del índice de IA, ya que la heterogeneidad arbórea afecta positivamente la estructura del agroecosistema, favoreciendo así la riqueza de especies arbóreas, la cobertura del dosel, la diversidad de las epífitas y la estructura vertical y horizontal que en conjunto conllevan a una mejora de la calidad del hábitat, convirtiendo a estos agroecosistemas en excelentes amortiguadores del efecto de borde causado por la fragmentación (Philpott & Dietsch 2003; Valencia *et al.*

2014). En este sentido, estos sistemas de cobertura son de gran importancia en la conservación biológica, ya que las plantaciones con sombrío diversificado se convierten en importantes fuentes de alimento y refugio de la flora, fauna y funcionan como corredores en paisajes fragmentados (Pimentel 1992, Philpott & Bichier 2012).

No obstante, el hecho que un cafetal presente sombrío no implica automáticamente que éste provea beneficios para la conservación biológica. En este estudio encontramos dos casos contrastantes; por un lado, el cafetal con sombra diversificada de Mirandé donde se obtuvo un IA mínimo, sin embargo, las especies establecidas por el agricultor eran frutales, en su mayoría introducidos, también especies forestales de otros ecosistemas regionales y de otros continentes.

Claramente la introducción de otras especies favorece la heterogeneidad del agroecosistema incrementando la biodiversidad y mejorando su estructura como ya lo hemos mencionado. Sin embargo, al introducir especies foráneas se están afectando las relaciones que existen naturalmente entre las especies típicas de estos lugares. Este tipo de plantas no ofrece necesariamente un hábitat para las especies nativas locales e incluso se podría dar la competencia con especies de la región, como se evidenció con la especie *R. communis*, una taxón que es agresivo por su alta plasticidad y rápido crecimiento que le favorece en la competencia por colonizar un área perturbada (Baptiste *et al.* 2010).

En este sentido, es necesario medir en el índice de IA variables enfocadas a evaluar la correspondencia de las especies arbóreas, en cuanto a su distribución geográfica y/o endemismo, sean estas especies asociadas o planeadas, ya que estas podrían ocasionar

alteraciones de las redes tróficas, desaparición de especies, incluso, desequilibrios de las poblacionales que habitan en las comunidades de estos paisajes transformados.

Por otra parte, en las localidades de La Parcelación Las Vegas y Los Guayabales las plantaciones de café presentaron cafetales con sombrío mono-genérico y policultivo, donde la cobertura arbórea estuvo conformada entre cuatro a seis especies, con una marcada dominancia del género *Inga*, Valencia y colegas (2014) mencionan resultados similares en otras localidades. A pesar que especies de este género favorecen la recuperación del suelo y son fuente de frutos para aves (Perfecto *et al.* 2007), no son tan eficientes en la generación de hábitats naturales, ya que la abundancia de las mismas tiende a homogenizar el paisaje originando una pérdida de la heterogeneidad florística, tanto arbórea como epífita, pues en este grupo hubo una presencia mínima de epífitas.

La mayoría de cafetales con sombra mono-genérica estuvieron alejados de representar un bosque natural, pues la riqueza arbórea fue muy baja y predominaron especies introducidas como cítricos, mencionados anteriormente, y especies del género *Inga*, entre los que se destacan *I. edulis* (guamo perrero), *Inga* cf. *acreana* Harms (guamo machete), *I. punctata* (guama) e *Inga* sp.

De esta manera, las prácticas culturales sobre el estrato arbóreo son fundamentales en el manejo de la biodiversidad y puede tener efectos positivos o negativos, según sea el caso. La simplificación del paisaje ocasiona una pérdida de la biodiversidad asociada (Mas & Dietsch 2004), mientras que los cafetales con sombra diversificada favorecen la flora asociada y por tanto, incrementan la fauna asociada al agroecosistema (Philpott & Bichier

2012; Valencia *et al.* 2014). Incluso, estudios realizados por Perfecto y colegas (2007) han demostrado que algunos agroecosistemas de café con sombra diversificada se solapan con los sitios de mayor diversidad en el mundo.

Como ya lo mencionamos, la presencia de sombrío no es un indicativo a priori del valor de conservación de determinados paisajes agrícolas, pues la sombra puede ser de varios tipos: mono-genérica, donde la diversidad de especies es baja, generalmente guamos (*Inga*.).

Policultivos, caracterizada por presentar en su mayoría especies de uso frutal y en algunos casos, flora introducida de otros ecosistemas nativos y ecosistemas extranjeros. Finalmente, pueden ser sombríos diversificados conformados por especies introducidas, en tanto esto sea así, dicho agroecosistema no ofrece un valor de conservación a nivel regional, ya que lo ideal es la conservación especies nativas que son arboles percha que facilitan la diseminación de flora nativa a nivel local (Philpott & Bichier 2012), contribuyendo así con la conservación de la flora nativa a nivel regional (López-Gómez *et al.* 2008).

En nuestro estudio, al igual que López-Gómez y colegas (2008), se determinó que las especies vegetales dominantes en estos paisajes eran nativas y en términos generales, pioneras, ya que están habitando en sistemas con alto grado de intervención, tanto en bosque como en los cafetales, donde constantemente se están realizando cambios mediante las prácticas de manejo. Las especies arbóreas dominantes en los cafetales de sombra no presentan un alto grado de amenaza, dada la estabilidad de sus poblaciones y su plasticidad fenotípica y el éxito para colonizar espacios transformados. Estas especies también se destacan porque son muy importantes como fuente de hábitat y contribuyen con la conservación de flora nativa a nivel regional (López-Gómez *et al.* 2008).

El Análisis de Componentes Principales permitió visualizar la importancia de la presencia de árboles, la cobertura del dosel, su altura, pero además la riqueza de árboles como componentes determinantes en la configuración del hábitat en agroecosistemas cafeteros. En este caso, los árboles constituyen la mayor parte de la estructura del hábitat y también proveen funciones como lluvia de hojarasca, amortiguación de cambios extremos en la temperatura, además de ser fuente de hábitat para que otros organismos como aves locales (Mas y Diestch 2004; López-Gómez *et al.* 2008) y migratorias (Bakermans *et al.* 2009), epífitas (Goodall *et al.* 2014), líquenes (Meneses & Escandón, datos no publicados), insectos (Perfecto & Armbrrecht 2002), ranas y micos (López-Gómez *et al.* 2008) y mamíferos (Valencia *et al.* 2014).

En este sentido, dichos agroecosistemas con sombrero son de gran importancia en la conservación biológica (Valencia 2014) y la medición de componentes arbóreos, arbustivos y epífitos nos permiten valorar la oferta de funciones ecológicas y los servicios ambientales que ofrecen dichos paisajes (López-Gómez *et al.* 2008; Valencia *et al.* 2014). Estos pueden ser importantes en la recuperación funciones ecosistémicas como reservorio de materia orgánica, regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, producción de oxígeno, reservorio de genes (Perfecto *et al.* 1995; Valencia *et al.* 2014), plantas alimenticias, medicinales, madereras y combustibles, polinización (Hoehn *et al.* 2010), reciclaje de nutrientes, preservación del suelo y sostenimiento de la productividad a largo plazo (López-Gómez *et al.* 2007).

7.2. Flora en la zona de estudio

En el muestreo por parcelas, en cafetales con sombra y bosques, se reportó un total de 75 especies de árboles. Al igual que estudios reportados por López-Gómez *et al.* (2008), las familias más representativas fueron Fabaceae, Orchidaceae y Solanaceae, en estos sistemas las leguminosas son muy importantes en el uso agrícola, ya que son usadas como sombrío además de ser alternadas en el cultivo como fuente de abonos verdes o para la recuperación del suelo ya que se asocian con bacterias nitrificantes.

La diversidad alfa en este paisaje varió entre fincas, como se evidenció en los resultados el número de especies cambió de acuerdo al manejo cultural que se hacía en las finca, dicha diversificación estuvo en función de la heterogeneidad de las fincas, especialmente donde el sombrío estaba conformado por flora autóctona, presentaron una riqueza de especies mayor, que incluso se solapan con la vegetación arbórea reportada en los bosques. De hecho, se resalta que el bosque con mayor intervención, en río Palacé, presentó mayor similitud en composición con los cafetales de sombra diversificada.

Es preciso resaltar que las especies reportadas en la zona de estudio, con algunas excepciones, correspondieron al gremio de las heliófilas. Dicho grupo se caracteriza por soportar alta luminosidad y ser eficientes en la colonización de hábitats transformados (Sánchez *et al.* 2007)

Dentro de este gremio podemos encontrar las heliófilas efímeras (HE), que son de rápido crecimiento, de ciclo de vida corto y soportan alta luminosidad durante toda su vida, casi todas son dispersadas por el viento, producen abundantes semillas y colonizan claros que se

forman en los bosques, también conocidas como el gremio de especies pioneras (Finegan 1996).

En la zona de estudio se reportó un alto número de especies que pueden ser incluidas en este gremio, tal es el caso de taxones registrados en los agroecosistemas de café y en los bosques con mayor intervención, como el bosque contiguo al río Palace. Dada la naturaleza de este grupo, la mayoría de los individuos fueron registrados fuera de las parcelas, en potreros, borde de bosque, claros al interior de bosque, zonas con alto grado de disturbio, vías de acceso y en barrancos.

Entre estos, se registró a *Montanoa quadrangularis* Sch. Bip. (arboloco), un árbol de rápido crecimiento, con tallo mediano y de alturas superiores a los 10m, que se ha empleado en procesos de recuperación por efectos de la deforestación y erosión (Tamayo-Rincón *et al.* 2010), como cercos vivos, en programas de enriquecimiento en áreas degradadas y borde de bosque, así mismo, se ha reportado un importante valor de esta especie en la construcción y cercos.

Baccharis pedunculata (Mill.) Cabrera. (Chilca), un arbusto que se encuentra formando poblaciones densas en áreas con alto grado de disturbio, en suelo ácidos muy erosionados y muy eficientes en la colonización de áreas con alto grado de disturbio, fue la especie que se encontró en la mayor parte de la zona de estudio, especialmente en los de más intervenidos, dicha especie pertenece a la familia de las Asteraceae la cual aporta un alto número de especies pioneras.

Así mismo, Louman y autores (1991) mencionan un grupo de géneros que se clasifican como HE y aportan un amplio número de especies pioneras, entre estas encontramos las especies *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Balso negro), una especie pionera típica de la sucesión temprana que alcanza altas dimensiones en altura y grosor. Así mismo, *Heliocarpus cf. americanus*, (Balso blanco) que estuvo habitando al interior de los bosques y en claros adyacentes a los cafetales. *Trema micrantha* (L) Blume. (cagalero), una especie típica de zonas disturbadas, Muñiz (2008) menciona que el tejido de esta especie posee sustancias que evitan la herbívora, previniendo la depredación de plántulas y garantizando así un establecimiento más efectivo. Finalmente, *C. telealba*, una especie que es muy importante en la colonización de claros al interior de bosque.

Vismia baccifera (L.) Planch & Triana (mandur), esta es una especie de borde, también se observa en zonas abiertas, en caminos y carreteras, es importante fuente de frutos para las aves y es considerada como una especie que se adapta fácilmente y de rápido crecimiento, ideal para enriquecimiento en etapas tempranas de la sucesión, también en el establecimiento de cercos vivos (Higueta *et al.* 2014).

De igual modo, se resalta la presencia de especies arbustivas como *Piper hispidum* Sw. (cordoncillo), *Piper cf. aduncum* L (cordoncillo), *Solanum umbellatum* Mill. (pepo), *Solanum cf. deflexiflorum* Bitter., *Siparuna aspera* (Ruiz & Pav.) A. DC., *Clidemia ciliata* Pav. ex D. Don (mortiño), *Bocconia frutescens* L. (trompeto), especies frecuentes en zonas abiertas con alta incidencia de luz, borde de bosque, en vaguadas y bosques de galería. Por otro lado, al interior de bosque se encontró *Ardisia* sp Sw., y *Psychotria* L., entre otras.

Otras especies que cumplen con estas funciones pertenecen a la familia Myrsinaceae, dichos taxones presentan una alta plasticidad al colonizar zonas degradadas, también claros y borde de bosque. Entre estas, *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze (cucharero) es una especie pionera que favorece la germinación y supervivencia de especies que no logran llegar a pastizales abiertos (Esquivel & Calle 2002). Así mismo, *Myrsine latifolia* (Ruiz & Pav.) Spreng. (cucharero) es una especie con morfología y ecología semejante a *M. guianensis* y que eventualmente podría cumplir con las mismas funciones. Por último, *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. (espadero), aunque no ha sido reportada su utilidad en la recuperación de áreas degradadas, es evidente el potencial de esta especie en la colonización espacios con algún grado de disturbio, ya que es común encontrarla creciendo en claros, bordes de bosque, aislada en potreros o en cafetales.

Otro grupo de especies se clasificaron en el gremio de las heliófilas de larga duración (HD), que se caracterizan por requerir sombra al inicio de su ciclo de vida y alta luminosidad en las últimas etapas de desarrollo cuando alcanzan el dosel, estas suelen ser de diámetro y altura superiores a las HE y son consideradas como especies de dosel o emergentes, también pueden regenerarse en claros más pequeños al interior de bosque. La mayoría de las especies maderables de uso comercial pertenecen a este grupo (Finegan, 1996).

Se encontró un grupo grande de especies pertenecientes a cuales grupos o solo te refieres a las HD, principalmente en bosques y cafetales con sombra diversificada. Dichas especies podrían ser útiles en la diseminación de especies empleadas en el enriquecimiento de áreas en estados sucesionales tardíos, con cobertura arbustiva o en matorrales bajos a altos. En este grupo se resalta la presencia de árboles como *Saurauia* cf. *brachybotrys* Turcz

(Dulumoco), que estuvo asociada a los bosques de galería y riachuelos, generalmente en lugares con alto grado de humedad, importante fuente de frutos para la avifauna. Asimismo, *Oreopanax* sp. Decne. & Planch. (manodioso) con una alta presencia en los bordes de los bosques, rara vez al interior.

Hedyosmum cf. *bonplandianum* Kunt (silbador), una especie de borde, común en claros al interior de bosque, con alturas superiores a los 15m, muy importante por su aporte en frutos para las aves, de igual modo *A. latifolia* un árbol que alcanzó los 15m de altura, con abundantes frutos, se registró en la mayoría de las localidades. Fue una especie frecuente en paisajes intervenidos y en bosques secundarios.

Otras especies como *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze. (Manzanillo), se establece fácilmente en suelos deficientes de nutrientes, tiende a formar poblaciones homogéneas y pueden afectar a las personas causando alergia. *Banara guianensis* Aubl y *Lacistema aggregatum* (P.J. Bergius) Rusby. (café de monte) fueron arboles muy frecuentes al interior y en borde de bosque y en bosques de galería. Esta última especie se caracteriza por presentar abundantes frutos a lo largo del año que son consumidos por aves.

Una de las especies más representativa en la zona de estudio fue *N. lineatifolia*, tuvo una presencia considerable en bosques y cafetales con sombra diversificada, Esquivel & Calle (2002) mencionan que esta especie es importante en la generación de micro hábitats para el establecimiento de otras especies y presenta gran potencial en la restauración de pastizales. Otras especies de las Lauraceae como *C. triplinerve* y *Persea* cf. *caerulea* (Ruiz & Pav.) podrían cumplir funciones similares a las de *N. lineatifolia*, pues ofertan frutos y habitan

comúnmente en borde e interior de bosque, también en bosques ribereños al igual que *Ladenbergia oblongifolia* (Humb ex Mutis) L. Andersson (cascarillo).

Entre tanto, especies como *Syzygium jambos* (L.) Alston. (pomarroso) y *M. popayanensis* fueron muy representativas, *S. jambos* fue dominante en los bosques de Mirandé y Unicauca, mientras que *M. popayanensis* estuvo presente la mayoría de las localidades muestreadas.

Entre otras especies, no tan frecuentes, importantes por su aporte en frutos y de origen autóctono, las cuales solo fueron observadas en bosques y cafetales con sombra diversa: *E. citrifolium*, *Tetrorchidium* cf. *euryphyllum* Standl y *Calliandra trinervia* Benth. (carbonero rojo).

Finalmente, y no menos importante, se registró un rodal de *Q. humboldtii* en el bosque uno de Normandía y dos individuos de dicha especie en el cafetal con sombra diversificada uno de la misma localidad. Esta especie pertenece al gremio de las esciófilas, las cuales son intolerantes a la sombra en sus primeras etapas de desarrollo y con altos requerimientos en la culminación de su ciclo de vida, generalmente son especies de dosel, de maderas duras y finas dado su lento desarrollo, consideradas como especies clímax (Louman *et al.* 2001)

Q. humboldtii es casi que exclusiva de Colombia, se distribuye a lo largo de las regiones montañosas, entre los 1000 y 3000m de altitud. Su madera es muy fina, es empleada en la construcción, en carrocerías y su uso data desde el siglo XIX. Dado su amplio uso, ha sido categorizada en el libro rojos de árboles maderables como vulnerable (VU A2cd) ya que, según las corporaciones, sus poblaciones se han visto reducidas en más del 42%.

Actualmente existen poblaciones naturales en distintos parques y santuarios naturales del país (Salinas & Cárdenas 2007).

7.3. Flora epífita

En este grupo se encontró un amplio número de especies de orquídeas, una familia emblemática en nuestro país y en el mundo por su uso en la ornamentación. Además de las interesantes relaciones específicas que presentan estas con los insectos y con las micorrizas.

Como era de esperarse, la riqueza de este grupo estuvo concentrada en los bosques con mejor estado de conservación, en su orden, Normandía, Mirandé y Unicauca. Dada una marcada explotación de estas especies, la familia presenta un amplio número de especies reportadas en los libros rojos de Colombia, tal es el caso de *Bifrenaria racemosa* (Hook.) Lindl. *R. granadensis* y *Rodriguezia lanceolata* Ruiz & Pav. reportadas por la UICN en categoría de preocupación menor (LC). También se encontraron especies del género *Pleurothallis* R. Br., *Epidendrum peperomia* Rchb.f. y otras especies de *Epidendrum* L. y *Stelis* S.w.

Entre las bromelias se reportaron *Tillandsia fendleri* Griseb, *Tillandsia elongata* Kunth., y *Aechmea angustifolia* Poepp. & Endl., catalogadas en estado de preocupación menor (LC). Por otro lado, *Tillandsia racemosa* Urb. Así mismo, se reportó un alto número de especies pertenecientes al género *Polypodium* y *Peperomia*.

7.4. Flora arvense

Entre las hierbas se encontraron especies generalistas que son muy frecuentes en hábitats degradados, así mismo estas fueron las más abundantes en los cafetales estudiados. Entre ellas se destaca la presencia de *Furcraea cabuya*, *Alternanthera sessilis*, *Galinsoga quadriradiata*, *Bidens pilosa*, *Taraxacum officinale*, *Sonchus oleraceus*, *Emilia* cf. *fosbergii*, *Impatiens walleriana*, *Commelina diffusa*, *Rhynchospora colorata*, *Pteridium aquilinum*, *Mimosa albida*, *Hypoxis decumbens*, *Sida rhombifolia*, *Arachis pintoii*, *Waltheria indica*, *Phyllanthus* cf. *acuminatus*, *Plantago major*, *Rumex obtusifolius*, *Coccocypselum lanceolatum*, *Lantana camara*

Entre los pastos lo más representativos fueron *Digitaria horizontalis*, *Oplismenus burmannii*, *Brachiaria decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Guadua angustifolia*, *Cynodon dactylon*.

7.5. Flora líquénica

Estas especies se encontraron asociadas a los cafetales, siendo muy abundantes en los lugares con mayor exposición al sol. Entre estas se reportan *Herpothallon rubrocinctum*, *Cladonia didyma*, *Coccocarpia palmicola*, *Coenogonium* sp., *Leptogium phyllocarpum*, *Glyphis cicatricosa*, *Graphis* cf. *elegans*, *Lobaria peltigera*, *Sticta*, *Pseudocyphellaria* sp., *Pannaria andina*, *Hypotrachyna* sp., *Usnea* sp., *Parmotrema* sp., *Heterodermia* cf. *galactophylla*.

8. Conclusiones

Los cafetales con sombra tienen un alto potencial en la conservación biológica ya que los árboles son determinantes en la configuración del hábitat y más en los agroecosistemas cafeteros. La medición de variables estructurales en los ecosistemas o agroecosistemas es fundamental en la medición de la IA, ya que estas variables dan cuenta de la intervención antrópica y son las que permiten evaluar la similitud entre estos paisajes con los bosques naturales.

El hecho de que una plantación de café contenga árboles no significa automáticamente una mejora en la calidad del hábitat, ni un incremento en el valor de conservación, se debe promover el enriquecimiento con especies vulnerables y especies nativas, contribuyendo a incrementar la heterogeneidad del paisaje a escala regional. Las plantaciones de café con sombrío diversificado nativo pueden funcionar como fuente plántulas en procesos de restauración, gracias a la presencia de árboles percha que facilitan la diseminación y establecimiento de especies arbóreas o arbustivas adyacentes.

9. Literatura Citada

- Alcázar, C., Díaz, S. L., Salgado, B. E. & Ramírez, B., 2002.- Estructura y composición de un relicto de bosque subandino, Popayán, Colombia. La Botánica del nuevo Milenio: Memorias del tercer congreso ecuatoriano de Botánica, Quito.
- Armbrecht, I. 2003. Habitat changes in Colombian coffee farms under increasing management intensification. *Endangered Species Update*, Special Issue on Agroecology 20(4-5):163-178.
- Armbrecht, I., L. Rivera & I. Perfecto 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology* 19(3):897-907.
- Bakermans, M. H., A. C. Vitz, A. D. Rodewald & C. G. Rengifo. 2009. Migratory songbird use of shade coffee in the Venezuelan Andes with implications for conservation of cerulean warbler. Elsevier. *Biological conservation*. 142:2476-2483.
- Baptiste M. P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D. L. y Lasso C.A. . 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 200 p.
- Cenicafé. 1987. Descripción de malezas en plantaciones de café. Chinchiná, Colombia. Cenicafé, 481p.

- Cepeda-Valencia, J., D. Gómez & C. Nicholls. 2014. La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura ecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología* 40(2):241-250.
- Cepeda - Valencia J (2015): Arvenses y árboles asociados a cafetales de Cundinamarca. v3.0. Universidad Nacional de Colombia. Dataset/Occurrence.
<http://doi.org/10.15472/mkkozq>
- Colciencias, 1999. "Ciencias del Medio Ambiente y del Hábitat". Plan estratégico 1999-2004. programas nacionales de ciencia y tecnología. Bogotá, Colombia.
- Cruz-Angón, A. & R. Greenberg. 2005. Are epiphytes important for birds in coffee plantation? An experimental assessment. *British ecological society*. Vol. 42, No. 1:150-159.
- Espinal, L. S. 1967. Apuntes sobre Ecología Colombiana. Universidad del Valle. Depto. de Biología. Cali.
- Federación nacional de cafeteros de Colombia. 2013. Comportamiento de la industria cafetera Colombiana 2013. Boletín informativo.
- Fonseca, L. A. 2003. Colombia: escenario social, económico e institucional de la actual crisis cafetera. Oficina CEPAL en Colombia. Bogotá.
- Finegan. B. 1992. The management potential of Neotropical secondary lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* 47: 295-321.

- Fischersworing, H. B. & Roßkamp, R. R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. Editorial López. Popayán. (3) 2-148.
- Gallego-Ropero, M. C. 2005. Intensidad de manejo del agroecosistema de café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de especies de hormigas generalistas. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 6(2):16-29.
- Gentry, A.H., 1982. "Neotropical Floristic Diversity: Phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuation, or an accident of the Andean Orogeny?". *Annals Missouri Botanical Garden*.
- Guhl, A. 2009. Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de estudios sociales*. Bogotá. (32):114-115.
- Hoehn, P., I. Steffan-Dewenter & T. Tscharntke. 2010. Relative contribution of agroforestry, rainforest and openland to local and regional bee diversity. Springer. *Biodiversity and conservation*. 19:2189-2200.
- Jha, S., C. M. Bacon, S. M. Philpott, R. A. Rice, V. Ernesto Méndez & P. Läderach. 2011. A review of ecosystem services, farmer livelihoods, and value chains in shade coffee agroecosystems. Pages 141- 208 In W.B. Campbell & S. López Ortiz (eds.). Integrating agriculture, conservation and ecotourism: examples from the field. Issues in Agroecology – present status and future prospects I. DOI 10.1007/978-94-007-1309-3_4, © Springer Science-Business Media B.Y.

- Jha, S., C. M. Bacon, S. M. Philpott, V. E. Méndez, P. Läderach & A. R. Rice. 2014. Shade coffee: Update on a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 64(5) 416-428.
- Kattan, G. K. 2003. Bosques Andinos y Subandinos del Departamento del Valle del Cauca. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA-CVC. *Wildlife Conservation Society*. Santiago de Cali.
- López-Gómez, A., G. Williams-Linera & R. H. Manson. 2008. Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, Mexico. *ScienceDirect. Agriculture, Ecosystems and Environment*. 124: 160-172
- Lozada, S. A., Pinzon & J, Cantillo. 2005. Diseño metodológico de restauración de la reserva forestal Carpatos Guasca. Cundinamarca Colombia. (En Línea). Cuba. ISBN 959-250-156-4. Disponible en: www.dama.gov.co.
- Lovell, S. T. 2012. Agroecology Review. *The Berkshire Encyclopedia of Sustainability: Ecosystem Management and Sustainability*. Pp.11-15.
- Martins, S., M. Käffer & A. Lemos. 2008. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrica, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 35: 425–433.
- Mas, A. & T. Dietsch. 2003. An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecological Applications*. 13(5): 1491-1501.

- Mas, A.H. & Dietsch, T. V. 2004. Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, Mexico. *Ecological application*, vol. 14. No. 3:642-654.
- Matson, P.A., Parton, W. J, Power, A. G, & Swift, M. J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*. 277: 504-508.
- Moguel, P. & V. M. Toledo. 1999. Biodiversity and conservation in traditional coffee system Mexico. *Conservation biology*. 13:1-12.
- Monro, A., D. Alexander, J. Reyes, M. Renderos & N. Ventura. 2002. Arboles de los cafetales de El Salvador. Darwin Initiative Project 162/8/150. El Salvador, Tecnoimpresos S.A. ISBN 0565091700
- Municipio de Popayán., 2000.- Plan de ordenamiento territorial. Documento técnico, Componente ambiental.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Perfecto, I. and Snelling, R. (1995). Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, 5, 1084-1097.
- Perfecto I. & I. Armbrrecht. 2002. The coffee agroecosystem in the Neotropics: combining ecological and economics goals. *Tropical agroecosystems* (ed. Vandermeer), pp. 159-194.

- Perfecto I. & J. Vandermeer. 2002. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. Wiley. *Society for conservation biology*. 16 (1):174-182.
- Perfecto, I., R. A. Rice, R. Greenberg, & M. E. Van der Voort, M. E. 1999. Shade of coffee: a disappearing refuges for biodiversity. *Bioscience* 46:598-608.
- Perfecto, I., I. Armbrecht, S. M. Philpott, L. Soto-Pinto & T. V. Dietsch. 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. Tschardtke T, Leuschner C, Zeller M, Guhardja E, Bidin A (eds), *The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation*, Springer Verlag Berlin. Pp. 227-263.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, & A. Wright. 2009. *Nature's Matrix - Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty*, London.
- Philpott S. M. & T. Dietsch. 2003. Coffee and conservation: A Global context and the value of farmer involvement. Wiley. *Society for Conservation Biology* 117(6): 1844-1846.
- Philpott, S. M. & P. Bichier. 2012. Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. Elsevier. *Agriculture, ecosystems and environment*. 149:171-180.

- Pimentel, D., U. Stachow, D. A. Takacs, H. W. Brubaker, A. R. Dumas, J. J. Meaney, J. A. S. O'Neil, D. E. Onsi & D. B. Corzilius. 1992. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience*. 42 (5): 354-362.
- Ramírez-Chavez. H. E., Pérez. W & Ramírez-Mosquera. 2008. Mamíferos presentes en el municipio de Popayán, Cauca-Colombia. Boletín científico centro de museos museo de historia natural. Vol 12. Pp 65-89.
- Rice, R. 2003. Coffee production in a time of crisis: social and environmental connections. Winter-Springer.SAIS review. 23(1):221-245.
- Ruiz-Martinez. I., Marraccini. E., Debolini. M & Bonari E. 2015. Indicators of agricultural intensity and intensification: a review of the literature. Pagepress. Italian Journal of Agronomy. (10) 656. Pp. 74-86.
- Sánchez, S. O., Gerald, A. I & Valdez. H. M. 2007. Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de quintana roo. Foresta veracruzana. Volumen 9., número 002. Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Página 17 – 26.
- Sánchez-Clavijo, L. M., J. Botero-Echeverry & J. G. Vélez. 2007. Estructura, diversidad y potencial para conservación de los sombríos en cafetales de tres localidades de Colombia. Cenicafé 58: 304-323.
- Sanderson, E. W., J. Malading, M. A. Levy, K. H. Redford, A. V. Wannebo & G. Woolmer. 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52 (10):891-904.

- SALINAS, N.R. & D. CÁRDENAS. L. 2007. Roble: *Quercus humboldtii*. En: D. Cárdenas & N. Salinas. (eds.). *Libros rojos de plantas de Colombia* 4: 232. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto de investigaciones Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C.
- Tilman, D. 1987. Secondary succession and pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs* 57:189-214.
- Tscharntke, T., A. M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter & C. Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.
- UNEP & WCMC. 2014. Biodiversity A-Z. Megadiverse countries. 5p.
<http://www.biodiversitya-z.org/content/megadiverse-countries> Oct. 23, 2014.
- Urrutia-Escobar, X. & I. Armbrrecht. 2013. Effect of two agroecological management strategies on ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity on coffee plantations in Southwestern Colombia. *Environmental Entomology* 42(2):194-203.
- Valencia, V., L. Garcia-Barrios, P. West, E. J. Sterling & Naeem S. 2014. The role of coffee agroforestry in the conservation of tree diversity and community composition of native forest in a biosphere reserve. *Agriculture, ecosystems and environment*.189:154-163.

10. Anexos

10.1. Anexo1. Listado de especies de la meseta de Popayán Cauca.

Nº	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
1	ACTINIDIACEAE	<i>Saurauia cf. brachybotrys</i>	Turcz.	dulumoco	Árbol
2	AGAVACEAE	<i>Furcraea cabuya</i>	Trel.	cabuya	Hierba
3	AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera sp</i>	Forssk.		Hierba
4	AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera sessilis</i>	(L.) R. Br. ex DC.		Hierba
5	ANACARDIACEAE	<i>Toxicodendron striatum</i>	(Ruiz & Pav.) Kuntze.	caspi	Árbol
6	ANACARDIACEAE	<i>Mangifera indica</i>	L.	mango	Árbol
7	ANACARDIACEAE	Morfo 1			Árbol
8	ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	L.	guanábano	Árbol
9	ANNONACEAE	<i>Annona cherimola</i>	Mill.	chirimolla	Árbol
10	APOCYNACEAE	<i>Mandevilla veraguasensis</i>	(Seem.) Hemsl.		Trepadora
11	APOCYNACEAE	<i>Mandevilla mollissima</i>	(Kunth) K. Schum	bejuco amarillo	Trepadora
12	APOCYNACEAE	<i>Plumeria rubra</i>	L.	azuceno	Arbusto
13	APOCYNACEAE	<i>Asclepias curassavica</i>	L.	bencenuco	Hierba
14	ARACEAE	<i>Anthurium scandens</i>	(Aubl.) Engl.	anturio	Semiepífito
15	ARACEAE	<i>Anthurium formosum</i>	Schott.	anturio	Semiepífito
16	ARACEAE	<i>Anthurium Sp1</i>	Schott.	anturio	Trepadora
17	ARACEAE	<i>Anthurium Sp2</i>	Schott.	anturio	Trepadora
18	ARACEAE	<i>Xanthosoma sp1.</i>	Schott.	anturio	Trepadora
19	ARALIACEAE	<i>Oreopanax sp.</i>	Decne. & Planch.	mano de oso	Árbol
20	ARALIACEAE	<i>Dendropanax sp.</i>	Decne. & Planch.	cambusil	Árbol
21	ARALIACEAE	<i>Schefflera sp</i>	J.R. Forst. & G. Forst.	mano de oso	Árbol
22	ARECACEAE	<i>Bactris gasipaes</i>	Kunth	chontaduro	Palma
23	ARECACEAE	<i>Aiphanes simplex</i>	Burret.	chonta	Palma
24	ARECACEAE	<i>Chamaedorea cf. pinnatifrons</i>	(Jacq.) Oerst.	molinillo	Palma
25	ASTERACEAE	Morfo 4			Arbusto
26	ASTERACEAE	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Ruiz & Pav.	guasca	Hierba
27	ASTERACEAE	<i>Bidens pilosa</i>	L.	papunga	Hierba

Continuación Anexo1.

N°	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
28	ASTERACEAE	<i>Taraxacum officinale</i>	F.H. Wigg.	diente de león	Hierba
29	ASTERACEAE	Morfo 5			Hierba
30	ASTERACEAE	Morfo 6			Hierba
31	ASTERACEAE	<i>Montanoa quadrangularis</i>	Sch. Bip	arboloco	Árbol
32	ASTERACEAE	<i>Mikania banisteriae</i>	DC.	bejuco sapo	Trepadora
33	ASTERACEAE	<i>Baccharis pedunculata</i>	(Mill.) Cabrera.	chilca	Arbusto
34	ASTERACEAE	<i>Baccharis</i> sp.	L.	chilca	Arbusto
35	ASTERACEAE	<i>Verbesina nudipes</i>	S.F. Blake		Árbol
36	ASTERACEAE	<i>Sonchus oleraceus</i>	L.	diente de león	Hierba
37	ASTERACEAE	<i>Emilia</i> cf. <i>fosbergii</i>	Nicolson		Hierba
38	BALSAMINACEAE	<i>Impatiens walleriana</i>	Hook. F.	besitos	Hierba
39	BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	Kunth.	aliso	Árbol
40	BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda</i> cf. <i>caucana</i>	Pitieri.	gualanday	Árbol
41	BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia</i> sp	Gomes ex DC.	Guayacán	Árbol
42	BROMELIACEAE	<i>Tillandsia</i> Sp1	Wilbr.	bromelia	Epífita
43	BROMELIACEAE	<i>Tillandsia</i> Sp2	Wilbr.	bromelia	Epífita
44	BROMELIACEAE	<i>Tillandsia</i> Sp3	Wilbr.	bromelia	Epífita
45	BROMELIACEAE	<i>Bromelia plumieri</i>	(E. Morren) L.B. Sm.	piñuela	Semiepífita
46	CACTACEAE	<i>Rhipsalis</i> sp.	Gaerth.	lluvia de perlas	Epífita
47	CACTACEAE	<i>Hylocereus megalanthus</i>	(K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer	pitaya	Semiepífita
48	CANNABANACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Gaernt.	surumbo	Árbol
49	CANNACEAE	<i>Canna indica</i>	L.	achira	Hierba
50	CECROPIACEAE	<i>Cecropia</i> cf. <i>telealba</i>	Cuatrec.	yarumo	Árbol
51	CHLORANTHACEAE	<i>Hedyosmum</i> cf. <i>bonplandianum</i>	Kunth.	silvador	Árbol
52	COMMELINACEAE	<i>Commelina diffusa</i>	Burm. F.	canutillo morado	Hierba

Continuación Anexo1

Nº	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
53	CLUSIACEAE	<i>Clusia</i> sp1	Lindl.	cucharo	Árbol
54	CLUSIACEAE	<i>Clusia</i> sp2	Sw.		Árbol
55	CLUSIACEAE	<i>Vismia baccifera</i>	(L.) Triana & Planch.	mandur	Árbol
56	CYATHEACEAE	<i>Cyathea</i> sp1.	Sm.		Helecho arborescente
57	CYPERACEAE	<i>Cyperus</i> sp	L.		Hierba
58	CYPERACEAE	Morfo 7			Hierba
59	CYPERACEAE	<i>Rhynchospora colorata</i>	(L.) H. Pfeiff.		Hierba
60	DENNSTAEDTIACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i>	(L.) Kuhn	helecho marranero	Hierba
61	EUPHORBIACEAE	<i>Tetrorchidium</i> cf. <i>euryphyllum</i>	Standl.		Árbol
62	EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea</i> cf. <i>latifolia</i>	Sw.	escobo	Árbol
63	EUPHORBIACEAE	<i>Manihot esculenta</i>	Crantz.	yuca	Arbusto
64	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> Sp1	L.		Hierba
65	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	L.	lechero	Arbusto
66	EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus communis</i>	L.	higuerilla	Arbusto
67	EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha macrostachya</i>	Jacq.		Arbusto
68	EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i> sp.	L.		Arbusto
69	ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum citrifolium</i>	A. St.-Hill.	coca de mote	Árbol
70	FABACEAE	<i>Erythrina edulis</i>	Triana ex Micheli.	chachafruto	Árbol
71	FABACEAE	<i>Erythrina fusca</i>	Lour.		Árbol
72	FABACEAE	<i>Inga edulis</i>	Mart.	guamo perrero	Árbol
73	FABACEAE	<i>Inga</i> cf. <i>punctata</i>	Willd.	guama	Árbol
74	FABACEAE	<i>Inga</i> sp1	Mill.	guamo	Árbol
75	FABACEAE	<i>Inga</i> sp2	Mill.	guabo	Árbol
76	FABACEAE	<i>Mimosa albida</i>	Willd.	zarza	Hierba
77	FABACEAE	<i>Clitoria</i> sp.	L.		Árbol
78	FABACEAE	<i>Albizia saman</i>	(Jacq.) Merr	Samán	Árbol

Continuación Anexo1.

Nº	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
79	FABACEAE	<i>Calliandra trinervia</i>	Benth.	carbonero	Árbol
80	FABACEAE	<i>Arachis pintoii</i>	Krapov. & W.C.Greg.	maní forrajero forrajero	Hierba
81	FABACEAE	<i>Cajanus cajan</i>	(L.) Millsp.	guandul	Arbusto
82	FABACEAE	<i>Tephrosia candida</i>	DC.		Arbusto
83	FABACEAE	<i>Gliricidia sepium</i>	(Jacq.) Kunth ex Walp.		Arbusto
84	FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i>	Bonpl.	roble	Árbol
85	HYPOXIDACEAE	<i>Hypoxis decumbens</i>	L.		Hierba
86	SALICACEAE	<i>Banara guianensis</i>	Aubl.		Árbol
87	SALICACEAE	Morfo8			Árbol
88	SALICACEAE	<i>Casearia</i> sp1	Jacq.		Árbol
89	SALICACEAE	<i>Xylosma</i> sp.	G. Forst.		Árbol
90	LACISTEMATACEAE	<i>Lacistema aggregatum</i>	(P.J. Bergius) Rusby.	café de monte	Árbol
91	LACISTEMATACEAE	<i>Lacistema</i> sp	Sw.		Árbol
92	LAURACEAE	<i>Nectandra lineatifolia</i>	(Ruiz & Pav.) Mez.	jigua amarillo	Árbol
93	LAURACEAE	<i>Persea americana</i>	Mill.	aguacate	Árbol
94	LAURACEAE	<i>Persea americana</i> Variedad Hass	Mill.	aguacate hass	Árbol
95	LAURACEAE	<i>Cinnamomum</i> cf. <i>triplinerve</i>	(Ruiz & Pav.) Kosterm.	jigua	Árbol
96	LAURACEAE	<i>Nectandra</i> sp1.	Rol. Ex Rottb.	aguacatillo	Árbol
97	LAURACEAE	<i>Nectandra</i> sp2.	Rol. Ex Rottb.	jigua	Árbol
98	LAURACEAE	<i>Persea</i> cf. <i>caerulea</i>	(Ruiz & Pav.) Mez.	aguacatillo	Árbol
99	MALVACEAE	<i>Ochroma</i> cf. <i>pyramidale</i>	(Cav ex Lam.) Urb.	balso	Árbol
100	MALVACEAE	<i>Heliocarpus</i> cf. <i>americanus</i>	L.	balso	Árbol
101	MALVACEAE	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	L.	resucitado	Arbusto
102	MALVACEAE	<i>Sida rhombifolia</i>	L.	escobo	Hierba
103	MALVACEAE	<i>Waltheria indica</i>	L.	escobo	Hierba
104	MELASTOMATACEAE	Morfo11			Arbusto

Continuación Anexo1.

Nº	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
105	MELASTOMATACEAE	<i>Meriania speciosa</i>	(Bonpl.) Naudin	flor de mayo	Árbol
106	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia speciosa</i>	Naudin	mortiño	Árbol
107	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp2	Ruiz & Pav.	mortiño	Árbol
108	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp1.	Ruiz & Pav.	mortiño	Árbol
109	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia minutiflora</i>	(Bonpl.) Dc.	mortiño	Árbol
110	MELASTOMATACEAE	<i>Clidemia ciliata</i>	Pav. ex D. Don.	mortiño	Árbol
111	MORACEAE	<i>Ficus</i> sp1.	L.	higuerón	Estrangulador
112	MORACEAE	<i>Ficus</i> sp2.	L.	higuerón	Estrangulador
113	MORACEAE	<i>Ficus</i> cf. <i>tonduzii</i>	Standl.	higuerón	Árbol
114	PRIMULACEAE	<i>Myrsine guianensis</i>	(Aubl.) Kuntze	espadero	Árbol
115	PRIMULACEAE	<i>Myrsine coriacea</i>	(Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	espadero	Árbol
116	PRIMULACEAE	<i>Myrsine latifolia</i>	(Ruiz & Pav.) Spreng.	espadero	Árbol
117	MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i>	L.	guayabo	Árbol
118	MYRTACEAE	<i>Psidium</i> cf. <i>guineense</i>	Pers.	guayabo agrio	Arbusto
119	MYRTACEAE	<i>Psidium cattleianum</i>	Afzel. ex Sabine	guayabo	Arbusto
120	MYRTACEAE	<i>Myrcia</i> sp.	DC.		Árbol
121	MYRTACEAE	<i>Eugenia</i> sp1	L.		Árbol
122	MYRTACEAE	<i>Syzygium jambos</i>	(L.) Alston.	pomarroso	Árbol
123	MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis</i>	Hieron		Árbol
124	MUSACEAE	<i>Musa acuminata</i>	Colla	banano	Hierba
125	MUSACEAE	<i>Musa paradisiaca</i>	L.	plátano	Hierba
126	MUSACEAE	<i>Musa</i> sp1.	L.	guineo	Hierba
127	MUSACEAE	<i>Musa</i> sp2.	L.	guayabo	Hierba
128	ORCHIDACEAE	<i>Pleurothallis</i> sp1.	R. Br.	orquidea	Epífita
129	ORCHIDACEAE	<i>Pleurothallis</i> sp2	R. Br.	orquidea	Epífita
130	ORCHIDACEAE	Morfo13		orquidea	Epífita
131	ORCHIDACEAE	<i>Stelis</i> sp.	Sw.	orquidea	Epífita

Continuación Anexo1.

N°	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
132	ORCHIDACEAE	<i>Rodriguezia cf. granadensis</i>	(Lindl.) Rchb.f.	orquidea	Epífita
133	ORCHIDACEAE	<i>Rodriguezia lanceolata</i>	Ruiz & Pav.	orquidea	Epífita
134	ORCHIDACEAE	<i>Bifrenaria racemosa</i>	(Hook.) Lindl.	orquidea	Epífita
135	ORCHIDACEAE	Morfo14		orquídea	Epífita
136	ORCHIDACEAE	<i>Epidendrum peperomia</i>	Rchb. F.	orquídea	Epífita
137	ORCHIDACEAE	Morfo.		orquídea	Epífita
138	OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i> sp1	L.	trébol	Hierba
139	PAPAVERACEAE	<i>Bocconia frutescens</i>	L.	trompeto	Arbusto
140	PHYLANTACEAE	<i>Phyllanthus cf. acuminatus</i>	Vahl.	barbasco	Hierba
141	PHYLANTACEAE	<i>Phyllanthus</i> sp1	L.		Hierba
142	PINACEAE	<i>Pinus patula</i>	Schiede ex Schltdl. & Cham.	pino pátula	Árbol
143	PIPERACEAE	<i>Piper cf. aduncum</i>	L.	cordoncillo	Arbusto
144	PIPERACEAE	<i>Piper crassinervium</i>	Kunth.	cordoncillo	Arbusto
145	PIPERACEAE	<i>Piper</i> sp3.	L.	cordoncillo	Arbusto
146	PIPERACEAE	<i>Piper cf. holtonii</i>	C. DC.	cordoncillo	Arbusto
147	PIPERACEAE	<i>Peperomia</i> sp1	Ruiz & Pav.	cordoncillo	Epífita
148	PIPERACEAE	<i>Peperomia</i> sp2	Ruiz & Pav.	cordoncillo	Epífita
149	PIPERACEAE	<i>Peperomia</i> sp3.	Ruiz & Pav.	cordoncillo	Epífita
150	PIPERACEAE	<i>Piper peltatum</i>	L.	cordoncillo	Arbusto
151	PIPERACEAE	<i>Piper hispidum</i>	Sw.	cordoncillo	Arbusto
152	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i>	L.	llantén	Hierba
153	PLUMBAGINACEAE	<i>Plumbago auriculata</i>	Lam.		Hierba
154	POACEAE	<i>Digitaria horizontalis</i>	Willd.	pasto	Hierba
155	POACEAE	<i>Oplismenus burmannii</i>	(Retz.) P. Beauv.	pelillo	Hierba
156	POACEAE	<i>Brachiaria decumbens</i>	Stapf.	pasto	Hierba
157	POACEAE	<i>Melinis minutiflora</i>	P. Beauv.	yaraguá	Hierba
158	POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	Kunth.	guadua	Hierba
159	POACEAE	<i>Guadua</i> sp	Kunth.	guadua	Hierba
160	POACEAE	<i>Paspalum macrophyllum</i>	Kunth.	pasto	Hierba
161	POACEAE	<i>Cynodon dactylon</i>	(L.) Pers.	pasto	Hierba
162	POACEAE	Indet.		pasto	Hierba

Continuación Anexo1.

N°	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
163	POLYGONACEAE	<i>Persicaria nepalensis</i>	(Meisn). Miyabe.		Hierba
164	POLYGONACEAE	<i>Alternanthera pubiflora</i>	(Benth.) Kuntze		Hierba
165	POLYGONACEAE	<i>Rumex obtusifolius</i>	L.	lengua de vaca	Hierba
166	POLYGALACEAE	<i>Monnina speciosa</i>	Triana & Planch		Arbusto
167	POLYPODIACEAE	<i>Polypodium</i> sp1	L.	helecho	Epífita
168	POLYPODIACEAE	<i>Polypodium</i> sp2	L.	helecho	Epífita
169	POLYPODIACEAE	<i>Polypodium</i> sp3	L.	helecho	Epífita
170	PHYTOLACCACEAE	<i>Phytolacca americana</i>	L.	hierba	Hierba
171	PHYTOLACCACEAE	<i>Phytolacca</i> sp1.	L.	hierba	Hierba
172	ROSACEAE	<i>Rubus urticifolius</i>	Poir.	mora	Escandente
173	ROSACEAE	<i>Rubus</i> sp.	L.	mora	Escandente
174	RUBIACEAE	<i>Psychotria</i> sp1	L.		Arbusto
175	RUBIACEAE	<i>Palicourea</i> sp1	Aubl.		Árbol
176	RUBIACEAE	Morfo 19			Árbol
177	RUBIACEAE	<i>Coccocypselum lanceolatum</i>	(Ruiz & Pav.) Pers.		Hierba
178	RUBIACEAE	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	(Humb. ex Mutis) L. Andersson	cascarillo	Árbol
179	RUBIACEAE	<i>Coffea arabica</i>	L.	café	Arbusto
180	RUBIACEAE	<i>Cosmibuena grandiflora</i>	(Ruiz & Pav.) Rusby.		Árbol
181	RUBIACEAE	<i>Guettarda crispiflora</i>	Vahl.		Árbol
182	RUTACEAE	<i>Citrus reticulata</i>	Blanco.	mandarina	Árbol
183	RUTACEAE	<i>Citrus x aurantium</i>	L.	naranja	Árbol
184	RUTACEAE	<i>Citrus x tangelo</i>	J.W. Ingram & H.E. Moore	naranja tangelo	Arbusto
185	RUTACEAE	<i>Citrus medica</i>	L.	limón cidra	
186	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Lam.	tachuelo	Árbol
187	SAPINDACEAE	<i>Cupania americana</i>	L.		Árbol
188	MALVACEAE	<i>Quararibea cordata</i>	(Bonpl.) Vischer		Árbol
189	SIPARUNOCEAEA	<i>Siparuna aspera</i>	(Ruiz & Pav.) A.DC.	limón de monte	Árbol

Continuación Anexo1.

Nº	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
190	SMILACACEAE	<i>Smilax</i> sp1.	L.		Trepadora
191	SOLANACEAE	<i>Solanum</i> sp1	L.		Arbusto
192	SOLANACEAE	<i>Solanum umbellatum</i>	Mill.	pepo	Arbusto
193	SOLANACEAE	<i>Solanum</i> cf. <i>deflexiflorum</i>	Bitter.		Arbusto
194	SOLANACEAE	<i>Solanum betaceum</i>	Cav.	tomate de árbol	Arbusto
195	SOLANACEAE	<i>Solanum ochraceum</i>	Dunal.		Arbusto
196	VERBENACEAE	<i>Lantana camara</i>	L.	venturosa	Hierba
197	VERBENACEAE	<i>Lantana trifolia</i>	L.	venturosa	Hierba
198	ZINGIBERACEAE	<i>Renealmia cernua</i>	(Sw. Ex Roem. & Schult.)J.F. Macbr.		Hierba
199	INDET	Morfo 22			Hierba
200	INDET	Morfo 23			Árbol
201	INDET	Morfo 24			Árbol
202	INDET	Morfo 25			Árbol
203	INDET	Morfo 25			Árbol
204	INDET	Morfo 26			Árbol
205	ARTHONIACEAE	<i>Herpothallon rubrocinctum</i>			Liquen
206	CLADONIACEAE	<i>Cladonia didyma</i>	(Fée) Vain.		Liquen
207	COCCOCARPIACEAE	<i>Coccocarpia palmicola</i>	(Spreng.) Arv. & Gall.		Liquen
208	COENOGONIACEAE	<i>Coenogonium</i> sp.			Liquen
209	COLLEMATACEAE	<i>Leptogium phyllocarpum</i>	(Pers.) Nyl.		Liquen
210	GRAPHIDACEAE	<i>Glyphis cicatricosa</i>	Ach.		Liquen
211	GRAPHIDACEAE	<i>Graphis</i>			Liquen
212	GRAPHIDACEAE	<i>Graphis</i> cf. <i>elegans</i>			Liquen
213	LOBARIACEAE	<i>Lobaria peltigera</i>	(Del.) Vain.		Liquen
214	LOBARIACEAE	<i>Sticta</i>			Liquen
215	LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria</i>			Liquen

Continuación Anexo1.

N°	Familia	Especie	Autor	Nombre Común	Hábito
216	PANNARIACEAE	<i>Pannaria andina</i>			Liquen
217	PARMELIACEAE	<i>Hypotrachyna</i> sp.			Liquen
218	PARMELIACEAE	<i>Usnea</i> sp.			Liquen
219	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema</i> sp			Liquen
220	PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia</i> cf. <i>galactophylla</i>	(Tuck.) Trev.		Liquen
221	PYRENULACEAE	cf. <i>Pyrenula</i>			Liquen

10.2. Anexo2. Datos naturales de las variables estructurales medidas en las 20 localidades.

Localidad	PH	CD	RA	DAPa	Aa	Da	DAPA	AD	DA	DC	AC	RE	DE
BO LaViuda	11,05	85,78	19	4,47	5,91	180	18,78	15,00	80	4	1,26	17	385
BO Mirandé	4,44	86,24	30	4,37	5,67	291	13,09	8,90	65	8	5,40	13	334
BO Unicauca	4,05	77,51	26	4,18	4,96	166	18,87	11,61	74	0	0,00	17	322
BO Palacé	6,40	81,49	30	4,06	5,41	173	14,29	10,24	78	3	3,96	9	80
SD Normandía	4,18	39,03	13	3,52	1,79	2	16,37	9,55	38	35	1,68	6	92
SD Normadía	6,15	35,11	12	3,36	4,25	2	19,93	13,27	30	45	1,56	4	84
SP Mirandé	4,93	70,62	9	3,30	3,08	214	12,79	5,46	17	32	3,45	11	256
SM Las Vegas	4,26	43,25	5	3,78	2,52	49	18,09	9,67	29	49	1,96	7	19
SM Las Vegas	3,34	46,16	7	0,00	0,00	0	16,00	7,55	19	41	1,80	5	10
SM Las Vegas	4,38	56,80	6	5,41	2,70	1	20,02	8,55	23	40	1,70	4	26
SP Villa Alejandra	2,91	21,23	7	2,95	2,27	12	7,63	6,74	15	37	1,61	0	0
SM Guayabales	3,14	47,25	3	5,89	4,40	13	12,53	7,10	10	45	1,30	5	7
SONormandía	1,00	0,00	0	2,78	2,29	84	0,00	2,00	0	43	2,00	0	0
SO La Cabaña	3,94	25,16	0	3,11	2,65	223	0,00	2,26	0	52	2,26	0	0
SO La Cabaña	3,29	0,29	0	3,76	3,46	3	0,00	1,47	0	43	1,47	0	0
SO La Balsa	0,55	2,69	0	0,00	0,00	0	0,00	1,19	0	44	1,19	0	0
SO Santa Anita	1,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	1,42	0	37	1,42	0	0
SO Los Naranjo	2,70	10,80	0	2,81	2,50	11	0,00	1,49	0	54	1,49	0	0
SO El Diamante	1,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	1,29	0	54	1,29	0	0
SO Mirandé	1,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	1,30	0	45	1,30	0	0