

Diversidad de Aves y su Relación con las Características de la Vegetación en Cafetales Agroforestales de la Sierra Nevada de Santa Marta (Departamento del Cesar- Colombia)

Bird Diversity and its relation with vegetation characteristics in Agroforestry Coffee plantations of the Sierra Nevada de Santa Marta (Departamento del Cesar- Colombia)

Nicolás Díaz Kloch ^{1,2}, J. Nicolás Urbina Cardona ^{1,3}, Maria Angela Echeverry Galvis^{1,4}

¹Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá DC, Colombia.

²ndiazk@javeriana.edu.co, ³urbina-j@javeriana.edu.co, ⁴ma.echeverryg@javeriana.edu.co

Resumen

Los cafetales en sombrío han demostrado ser benéficos para la avifauna, especialmente cuando poseen diversidad estructural y florística. Este estudio determinó la composición del ensamblaje de aves en seis cafetales en la Sierra Nevada de Santa Marta, en los cuales se midieron 12 variables de la vegetación con el fin de caracterizarlos y determinar su relación con la avifauna. Con solo 18 horas de muestreo se encontraron 94 especies de aves en los seis cafetales, los cuales pueden estar sirviendo como hábitat para estas especies. La composición de aves solo fue diferente en uno de los seis cultivos y el porcentaje de cobertura del dosel fue la variable que explicó de mejor manera los cambios en la composición de aves en este cultivo. La altura promedio de la vegetación, la altura promedio del café y el porcentaje de broca fueron variables que explicaron cambios en la composición de aves de manera parsimoniosa.

Abstract

Shade-Coffee plantations have proved beneficial for birds, especially when they have structural and floristic diversity. This study determined the composition of birds in six coffee plantations in the Sierra Nevada de Santa Marta, in which 12 vegetation variables were measured in order to characterize and determine their relationship with the avifauna. With only 18 hours of sampling 94 species of birds were registered in the six coffee plantations, which may be serving as habitat for the species found. The composition of birds was only different in one of the six plantations and the percentage of canopy cover was the variable that best explained the changes in the composition of birds in this plantation. The average height of vegetation, the average height of coffee and the percentage coffee berry borer were variables that explained changes in the composition of birds in a parsimonious way.

Palabras Clave: Avifauna, Cafetales en sombrío, Características de la vegetación, Hábitat, Sierra nevada de Santa Marta.

Introducción

La mayor parte del bosque en el Neotrópico ha sido fuertemente fragmentado y la mayoría de los países identifica la expansión agrícola y ganadería como la principal causa de deforestación (Armenteras & Rodríguez, 2014). El paisaje predominante en esta región está compuesto de pequeños y medianos parches de bosque rodeados por sistemas agrícolas (Ivette Perfecto & Philpott, 2006). La expansión agrícola y sus prácticas intensivas han sido en gran medida responsables por la pérdida de diversidad (Tilman et al. 2011), pero los sistemas agroforestales han servido como respuesta a la conservación de la biodiversidad (Jose, 2009). Uno de estos sistemas predominantes en el neotrópico es el cultivo de café en sombrero (Rapidel, DeClerck, Le Coq, & Beer, 2011), el cual se superpone en gran medida con áreas con alta riqueza y endemismo que presentan en la actualidad amenazas por acciones humanas (hotspots por su nombre en inglés) (Hardner & Rice, 2002). El café es sembrado por lo general a una altitud media (entre 1200 y 1800 msnm), y dada la gran cantidad de especies que se encuentran en paisajes rurales en América Latina (Ivette Perfecto & Philpott, 2006), ha demostrado ser valiosa para la conservación (Cruz-Angón & Greenberg, 2005, Moguel & Toledo, 1999, Philpott et al. 2008).

Los cafetales con estructuras vegetales complejas, que incorporan doseles altos, diversos y densos pueden mantener niveles de riqueza en aves similar a los de bosques (Hernandez et al. 2013, Moguel & Toledo, 1999), pero diferir en composición (Harvey & González, Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004, Villalobos, 2007). Sin embargo la riqueza como variable respuesta única puede ser inadecuada para realizar comparaciones, debido a su capacidad de enmascarar enormes cambios en el ecosistema (Magurran et al. 2015). Esto lo han advertido algunos autores mostrando que los ensamblajes de aves en cafetales no son idénticos a los de bosques (Harvey & González Villalobos, 2007). Aún así, los cafetales demuestran ser atractivos incluso para algunas aves asociadas a bosques, atraídas por el dosel de los árboles (Johnson, et al. 2009), como para las aves migratorias (Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004), que lo utilizan para invernar (Greenberg, 1996). Por otro lado, las especies presentan diferentes niveles de susceptibilidad a estos sistemas, como el caso de algunas aves especialistas de bosques, las cuales son completamente inexistentes incluso en cafetales con niveles elevados de sombrero (Philpott et al. 2008).

La capacidad de mantener una alta diversidad de aves en cafetales ha generado una serie de certificaciones (Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004) que a su vez han beneficiado a otros taxones (Kellermann, Johnson, Stercho, & Hackett, 2008). Entre estos se encuentran las plantas nativas por su uso y mantenimiento en diversos sombríos (Bandeira et al. 2005), algunos insectos por el alimento que ofrecen los árboles del género *Inga* utilizados en sombrero (Perfecto, Rice, & Greenberg, 1996), arañas, debido a que los cafetales ofrecen hábitat para su persistencia en paisajes altamente fragmentados (Pinkus et al. 2006) y mamíferos que se ven beneficiados por la exuberante diversidad de plantas utilizadas en la estructura vertical del sombrero (Gallina et al. 1996, Gordon et al. 2007). Algunos organismos menos móviles como hormigas y epífitas, encuentran hábitat propicio para su mantenimiento a lo largo de varias generaciones en cafetales estructuralmente complejos (Ivette Perfecto & Philpott, 2006). Sin embargo existe evidencia que los cafetales agroforestales no son

benéficos por si solos, debido a que algunos taxones como hormigas disminuyen en riqueza al compararlas con bosques nativos (Ramos et al. 2002); las polillas solo mantienen niveles de diversidad y abundancia altos si existen bosques cercanos a menos de 1 km de distancia (Ricketts et al. 2001), y son menos eficaces en el mantenimiento de la diversidad de reptiles y anfibios (Komar & Dominguez, 2002). Lo mismo es cierto para la disminución de diversidad de la avifauna cuando no existen bosques cercanos a los cafetales (Karp et al. 2013), y cuando aumenta la simplificación estructural de estos sistemas (Cruz-Angón & Greenberg, 2005). Esto sugiere la necesidad de una aproximación paisajística en la cual los cafetales sean elementos complementarios en la estructura del paisaje (Ivette Perfecto & Philpott, 2006) y no estudiados como componentes independientes en su relación con la biodiversidad, inclusive al ser estructuralmente complejos.

En cafetales con manejos intensivos existe una preocupación creciente con respecto a la avifauna, particularmente en Costa Rica y Colombia, donde más del 40% de las fincas cafeteras han experimentado un alto nivel de reducción en los sombríos (Perfecto, Rice, & Greenberg, 1996), debido a las recomendaciones de instituciones como cenicafé (Farfán-Valencia & Mestre-Mestre, 2004). Tradicionalmente el café se cultiva bajo doseles densos, pero los cultivos modernos se caracterizan por la reducción de la densidad y diversidad de árboles en el sombrío, la eliminación de epífitas, el uso de agroquímicos, y la reducción generalizada de la complejidad vegetal (Moguel & Toledo, 1999, Philpott et al. 2008), esto genera una simplificación ecológica generalizada en los cultivos cafeteros, comprometiendo directamente a la biodiversidad (Ivette Perfecto et al. 2004). Algunos autores han logrado relacionar la pérdida de riqueza de aves con variables de la vegetación como la disminución en: epífitas, riqueza de árboles, cobertura en el dosel, altura del dosel, densidad de árboles, y el aumento de la densidad de siembra en el café (Cruz-Angón & Greenberg, 2005, Philpott et al. 2008, Van Bael et al. 2008), y con la magnitud de intensificación, compuesta por las variables anteriormente mencionadas (Ivette Perfecto, Mas, Dietsch, & Vandermeer, 2003, Philpott et al. 2008). La mayoría de estudios en cafetales no han cuantificado de manera satisfactoria las diferencias entre hábitats de cafetales altamente intensivos y aquellos con sombríos densos y diversos (Hernandez et al. 2013), lo que impide encontrar los valores óptimos de las características vegetales específicas y su relación con la pérdida de avifauna.

Si bien las plantaciones de café pueden tener una mayor riqueza y abundancia de aves que otros hábitats agrícolas (Rapidel et al. 2011), e incluso que algunos hábitats naturales (Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004), se necesita investigación para evaluar cómo las características de ciertos cafetales contribuyen a la disminución en la diversidad de aves (Komar, 2006). En este sentido, es importante tener datos de vegetación relevantes para no caer en clasificaciones meramente cualitativas, y poder identificar qué aspectos o características vegetales explican la transformación de los ensamblajes de aves, específicamente en Colombia, la nación con más diversidad de avifauna por área en el mundo (Donegan, Quevedo, McMullan, & Salaman, 2011).

Colombia posee el macizo montañoso más alto del mundo y debido a su variación altitudinal, así como su ubicación, la Sierra Nevada de Santa Marta contiene un mosaico de biomas y de hábitats, lo cual hace que este pico montañoso sea único por su pequeño tamaño (Strewe & Navarro, 2004). Lamentablemente la Sierra Nevada de Santa Marta posee menos del 15% del bosque nativo (Strewe et al. 2009) por la colonización humana y la (Ralf Strewe &

Navarro, 2003), por lo tanto es importante poder entender que características vegetales se relacionan con la composición de la avifauna en cafetales agroforestales con el fin de mantener un hábitat apropiado para las mismas.

Este estudio evaluó 12 características de la vegetación como una aproximación para caracterizar los hábitats cafeteros, dado a que en la mayoría de hábitats la vegetación proporciona la estructura principal del entorno (Rutten, Ensslin, Hemp, & Fischer, 2015). Los matrices adyacentes a los cultivos también se tuvieron en cuenta para relacionar los usos de hábitat de las aves registradas en los cafetales y las coberturas adyacentes a cada cultivo.

Métodos

Lugar de estudio

La Sierra Nevada es el macizo montañoso costero más alto del mundo que debido a su variación altitudinal, así como su ubicación, contiene un mosaico ecosistémico único desde manglares, bosques tropicales secos y húmedos, zonas semidesérticas y paramos (Ralf Strewe & Navarro, 2003). El área de estudio en particular pertenece a bosque húmedo tropical, con una alta presencia de agroecosistemas mixtos (Etter, 1998). Debido a la alta presencia de estos sistemas productivos es importante evaluar cómo se relaciona el cultivo económicamente más importante de la región (café) con la diversidad de aves debido a la pérdida de su hábitat natural (Strewe et al. 2009).

El área de estudio, se encuentra en el territorio ancestral del resguardo indígena Arhuaco en la región de Jewrwa, municipio de Pueblo Bello, departamento del Cesar. Esta zona está ubicada aproximadamente a dos horas de Valledupar y a hora y media de la cabecera municipal de Pueblo Bello, a los 1400 msnm en el macizo montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta (Fig 1). El Jewrwa presenta una precipitación anual entre los 1500 y los 2000 mm y la temperatura media anual oscila entre 18°C y 24°C (IDEAM 2005), con un patrón bimodal, y periodos de lluvia en los meses de abril a junio y de agosto a noviembre, con los pico de lluvia en mayo y octubre.

Diseño del Estudio

Se seleccionaron seis cultivos de café a partir de los siguientes criterios: (1) todos cafetales en sombrío de variedad Colombia, para evitar potencial cambios en composición de aves debido a las diferencias en coberturas y manejo; (2) área mínima de 3500 metros cuadrados y máxima de 5000 metros cuadrados; (3) distancia lineal mínima de 200 metros entre cada unidad con varias coberturas separándolos para considerar a los cultivos como lugares de muestreo independientes; (4) coberturas vegetales circundantes diferentes a café con el fin de relacionar la heterogeneidad de matrices adyacentes a los cultivos con las especies de aves presentes en los mismos; (5) una altura sobre el nivel del mar entre 1420 y 1470 metros para evitar cambios de composición de aves debido a alturas; (6) dominancia de árboles cultivados del género *Inga* (*Inga ingoides*, *Inga edulis* y algunas con *Inga feuillei*), para evitar cambios en composición de aves que pueden generar otros árboles del sombrío; (7) presencia de Musaceas y árboles frutales (*Citrus limon*, *Citrus sinensis* y *Mangifera indica*), para tener características similares en los distintos estratos verticales de los cultivos; y (8) pertenecieran

a la misma asociación de cafeteros (Asoseynekun) con el fin de evitar diferencias en el manejo del café y su potencial efecto en la presencia de las aves.

Los cultivos fueron ubicados en el centro de cada unidad productiva y presentaron entre 3 y 4 estratos de vegetación. En el primer estrato se encontraron las plantas de café y algunas Musaceas, en el segundo estrato se presentaron árboles frutales (*Citrus limon*, *Citrus sinensis* y *Mangifera indica*), Musaceas y árboles nativos, y en el tercer y cuarto estrato árboles nativos y sembrados del género Inga.

Muestreo de las especies de aves y características de la vegetación

El muestreo se realizó durante el mes de noviembre del 2015. Cada cultivo fue muestreado en tres ocasiones distintas durante tres horas de muestreo *ad libitum* (Morris, 2001) entre 6:00am-7:00am, 8:00am-9:00am y 9:00am-10:00am; todos los muestreos se ejecutaron por una sola persona para un total de 18 horas- hombre de muestreo. En el recorrido se registraron solamente las aves dentro del cultivo seleccionado.

El área total de cada cultivo se midió con un GPS Garmin Dakota 20, mediante recorrido con la función Track Manager para obtener un mapa de cada cultivo y excluir los bordes con otros cafetales. En este recorrido se caracterizaron todos los bordes inmediatos de diferentes coberturas vegetales con cada uno de los seis cultivos de estudio. En cada cultivo se obtuvieron 12 variables de la vegetación, de las cuales se midió la altura de toda la vegetación con un $DAP \geq 10$ cm con el medidor láser de distancias Bosch *Professional 30* y a partir de estos datos se calculó la altura promedio de la vegetación, altura máxima de árboles y número de árboles emergentes, excluyendo las Musaceas por ser monocotiledoneas. Se evaluó el número de árboles con presencia de epífitas vasculares, así como el número total de árboles y estratos verticales con ayuda del Bosch *Professional 30* para estandarizar las alturas de cada estrato por cultivo. El porcentaje de cobertura del dosel se estimó utilizando un densiómetro esférico (Strickler, 1959) en tres puntos de la línea más ancha del cultivo; una medida cerca al borde de cada costado y una en el centro.

Se midió la altura de 200 plantas de café en el centro de cada cultivo con el Bosch *Professional 30*, con lo cual se calculó el promedio y la altura máxima de los mismos. La densidad de siembra en los cafetales se obtuvo por información de cada productor, por su conocimiento del manejo de sus lotes. Se realizó la identificación de las especies vegetales en cada cultivo hasta especie en los árboles cultivados y todos los árboles nativos recibieron la misma clasificación (Nativo) sin diferenciación taxonómica, con el fin de relacionar la riqueza de aves con árboles sembrados y cultivados. Finalmente, se estimó el promedio de broca mediante el método de 30 ramas diseñado por Cenicafé, por ser un muestreo representativo del porcentaje de broca en una hectárea de café (Gómez, Teresa, Patiño, & Z, 2002, Héctor Iván Trujillo et al. 2006).

Análisis de Datos

Las variables de la estructura vegetal fueron normalizadas (restando la media y dividiendo por la desviación estándar) de modo que todas obtuvieran escalas comparables (desviación estándar = 1), sin dimensiones (Clarke & Warwick, 2001). Posteriormente, se efectuó una

matriz de distancias Euclidianas (Quinn & Keough, 2002) a partir de la cual se realizó una ordenación multivariada con el PCoA, para la descripción de los gradientes vegetales presentes en los cultivos con el software PRIMER v7 y PERMANOVA + (Clarke & Gorley, 2015). En este análisis la longitud y dirección de las flechas indica el aporte y la magnitud de influencia de cada variable. Para cada una de las variables estructurales se realizaron pruebas no paramétricas de varianza de Kruskal-Wallis para determinar si había diferencias entre los seis cultivos, una vez fue refutada la normalidad de estas variables usando el programa PAST 3.11 (Hammer, 2012).

Se utilizó el coeficiente no paramétrico de correlación de Spearman para determinar la relación lineal entre pares de variables e identificar las variables no colineales (aquellas con menos del 80% de correlación). Las variables que se encontraron como colineales, fueron excluidas de los modelos estadísticos posteriores para eliminar redundancia en la información. Todas las tendencias lineales de las correlaciones se verificaron con Draftsman-plots.

La riqueza específica de cada cultivo se obtuvo mediante la suma de todas las especies de aves encontradas en las mismas. Se construyeron curvas de acumulación de especies por medio de listas Mckinnon (Morris, 2001). La representatividad del muestreo se calculó mediante los estimadores Chao 1 y Bootstrap, por ser no paramétricos y basados en abundancias e incidencias de las especies (Oreja et al. 2010); los estimadores fueron calculados con el programa EstimateS 9.1.0 (Longino & Colwell, 2011).

Las diferencias en composición de especies de aves y su abundancia fueron medidas por porcentajes de similitud de Bray-Curtis. La similitud en la composición de aves entre pares de cultivos se evaluó estadísticamente a través de los perfiles de similitud con la rutina SIMPROF con 9999 permutaciones (Clarke et al. 2008). La composición de especies por cultivo se visualizó con el análisis de ordenación de coordenadas principales (PCoA). En el PCoA se graficaron las especies más correlacionadas (90%) con alguna de las dos coordenadas principales. El SIMPROF y el PCoA se realizaron en el software PRIMER v7 y PERMANOVA + (Clarke & Gorley, 2015).

A partir de la rutina estadística de modelos lineales basados en distancias (DistLM) se identificaron las variables que mejor explican cambios en la composición de aves en los cultivos. Estos modelos se ordenaron aplicando el criterio de información Akaike para muestras pequeñas (AICc) para determinar los mejores modelos ajustados. Posteriormente se llevó a cabo una ordenación y visualización del mejor modelo con un análisis de redundancia basado en las distancias (dbRDA) en el software PRIMER v7 (Clarke & Gorley, 2015).

Resultados

Estructura de la vegetación en los cultivos de café

De las 13 variables evaluadas (incluyendo área), la densidad de plantas por cultivo no fue informativa debido a que fue idéntica (5000 por hectárea) en todos los cultivos. De las 12 variables restantes, 8 tuvieron alta relación lineal de la siguiente manera: estratos se

correlacionó positivamente (83%; $p=0,1$) con promedio de altura de café; negativamente con porcentaje de cobertura de dosel (-82,8%; $p=0,1$) y con número de emergentes (-84%; $p=0,1$). De forma similar, el número de árboles se correlacionó negativamente con máxima altura de café (-84%; $p=0,4$), y positivamente con el área de los cultivos (81%; $p=0,07$). Al mismo tiempo máxima altura de café se correlacionó negativamente con número de árboles con epífitas (-83%; $p=0,03$). Las variables que solo tuvieron alta correlación con una sola variable: promedio altura de árboles con riqueza específica (94%; 0,01) y promedio de broca con máxima altura de árboles (-88,6%; $p=0,01$) (Apéndice 1).

Después de eliminar las variables colineales, se compararon las 7 variables restantes. La altura del café, altura de vegetación, porcentaje de broca, y el porcentaje de cobertura de dosel fueron distintas entre cultivos (Tabla 1), una prueba post-hoc U Mann-Whitney pareada, esclareció que la altura de la vegetación en el cultivo 4 fue significativamente distinta a todos los demás y el cultivo 2 fue distinto al 6. El porcentaje de broca del cultivo 3 y 5 fueron significativamente distintos a los demás. El porcentaje de cobertura de dosel mostró diferencias significativas con el segundo cultivo y todos los otros, sin embargo los cultivos 4, 5 y 6 mostraron similitud estadística en porcentaje de cobertura.

En el PCoA, la coordenada principal 1 (PCO 1) explicó el 44% de la variación en los datos y el PCO 2 explicó un 24% adicional. Las tres variables que conformaron la coordenada 1 fueron: número de emergentes (82,8%), número de árboles con epífitas (82,8%) y promedio de altura del café (-78,5%). En la coordenada 2, la única variable altamente correlacionada fue promedio altura de la vegetación (97,7%). Existe una separación clara en los cultivos, en la cual el primer cultivo fue principalmente asociado con el promedio de altura de café. Los cultivos 3 y 5 están mayormente asociados al promedio de broca y porcentaje de cobertura del dosel influyo más al cultivo 2 (Fig 2). El cultivo 4 fue más influenciado por el número de árboles con epífitas y en menor medida por el área. Finalmente el 6 está separado particularmente por el número de emergentes y el porcentaje de cobertura de dosel, aunque no está fuertemente influenciado por ninguna de las dos variables (Fig 2).

Composición y Riqueza del Ensamblaje de Aves en los Cultivos de Café

Tras 18 horas de muestreo se registraron 565 individuos de 94 especies. El cultivo denominado cuatro (4) fue el que registró mayor número de especies con 42, mientras que el cultivo dos (2) registró el mayor número de individuos con 111 (Tabla 2). La especie con mayor abundancia relativa al total del muestro fue *Psarocolius decumanus* (12,38%), con 70 individuos observados en los seis cultivos, seguido por *Mniotilta varia* con una abundancia relativa del 9,38% representada por 53 individuos.

Composición y riqueza del ensamblaje de aves en los cultivos

Los cultivos con mejor representatividad del muestreo fueron el 6 y 4. De acuerdo a los estimadores Chao y Bootstrap (en este orden), faltó registrar entre 11 y 23 especies en el primer cultivo; 17 y 24 en el segundo, 11 y 37 en el tercero, 11 y 15 en el cuarto, 5 y 12 en el quinto, y 5 y 13 en el sexto (Tabla 2). Por su parte se esperaron encontrar entre 6 a 13 especies con 2 individuos y entre 11 y 23 especies con un solo individuo.

La riqueza de especies fue similar en los primeros cuatro cultivos, mientras la composición de especies fue diferente en todos, dado un alto número de singularidades en cada cultivo (Tabla 2). El cultivo con el mayor número de especies únicas fue el segundo con *Basileuterus culicivorus*, *Chaetocercus astreans*, *Chrysolampis mosquitus*, *Columba speciosa*, *Cyanerpes caeruleus*, *Phaethornis symrathophorus*, *Pitangus sulphuratus*, *Sporophila nigricollis*, *Thraupis palmarum*, *Pionus sordidus*, *Pyrocephalus rubinus* un Tyranidae y dos no identificadas; junto con el cultivo 1 donde se encontraron *Chlorophonia cyanea*, *Coeligena phalerata*, *Cyanocompsa cyanooides*, *Carduelis psaltria*, *Pachyramphus albogriseus*, *Phyllomyias griseiceps*, *Ramphastos sulfuratus*, *Sayornis nigricans*, *Zimmerius viridiflavus* y 3 sin identificar. Seguidos del cultivo 4, con: *Chaetocercus heliodor*, *Catharus ustulatus*, *Myiotheretes striaticollis*, *Phaethornis superciliosus*, *Saltator maximus*; y el cultivo tres con *Catharus aurantiirostris*, *Oryzoborus crassirostris*, *Pyrrhomyias cinnamomeus*, *Serpophaga cinerea*, *Tachyphonus rufus*, *Tiaris bicolor* y una reinita sin identificar (*Basileuterus* sp.) Finalmente, los últimos cultivos que tuvieron el menor número de exclusivas, fueron el quinto (*Patagioenas cayennensis* y *Thraupis glaucocolpa*) y el sexto (*Basileuterus rufifrons*) (Tabla 3).

La estructura en términos de abundancia para los seis cultivos fue similar, con pocas especies dominantes en cada uno y variaciones en el orden jerárquico de cada cultivo. En este sentido, la dominancia de las especies en cada cultivo se distribuyó de la siguiente manera: *Psarocolius decumanus* y *Mniotilta varia* fueron las más dominantes para los cultivos 1, 5 y 6. En el cultivo 3 las especies más dominantes fueron *Setophaga fusca*, *Psarocolius decumanus*, *Vermivora peregrina* y *Mniotilta varia*. En el cultivo 4 fueron *Psarocolius decumanus*, *Vermivora peregrina* y *Atlapetes melanocephalus*. Una exploración por curvas de rango abundancia para cada uno de los cultivos, encontró que todos los cultivos presentan una forma que se asemeja a un modelo logarítmico (Apéndice 3).

A partir de la comparación de los cultivos de acuerdo a la composición y abundancias de aves, el PCoA mostró, mediante los perfiles de similitud (rutina SIMPOF), que el cultivo 2 fue estadísticamente diferente respecto a los otros cinco cultivos. El primer eje (PCO1) explicó el 33,4% de la variación y el PCO 2 otro 24,1% adicional (Fig 3). La dirección de los vectores de cada especie graficada en el PCoA indican cambios de abundancia y composición de ese cultivo, separándolo de los demás. En el cultivo 2 estas especies fueron: *Icterus chrysater*, *Basileuterus culicivorus*, *Chaetocercus astreans*, *Chrysolampis mosquitus*, *Columba speciosa*, *Cyanerpes caeruleus*, *Pionus sordidus*, *Pitangus sulphuratus*, *Sporophila nigricollis*, *Thraupis palmarum*, *Cyanocorax affinis*, *Cathartes aura*, un Tyranidae y dos sin identificar que estaban negativamente correlacionadas con el primer eje. Mientras que el segundo eje solo tuvo una especie altamente correlacionada de manera positiva (*Amazilia tzacatl*) (Fig 3).

Relación Avifauna-Ambiente

El mejor modelo ajustado explica cambios en la composición de aves por cambios en el porcentaje de cobertura de dosel (AICc=47,97; $R^2= 0,272$), seguido por el modelo que incluye la cobertura de dosel y su interacción con promedio de broca (AICc=54,61; $R^2=0,51$). El tercer mejor modelo incluye la cobertura de dosel más la interacción con promedio de

altura de la vegetación, junto con promedio de altura del café ($AICc=80,89$; $R^2=0,736$) (Tabla 4; Fig 4).

La ordenación de las especies mostró diferencias en la estructura del ensamblaje entre el grupo de cultivos 1, 3, 4, 5, 6 y el cultivo 2, coherente con el resultado del PCoA de abundancias y composición (Fig 3; Fig 4).

La variable de cobertura del dosel se correlacionó negativamente con el primer eje del dbRDA (-0,78) y separó consecuentemente al cultivo 2. La altura promedio de café se correlacionó negativamente con el primer eje (-0,85). La altura promedio de la vegetación se correlacionó significativamente solo con el tercer eje (-0,80), sin embargo al formar parte del mejor modelo graficado separó a los cultivo 5 y 6 con alturas de la vegetación elevadas.

Discusión

En este estudio se encontraron diferencias en la composición, riqueza y abundancia de la avifauna según las características de la vegetación, de la cuales, el porcentaje de cobertura del dosel, promedio de altura de vegetación, promedio de altura de árboles y promedio de broca fueron las más importantes (Tabla 4). Tan solo un cultivo fue estadísticamente distinto en composición, el cuál fue particularmente influenciado por la alta cobertura de dosel. Las características estructurales en su conjunto no permitieron una separación clara entre distintos niveles de intensificación de los cultivos, pero el porcentaje de árboles nativos terminó siendo altamente explicativo para la separación de riquezas de aves de los cultivos, así como algunas coberturas aledañas al cultivo.

Cambios en la composición de especies de aves entre cultivos

De acuerdo con la fundación “Pro-Sierra” (Pro-Sierra, 2015) se han registrado 631 especies de aves en toda la Sierra Nevada de Santa Marta, de las cuales 14,8% se observaron en los seis cultivos de este estudio. El único cultivo significativamente distinto en composición y abundancias fue el segundo. Este fue uno de los cultivos con mayor número de árboles emergentes (19), y con el mayor porcentaje de cobertura en el dosel, los cuales seguramente actuaron de manera sinérgica dada a su alta correlación (Apéndice 1). En conjunto, las características del cultivo 2 pudieron generar un hábitat particular para las aves por la riqueza y densidad de árboles en el estrato vertical y la cobertura de dosel que estos generan (Donald, 2004, Greenberg, Bichier, & Sterling, 1997, Perfecto et al. 1996, Philpott et al. 2008). Viéndose reflejado en una mayor cantidad de especies exclusivas y presencia de algunas especies asociadas a bosque como *Basileuterus culicivorus* y *Cyanerpes caeruleus*, esta última encontrada en dosel y algunas veces en estratos bajos de interior de bosque (Hilty & Brown 1986).

Consecuentemente en el mejor modelo obtenido mediante el dbRDA se ve la relación entre la composición de aves por especies como *Icterus chrysater*, *Basileuterus culicivorus*, *Chaetocercus astreans* del cultivo 2 con el porcentaje de cobertura de dosel (Fig.4). La separación en composición, explicada mediante el porcentaje de cobertura es coherente con los resultados de otras investigaciones (Donald, 2004, Gordon et al. 2007, Greenberg, Bichier, & Sterling, 1997, Moguel & Toledo, 1999, Philpott et al. 2008), particularmente por

el porcentaje de árboles nativos que forman parte del sombrero. El dosel estructuralmente diverso del cultivo 2 proporciona hábitat importante para diversas comunidades de aves (Hernandez et al. 2013). La especie *Cathartes aura* no es típica de cafetales, pero ha sido reportada en otro cafetal de la zona (Izquierdo, 2009). *Basileuterus culicivorus* es común de bosque secundario en avanzado estado de sucesión y usualmente forrajea en los estratos arbustivos y arbóreos (Chatellenaz, 2008), posiblemente atraída por la alta presencia de árboles nativos y cultivados que formaban un dosel estratificado, diverso y denso (Tabla 1). *Columba speciosa* y *Cyanerpes caeruleus* son especies típicas de dosel facilitando su presencia por la abundancia en cobertura (Hilty & Brown, 1986). *Pionus sordidus* generalmente se encuentra en árboles altos (Hilty & Brown, 1986), fácilmente proporcionados por el alto número de árboles emergentes. *Cyanocorax affinis* se asocia mucho a bosques secundarios (Hilty & Brown, 1986), que se encontró en este cultivo como borde adyacente. Finalmente, hubo un registro de la especie endémica *Chaetocercus astreans* indicando la importancia de las características de este cultivo, inclusive como potencial generador de hábitat para esta especie endémica. Este alto número de especies únicas es consistente con los hallazgos de Philpott et al. (2008) quienes encontraron que la diversidad de avifauna tendía a aumentar con mayor complejidad del hábitat, especialmente por la riqueza de árboles, la densidad de árboles, la altura del dosel, y la cobertura del dosel.

Con los resultados de la relación avifauna-vegetación no hubo variables que explicaran el alto número de especies únicas en otros cultivos, de manera similar a como el porcentaje de cobertura explicó la diferencia estadística del cultivo 2. Sin embargo, las diferencias en las características estructurales mostraron relación con las especies únicas del cultivo 4. Este cultivo fue estadísticamente distinto por la altura de vegetación más baja, donde se observó la especie *Saltator maximus* usualmente asociada a niveles bajos de vegetación (Hilty & Brown 1986), *Catharus ustulatus* la cual se observa generalmente en alturas medias y bajas (Hilty & Brown 1986), *Phaethornis superciliosus* la cual tiene sus perchas favoritas en vegetación de 1-5 metros (Hilty & Brown 1986), y *Chaetocercus heliodor* que se observa en arbustos y árboles bajos (Hilty & Brown 1986). Mediante la diferencia estadística de una variable se logró relacionar la presencia de 4 de las 5 especies únicas de este cultivo. Además una de las especies más dominantes en este cultivo, y que no se presentó en la misma proporción en los otros, fue *Atlapetes melanocephalus* típica de matorrales entre 1-10 metros de altura (Hilty & Brown, 1986), indicando la relación entre su alta abundancia con la baja altura de la vegetación. Así mismo las bajas alturas de la vegetación y del café en el cultivo 4 indican que este fue el cultivo más joven. En el estudio realizado por Peraza et al. (2004) se encontró que la riqueza de aves disminuía con el envejecimiento del cultivo, sugiriendo que los cultivos más jóvenes pueden mantener un número alto de especies, consecuente con los resultados de la riqueza del cultivo 4 (Tabla 2).

Similitudes en composición de aves entre cultivos

La especie endémica *Atlapetes melanocephalus*, se registró en todos los cafetales. Esto es posiblemente debido a las características del primer estrato y su relación con la altura del café en todos los cultivos. Lo anterior se evidenció estadísticamente por la correlación de los promedios de altura del café con la variable estratos (Apéndice 1). Consecuentemente la altura del café se correlacionó negativamente con el primer eje del PCoA vegetal (-0,78) al igual que *Atlapetes melanocephalus* en el PCoA de composición (-0,71). Esto indicaría la

importancia de las alturas del café para explicar la presencia de la especie en los cafetales. No obstante las Musaceas, árboles nativos y frutales pueden estar generando diversos lugares disponibles en el sotobosque de los cafetales para esta especie debido a su relación con los dos primeros estratos de todos los cultivos. Por otro lado, *Atlapetes melanocephalus* es un indicador de que ningún cafetal se asemejó ecológicamente a un bosque maduro (Hilty & Brown 1986), a pesar de ser cafetales diversos en estructura y composición florística, evidente a través del estudio de Izquierdo (2009) donde no se registró ningún individuo de esta especie en bosque.

En todos los cultivos muestreados, se encontraron varias especies migrantes, entre ellas *Mniotilta varia*, *Setophaga fusca*, *Vermivora peregrina* y *Setophaga ruticilla* (Hilty & Brown, 1986). Conforme a trabajos de otros autores (Parker III, Stotz, & Fitzpatrick, 1996, Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004), las zonas cafeteras son de importancia para estas especies que utilizan estos sistemas productivos para invernar (Greenberg, 1996). Es entonces relevante continuar evaluando si en el caso de los cafetales muestreados, estas especies migratorias suplen sus requerimientos de hábitat, así como se ha estudiado en otros departamentos del país (Cenicafe, 2012). Esto es aún más importante en casos de especies migratorias vulnerables como *Setophaga cerulea* (registrada en dos cultivos) cuya abundancia ha sido mayor que la esperada, mostrando su afinidad a las zonas cafeteras (Cenicafe, 2012, UICN, 2012). Es también relevante ampliar el muestreo a otras temporadas del año debido a que la composición de los ensamblajes varía por la llegada de aves migratorias (Johnson et al. 2005). Las aves residentes generalmente utilizan los cafetales de sombrío durante una estación específica, y se van a otros hábitats cuando las migrantes están presentes (Jedlicka et al. 2006). Esto dificulta la observación de algunas especies en cafetales en estas temporadas, inclusive a las especies regionales generalistas que prefieren evitar la competencia por recursos cuando las migrantes son muy abundantes (Jedlicka et al. 2006).

Variables estructurales que mejor explican cambios en la composición de aves

Las variables, altura promedio de la vegetación y del café fueron importantes descriptoras de las condiciones de la estructura de la vegetación en los cultivos (PCoA) y explicaron parcialmente cambios en la composición de aves (dbRDA (Fig 3 & Fig 4, respectivamente). En el mejor modelo, el promedio de altura de la vegetación, dado su dirección y magnitud influyó a los cultivos 5 y 6 en términos de composición. No obstante esta variable fue mayor en el cultivo 3 (Tabla 1). El promedio de altura del café por sí sola tampoco fue coherente explicando cambios en composición de los cultivos con cafetales más pequeños (3 y 4). La excepción fue en el porcentaje de cobertura del dosel, que muestra una relación contundente con la separación estadística de la composición del cultivo 2. Al no tener un patrón evidente entre las características vegetales más parsimoniosas y la composición no se puede argumentar sobre que especies están generando estos cambios. Debido a la similitud en las características vegetales de los cafetales, es posible que los gradientes en cambios estructurales no se relacionen fuertemente con los cambios de composición, particularmente por las pocas horas de muestreo de aves. Esto genera problemas para detectar presencia de ciertas especies cuando la población es pequeña, los individuos son difíciles de observar, o el esfuerzo de muestreo es limitado (Gu & Swihart, 2004), lo cual está altamente relacionado con las variaciones de la representatividad del muestreo, especialmente con el estimador Chao 1 (Tabla 2). El tamaño de la muestra de cafetales tampoco permitió una comparación

más amplia entre las características estructurales con manejos similares. Es posible que al haber incorporado cultivos con diferente tipo de manejo por parte de sus propietarios, la estructura vegetal hubiese variado lo suficiente para detectar cambios en la misma y una relación con la composición de las aves.

A pesar de ser resultados preliminares, el presente estudio es un aporte importante para explicar los cambios de composición de aves por características estructurales en cafetales. Las tres variables del mejor modelo han sido documentadas por su importancia para mantener riqueza alta de avifauna en cafetales. La altura promedio del café forma parte importante en las alturas del sotobosque en cafetales (Philpott et al. 2008, Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004), y por ende para la avifauna. Igualmente las alturas promedios de la vegetación abarcan la altura promedio de árboles, altura máxima de árboles, altura mínima de árboles, y altura del dosel (Philpott et al. 2008), características importantes para las aves.

Aunque el porcentaje de broca no fue incluido en el modelo con mayor verosimilitud (Fig 4), formó parte del segundo, cuarto y quinto modelo más parsimonioso (Tabla 4). Esto podría indicar que esta variable explica las abundancias y presencia de ciertas especies. El control de esta plaga por parte de las aves ha sido documentado en la literatura, especialmente en estudios experimentales (M. D. Johnson, Kellermann, & Stercho, 2010, Matthew D. Johnson et al. 2009, Kellermann et al. 2008). El cultivo 3 fue el que registró un mayor porcentaje de broca inclusive con la aplicación consistente del hongo *Beauveria bassiana* (bio-controlador) en la unidad productiva y la práctica de RE-RE (recoger todos los frutos maduros de la plantación y repasar para recoger aquellos que se hayan quedado). Este cultivo fue el más distante a parches de bosque, por las matrices adyacentes y la lo cual es un resultado intrigante, debido a la investigación de Karp et al. (2013), en el cual se registró un control biológico de esta plaga (*Hypothenemus hampei*) hasta del 50 % por parte de la avifauna. Los bosques cercanos incrementaron las abundancias de aves que consumen broca, como las relaciones consistentes entre elementos boscosos en el paisaje, y la disminución de la misma. En otro estudio realizado por Daniella Dueñas Tamasco (2013), se evidenció como la broca se reduce considerablemente en cafetales cercanos a bosque, respecto a cuando el café limita con pastizal, esto sugiere que los controladores de esta plaga habitan en los bosques cercanos, por lo menos en mayor proporción que en potrero. Sin embargo concluir que las diferencias en el porcentaje de broca del cultivo 3 se deben a esta relación paisajística, no es completamente evidente.

Además los resultados obtenidos en las correlaciones sugieren que tanto los productores como la avifauna tendrían una ventaja en cafetales con sombríos altos, esto se debe a la correlación negativa de la broca con altura máxima de árboles, ya que existe evidencia sobre como las alturas de los árboles favorecen a las aves (Moguel & Toledo, 1999), y estimulan la producción del café (Cenicafé, 2012). No obstante parece existir un trade-off (tomado del inglés) tanto para las aves como el productor debido a que la broca puede aumentar parcialmente con el número de árboles (Apéndice 1). Esto sugiere que los cafetales deberían ser más tecnificados para disminuir la broca, pero a su vez afectaría el control de la plaga proporcionado por aves atraídas por la complejidad estructural de la vegetación de los cafetales (Kellermann et al. 2008).

Importancia del mosaico de bordes para las aves

Los bordes de cada cultivo se tuvieron en cuenta para relacionar los usos de hábitat de las aves registradas en los cultivos y las matrices adyacentes. Mediante esta información se vio un patrón en las diferencias de riqueza específica de algunos cultivos. Los cultivos con bosque adyacente tuvieron mayor riqueza específica y se encontraron especies asociadas a bosque, como se reporta en otros estudios (Karp et al. 2013, Philpott et al. 2008). Este es el caso de *Atlapetes torquatus*, *Basileuterus culicivorus* y *Arremonops conirostris* (Hilty & Brown, 1986). A pesar de tener un borde evidente entre cafetales y bosque es posible que la magnitud de estos se disminuya por los doseles cerrados, las alturas de la vegetación (incluyendo alto número de emergentes) y la complejidad estructural en general (Greenberg et al. 1997, Ivette Perfecto & Philpott, 2006). No obstante la proporción de especies de bosque encontradas fue muy baja, posiblemente por la sensibilidad ecológica de algunas especies residentes asociadas a bosques, y su intolerancia inclusive a cafetales estructuralmente complejos y altamente diversos en composición (Dauber et al. 2003, Tejeda-Cruz & Sutherland, 2004). A pesar de esto, algunas especies registradas solamente en bosque de la región (Izquierdo, 2009) como *Myioborus miniatus*, *Catharus ustulatus*, *Mionectes olivaceus*, *Colaptes rubiginosus*, *Atlapetes torquatus*, *Basileuterus culicivorus*, *Basileuterus conspicillatus*, *Patagioenas cayennensis* y *Turdus ignobilis*, se encontraron en algún cafetal de este estudio. Esto puede ser debido a la alta presencia de árboles nativos en menos de 0,5 hectáreas en doseles cerrados, los cuales han sido asociados a la presencia de especies sensibles a la perturbación (Komar & Dominguez, 2002). Además por haber muestreado un único cafetal y por la falta de caracterización de la estructura vegetal por parte de Izquierdo (2009) se dificulta la asociación de estas especies exclusivamente a bosque.

Al analizar las influencias de otros bordes, se observó que los cultivos con menos presencia de especies (5 y 6) tenían el río como un borde cercano, no obstante los dos cultivos con quebrada (1 y 4) tuvieron la riqueza más alta e inclusive la especie *Sayornis nigricans* asociada a cuerpos de agua (Hilty & Brown, 1986). En un estudio realizado por Bock (2015) se encontró un patrón donde la abundancia total de aves fue tres veces mayor en transectos con cuerpos de agua cercanos, sin embargo el estudio fue diseñado con aguas lénticas y no comparó riqueza de ríos y quebradas.

Gradientes de intensificación y pérdida de calidad de hábitat para las aves

Según la clasificación de Moguel y Toledo (1999) existen 5 categorías para los gradientes de intensificación en los cafetales, que van desde cafetales tradicionales con sombríos estratificados hasta monocultivos sin sombrío. En esta clasificación el gradiente va aumentando en intensificación especialmente por la remoción de árboles nativos del sombrío y por la disminución de estratos en los cultivos.

Las plantaciones de café con varios estratos pueden ser considerados sistemas “tradicionales” mediante la propuesta metodológica de Moguel y Toledo (1999), y esta definición se ajusta al tipo de manejo dado en los cultivos del presente estudio (entre 3-4 estratos). Dentro de esta categoría se encuentran los cultivos más diversificados con el sombrío natural del bosque (policultivo rústico) y los policultivos con árboles nativos y sembrados (policultivo comercial), a los cuales pertenecen todos los cultivos de este estudio. Sin embargo, el gradiente de comparación entre policultivos comerciales es inexistente bajo esta

metodología, ya que no proponen un método cuantitativo para comparar diferencias (Philpott et al. 2008) como las encontradas en el estudio actual. Debido a la inexactitud de comparar diferencias vegetales mediante la metodología de Moguel y Toledo (1999) las comparaciones principales se hallaron en el porcentaje de árboles nativos. Los cultivos con el mayor número de árboles nativos fueron: el cultivo 1 con 43,9%, seguido del 4 con 40,8%, el 2 con 39,7%, y el 3 con 36,5%. Los cultivos 5 (22,2%) y 6 (24,6%) tuvieron los menores porcentajes de nativos demostrando un manejo más intensificado por parte de los propietarios. Consecuentemente los cultivos con más especies de aves fueron aquellos con mayor porcentaje de árboles nativos (1, 2 y 4) y los de menor riqueza fueron los cultivos 5 y 6. Esta relación entre pérdida de aves y el porcentaje de árboles nativos es coherente con la investigación de Philpott et al. 2008, donde los cultivos con café rústico obtuvieron una riqueza de aves igual o mayor a la de bosques cercanos y mayor a la de cafetales más intervenidos. Otras investigaciones sugieren que la diversificación de especies arbóreas atraen y mantienen las aves ofreciendo frutos comestibles, néctar e insectos (Moguel & Toledo, 1999).

La intensificación también está relacionada con la pérdida de densidad de árboles, eliminación de epífitas, pérdida de árboles nativos, aumento de densidad de siembra del café, aumento de agroquímicos entre otras características de la vegetación (Moguel & Toledo, 1999, Philpott et al. 2008), las cuales generan patrones evidentes que no se evidenciaron en el presente estudio. A pesar de encontrar diferencias en las variables vegetales entre cultivos y la presencia de gradientes por las mismas (Fig 2; Fig 4), no se encontró una tendencia o patrón de intensificación, especialmente bajo la categoría de Moguel y Toledo (1999). Esto puede deberse a las pequeñas diferencias estructurales (en su conjunto) de los seis cafetales, dificultando la comparación de gradientes.

Debido al abundante número de especies de aves registradas en pocas horas de muestreo la importancia de la zona y de los cultivos cafeteros es evidente. Es por lo tanto una prioridad incentivar cafetales en sombrío estructuralmente complejos y diversos en la Sierra Nevada con el fin de poder mantener esta diversidad de aves mediante un hábitat de alta calidad con porcentajes de sombrío elevados, un alto porcentaje de árboles nativos y manteniendo bosques y quebradas aledañas a los cultivos. Esto a su vez podría generar una serie de certificaciones responsables con la avifauna debido a que las personas están dispuestas a pagar por productos más responsables (Tully & Winer, 2013).

Al ser el café la actividad económica más importante dentro de la Sierra Nevada (Strewe & Navarro, 2004) se debe seguir explorando como este sistema productivo puede estar aportando hábitat (evaluado mediante características de la vegetación) para la avifauna migratoria, regional y endémica de la zona, y así motivar la producción de café con las características estructurales más apropiadas para la avifauna y otros taxones.

Conclusión y Recomendaciones

Los hallazgos sugieren que los cafetales muestreados pueden ser hábitat favorable para las especies migratorias, pero pobre para las especies asociadas a bosques (10,6% de todo el muestreo) aunque la presencia de bosques aumentó la diversidad de aves en los cafetales. Esta proximidad con bosques, acompañada de cafetales altamente diversos en estructuras y

composición florística, también puede ser benéfica para especies forestales debido a los bordes menos pronunciados comparados con otros sistemas productivos, especialmente en temporadas sin aves migratorias (Jedlicka et al. 2006). El aumento de árboles nativos en el sombrío del café, junto con el mantenimiento de los bosques aledaños y quebradas con vegetación nativa podrían generar un incremento de la diversidad de aves en cafetales, la cual se evidenció en este estudio. De igual manera los otros tipos de cobertura generan sistemas productivos muy diversos, formando un paisaje heterogéneo para el sostenimiento y potencial conservación de la avifauna (Leyequién, de Boer, & Toledo, 2010). De acuerdo a los resultados de este estudio se debería considerar la distancia a bosques y cuerpos de agua para relacionar esto con la diversidad de aves en los cafetales.

El porcentaje de cobertura del dosel, las alturas de vegetación y del café deberían ser variables que siempre se tuvieran en cuenta al estudiar la relación de las características vegetales con las aves en cafetales. Estas demostraron explicar la composición en algunos cultivos inclusive teniendo manejos similares, y también han aportado al entendimiento de la disminución de la avifauna en estudios de cafetales (Moguel & Toledo, 1999, Philpott et al. 2008). La broca mostró una relación con la avifauna y el manejo de los cultivos por parte de los propietarios, particularmente por la altura de árboles, el número de árboles sembrados, y el mantenimiento de bosques aledaños. Explorar estas relaciones con más profundidad debería ser una prioridad en estudios futuros que quieran entender como la avifauna puede estar aportando al control biológico de la plaga que mayor amenazas representa para la producción del café (Kellermann et al. 2008).

Los estudios futuros que deseen explorar con mayor profundidad las relaciones entre intensificación y avifauna en cafetales deberían tener en cuenta manejos contrastantes y medir otras variables como densidad de arbustos, altura de arbustos (excluyendo DAP's), hojarasca, número de hierbas, la riqueza específica de epífitas y árboles nativos. Con esto se tendría una caracterización más completa de las variables vegetales de los cultivos y un análisis más profundo para determinar la composición o pérdida diversidad en avifauna.

Sería igualmente relevante ver como los cuerpos de agua cercanos a los cafetales aportan a la riqueza y composición de los ensamblajes de aves, inclusive en distintas temporadas del año debido a la variación hídrica en épocas de sequía y lluvias. Así mismo se recomienda tener una perspectiva paisajística con escalas más amplias a la de matrices adyacentes, principalmente debido a que los bosques demostraron ser importantes para el incremento de la riqueza de aves como también importantes descriptores de la composición de algunos cultivos y demostraron una relación con la disminución de la broca. Una aproximación paisajística más rigurosa debería tener en cuenta las distancias a bosques y quebradas de cada cultivo y su asociación con la composición de las aves y los grupos alimenticios que pueden estar aportando al control biológico de la broca.

Agradecimientos

A mi Maestro Sadhu Ram por transformar mi vida en todas sus dimensiones, por darme gracia y dirección en todo momento.

A mis padres por el apoyo incondicional en mi cambio de carrera y en las mil cien vueltas que me ha dado la vida.

A mis directores de tesis Dr. Nicolás Urbina y Dra. Maria Angela Echeverry por su apoyo, guía, paciencia, enseñanza, y respaldo permanente en todo este proceso. Sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A la Asociación de productores indígenas Seynekun (Asoseynekun), en particular a la familia Izquierdo (Aldemar, Seinabi, Gun, Buncha, Yuta y Jamerson) por abrirme las puertas de su hogar y por su apoyo en todo el proceso de mi estadía en Jewrwa, como a todos los productores que me permitieron estudiar sus unidades productivas y realizar mis muestreos. Igualmente le debo un gran agradecimiento a la Sra. Claribeth Navarro Izquierdo, representante legal de Asoseynekun quien me permitió quedarme en su casa y me dio acceso legal para ingresar a todas las unidades productivas de la asociación.

Fig 1. Base Map de la Sierra Nevada de Santa Marta de ArcGis con el Municipio de Pueblo Bello y el área de estudio (recuadro) y una imagen de Google Earth con los cultivos.

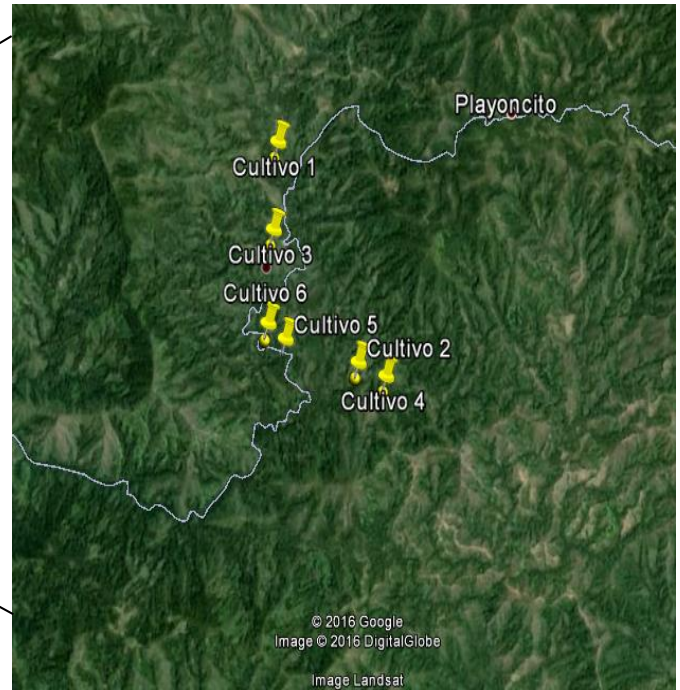


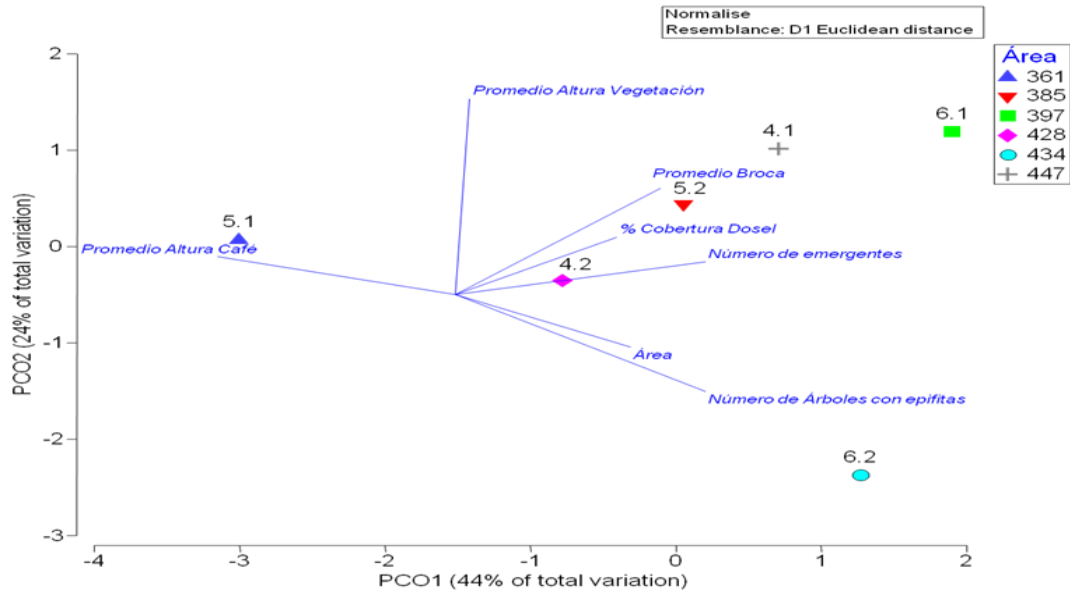
Tabla 1: Caracterización de los seis cultivos de café en Jewrwa, Sierra Nevada de Santa Martha.

Variables	Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Cultivo 4	Cultivo 5	Cultivo 6	Kruskal-Wallis
	Mediana (rango)	Mediana (rango)	Mediana (rango)	Mediana (rango)	Mediana (rango)	Mediana (rango)	
Altura Vegetación (metros)	8,64 (3,9-19,4)	8,61 (4,6-19,8)	9,18 (4,3-17,1)	7,69 (3,2-17,5)	9,14 (2,7-17)	8,58 (3,1-17,4)	H= 14,82; p= 0.01
Altura Café (metros)	1,62 (1,3-2,6)	1,55 (1,3-2,7)	1,12 (0,6-1,7)	1,19 (0,4-1,6)	1,53 (1,3-2,2)	1,66 (1,2-2,6)	H= 444,6; p= 0,001
Broca (%)	6,34 (0-39)	8,51 (0-30)	29,07 (7-64)	9,63 (0-47)	16,94 (0-45)	13,01 (0-49)	H= 50,86; p= 0,001
Cobertura Dosel (%)	83,62 (0-100)	93,06 (0-100)	88,90 (0-100)	87,13 (0-100)	87,86 (0-100)	84,22 (0-100)	H=32,67; p=0,001
Número de Árboles con epífitas	1	8	16	20	7	10	N/A
Número de emergentes	2	19	17	17	23	12	N/A
Área (Hectáreas)	0,361	0,385	0,397	0,434	0,447	0,428	N/A
Estratos*	4	3	3	3	3	4	N/A
Max. Altura Café* (metros)	2,63	2,76	1,75	1,73	2,49	2,46	N/A
Max. Altura Árboles* (metros)	19,4	19,8	17,1	17,5	17	17,4	N/A
Número de Árboles*	41	58	63	71	63	61	N/A
Riqueza Árboles*#	8	7	10	7	9	7	N/A

*Dada la alta colinealidad (valores mayor a 80%) estas variables fueron eliminadas de posteriores análisis.

Los árboles nativos suman 1 por su categorización Nativo sin diferenciarlos taxonómicamente.

Fig 2. PCoA de variables vegetales con distancias Euclidianas normalizadas. Los cultivos están representados por el área (figura geométrica) y las matrices adyacentes de cada uno (número encima de cada figura geométrica*)



* Dependiendo de las matrices adyacentes a cada cultivo se les asignó un código como se explica a continuación. **Cultivo 1: 5,1:** Café Castillo-Coca-Caña-Quebrada con vegetación nativa-Guineo y Ahuyama. **Cultivo 2: 5,2:** Guineo y Yuca- Coca-Bosque-Rastrojo-Potrero. **Cultivo 3: 6,1:** Guadua-Café Catillo-Caña- Potrero- Sendero- Coca. **Cultivo 4: 6,2** Bosque- Guineo y Yuca- Café criollo- Quebrada con vegetación nativa- Café Castillo-Coca. **Cultivo 5: 4,1:** Río-Café Castillo-Café Colombia soca- Sendero. **Cultivo 6:4,2:** Bosque- Guineo y Yuca- Café Castillo- Río

Tabla 2: La riqueza de especies observada y estimada de aves en seis cultivos de variedad Colombia en sombrío en Jewrwa, Sierra Nevada de Santa Marta.

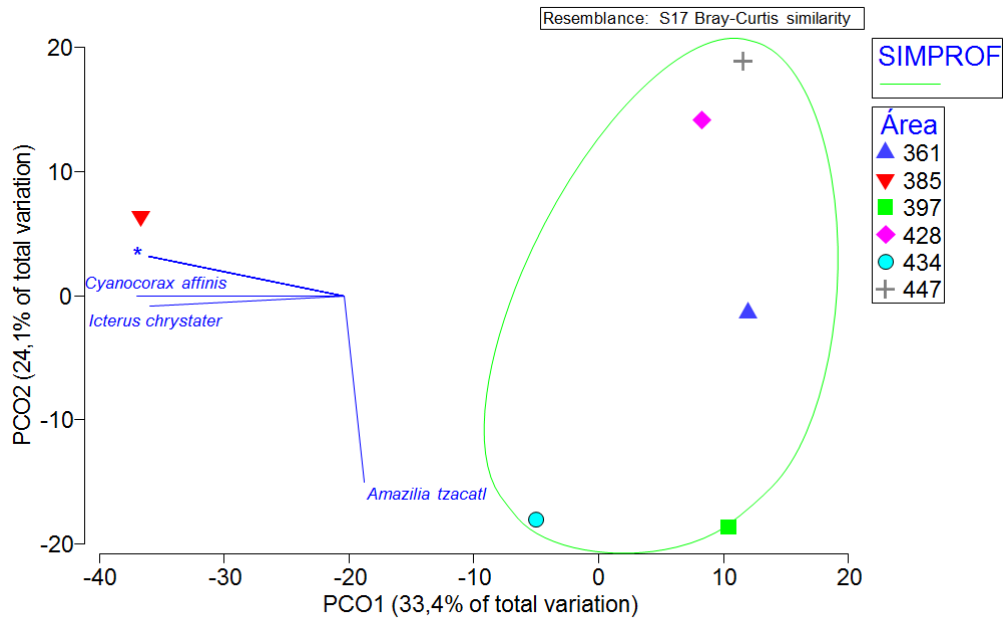
Cultivos						
	Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Cultivo 4	Cultivo 5	Cultivo 6
Número de especies observadas	39	39	36	42	30	31
Número de Individuos	85	111	90	103	79	97
Chao 1 *	63,1%	61,3%	48,8%	73,1%	69,8%	83,4%
Bootstrap *	78,7%	79,3%	76,4%	78,7%	85,1%	79,7%
Singletons	22	20	23	20	15	11
Doubletons	9	7	6	13	7	12

* En porcentaje de representatividad del inventario de acuerdo a cada uno de los estimadores

Tabla 3. Especies de aves compartidas (debajo de la diagonal) entre cultivos de café en en Jewrwa (Sierra Nevada de Santa Martha) y especies únicas a cada cultivo (en la diagonal en negrilla).

Riqueza de Aves	Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Cultivo 4	Cultivo 5	Cultivo 6
Cultivo 1	12					
Cultivo 2	13	14				
Cultivo 3	19	15	7			
Cultivo 4	22	18	22	5		
Cultivo 5	17	16	17	17	2	
Cultivo 6	18	16	18	21	19	1

Fig 3. PCoA grupos ecológicos de aves separados por los perfiles similitud Bray-Curtis con los perfiles de similitud SIMPROF y las especies con hasta un 90% de correlación con las dos primeras coordenadas.



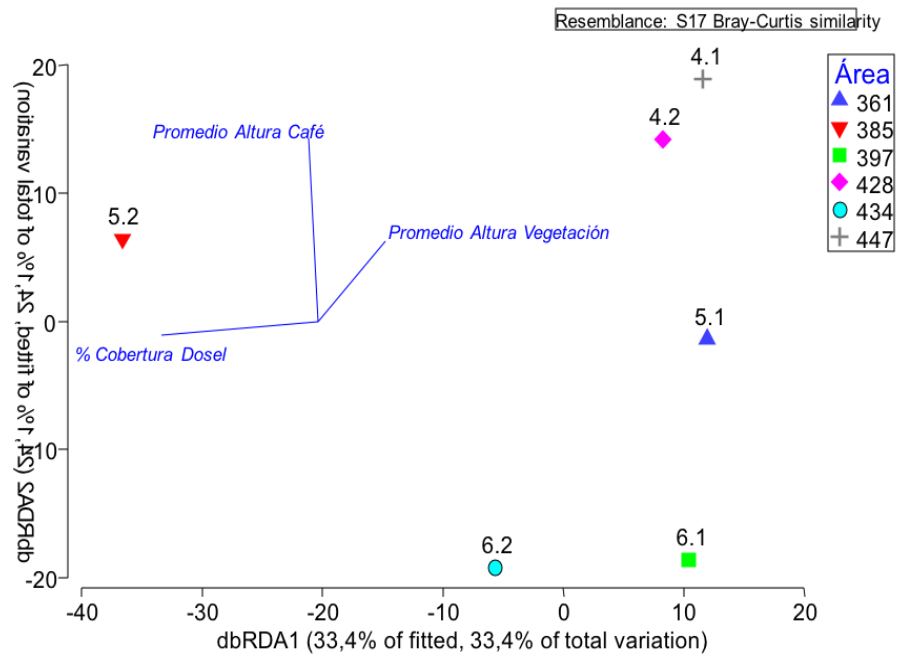
* *Basileuterus culicivorus*, *Chaetocercus astreans*, *Chrysolampis mosquitus*, *Columba speciosa*, *Cyanerpes caeruleus*, *Pionus sordidus*, *Pitangus sulphuratus*, *Sporophila nigricollis*, *Thraupis palmarum*, *Cathartes aura*, dos sin identificar y un Tyranidae

Tabla 4: Los mejores modelos ajustados clasificados en orden de número de variables que explican, composición de las aves en seis cafetales de variedad Colombia Jewrwa.

AICc	R ²	RSS	Número de Variables	*Variable seleccionada
47,97	0,272	3975,6	1	4
54,61	0,51	2677,6	2	3;4
80,89	0,736	1442,5	3	1;2;4
Infinito	0,8969	563,35	4	1;3-5
Infinito	0,879	659,93	4	1-4

*Variables: 1: Promedio Altura Vegetación, 2: Promedio Altura Café, 3: Promedio Broca, 4: % Cobertura Dosel, 5: Número de árboles con epífitas

Fig 4. dbRDA de la composición de aves en función de variables de la vegetación que mejor se ajustaron al modelo .



Referencias:

- Aguilar-Ortiz, F. 1982. Estudio ecológico de las aves del cafetal. Pages 103–127 in E. Jimenez-Avila and A. Gomez-Pompa, editors. Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.
- Armenteras, D., & Rodriguez, N. (2014). DINÁMICAS Y CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN BOSQUES DE LATINO AMÉRICA : UNA REVISIÓN DESDE 1990. *Colombia Forestal*, 17, 233–246.
doi:10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a06
- Bandeira, F. P., Martorell, C., Meave, J. A., & Caballero, J. (2005). The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 14, 1225–1240. doi:10.1007/s10531-004-7843-2
- Bock, C. E. (2015). Abundance and variety of birds associated with point sources of water in southwestern New Mexico, U. S. A. *Journal of Arid Environments*, 116, 53–56.
doi:10.1016/j.jaridenv.2015.01.021
- Cenicafe. (2012). *Una Alianza Por la Conservación de las Aves Migratorias en Zonas Cafeteras de Colombia*.
- Cenicafé. (2012). *Mejore su Cafetal Tradicional. Cartilla Cenicafé* (Vol. 11, pp. 228–246).
doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Chatellenaz, M. L. (2008). Ecología alimentaria de dos especies simpátricas del género *Basileuterus* en el noreste de Argentina. *El Hornero*, 23, 87–93.
- Clarke, K., & Gorley, R. (2015). Primer v7.
- Clarke, K. R., Somerfield, P. J., & Gorley, R. N. (2008). Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366, 56–69.
doi:10.1016/j.jembe.2008.07.009
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities, 17–17.
- Cruz-Angón, A., & Greenberg, R. (2005). Are epiphytes important for birds in coffee plantations? An experimental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 42(315), 150–159. doi:10.1111/j.1365-2664.2004.00983.x
- Daniella Dueñas Tamasco. (2013). *EFEECTO DE BORDE EN LOS ECOTONOS CAFÉ-BOSQUE Y CAFÉ-POTRERO SOBRE EL NÚMERO DE FRUTOS Y LA INCIDENCIA DE BROCA Y ROYA EN CULTIVOS DE CAFÉ BAJO SOMBRA DE LA VARIEDAD CASTILLO Y CATURRA*. Universidad Javeriana.
- Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., & Wolters, V. (2003). Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. doi:10.1016/S0167-8809(03)00092-6
- Donald, P. F. (2004). Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems. *Conservation Biology*. doi:10.1111/j.1523-1739.2004.01803.x

- Donegan, T. M., Quevedo, A., McMullan, W. M., & Salaman, P. G. W. (2011). Revision of the Status of Bird Species Occurring or Reported in Colombia 2011. *CONSERVACION COLOMBIANA*, 4–21.
- Etter, A. (1998). *Mapa general de ecosistemas de Colombia 1998*. Bogotá: INSHU.
- Farfán-Valencia, F., & Mestre-Mestre, a. (2004). Manejo del sombrero y fertilización del café en la zona central Colombiana. *Avances Técnicos CENICAFÉ, Diciembre*, 8.
- Gallina, S., Mandujano, S., & Gonzalez-Romero, a. (1996). Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 33, 13–27. doi:10.1007/BF00122886
- Gómez, H. M., Teresa, M., Patiño, G., & Z, O. J. (2002). DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferr ., EN COLOMBIA Estudio de caso fases I-II-III-IV-V.
- González-Oreja, J. A., de la Fuente-Díaz-Ordaz, A. A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco, D., & Bonache-Regidor, C. (2010). Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*, 33, 31–45.
- Gordon, C., Manson, R., Sundberg, J., & Cruz-Angon, A. (2007). Biodiversity, profitability, and vegetation structure in a Mexican coffee agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, 256–266. doi:10.1016/j.agee.2006.05.023
- Greenberg, R. (1996). Birds in the tropics. The coffee connection. *Birding*, 28, 471–472.
- Greenberg, R., Bichier, P., & Sterling, J. (1997). Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 29, 501–514. doi:10.2307/2388943
- Gu, W., & Swihart, R. K. (2004). Absent or undetected? Effects of non-detection of species occurrence on wildlife-habitat models. *Biological Conservation*, 116, 195–203. doi:10.1016/S0006-3207(03)00190-3
- Hammer, Ø. (2012). Reference manual, (1999).
- Hardner, J., & Rice, R. (2002). Rethinking green consumerism. *Scientific American*, 286, 88–95. doi:10.1038/scientificamerican0502-88
- Harvey, C. A., & González Villalobos, J. A. (2007). Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2257–2292. doi:10.1007/s10531-007-9194-2
- Héctor Iván Trujillo, E., Luis Fernando Aristizábal, a., Alex Enrique Bustillo, P., & Mauricio Jiménez, Q. (2006). Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en fincas de caficultores experimentadores. *Revista Colombiana de Entomología*, 32, 39–44.
- Hernandez, S. M., Mattsson, B. J., Peters, V. E., Cooper, R. J., & Carroll, C. R. (2013). Coffee Agroforests Remain Beneficial for Neotropical Bird Community Conservation across Seasons. *PLoS ONE*, 8(9). doi:10.1371/journal.pone.0065101
- IDEAM. *Atlas climatológico de Colombia*. (2005). Bogotá: Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

- Izquierdo, J. del Pi. (2009). *COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS ENSAMBLAJES DE AVES ASOCIADOS A UN CAFETAL CON SOMBRIO Y UN BOSQUE NATURAL EN LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA (CESAR)*. *Aging*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Jedlicka, J. A., Greenberg, R., Perfecto, I., Philpott, S. M., & Dietsch, T. V. (2006). Seasonal shift in the foraging niche of a tropical avian resident: resource competition at work? *Journal of Tropical Ecology*, *22*, 385–395. doi:10.1017/S0266467406003191
- Johnson, M. D., Kellermann, J. L., & Stercho, A. M. (2010). Pest reduction services by birds in shade and sun coffee in Jamaica. *Animal Conservation*, *13*, 140–147. doi:10.1111/j.1469-1795.2009.00310.x
- Johnson, M. D., Levy, N. J., Kellermann, J. L., & Robinson, D. E. (2009). Effects of shade and bird exclusion on arthropods and leaf damage on coffee farms in Jamaica's Blue Mountains. *Agroforestry Systems*, *76*, 139–148. doi:10.1007/s10457-008-9198-2
- Johnson, M. D., Sherry, T. W., Strong, A. M., & Medori, A. (2005). Migrants in Neotropical bird communities: An assessment of the breeding currency hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, *74*, 333–341. doi:10.1111/j.1365-2656.2005.00928.x
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*. doi:10.1007/s10457-009-9229-7
- Karp, D. S., Mendenhall, C. D., Sandí, R. F., Chaumont, N., Ehrlich, P. R., Hadly, E. a., & Daily, G. C. (2013). Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters*, *16*, 1339–1347. doi:10.1111/ele.12173
- Kellermann, J. L., Johnson, M. D., Stercho, A. M., & Hackett, S. C. (2008). Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms. *Conservation Biology*, *22*, 1177–1185. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.00968.x
- Komar, O. (2006). Ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International*, *16*, 1–23. doi:10.1017/S0959270906000074
- Leyequién, E., de Boer, W. F., & Toledo, V. M. (2010). Bird community composition in a shaded coffee agro-ecological matrix in Puebla, Mexico: The effects of landscape heterogeneity at multiple spatial scales. *Biotropica*, *42*, 236–245. doi:10.1111/j.1744-7429.2009.00553.x
- Longino, J. T., & Colwell, R. K. (2011). Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient. *Ecosphere*, *2*, art29. doi:10.1890/ES10-00200.1
- Magurran, A. E., Dornelas, M., Moyes, F., Gotelli, N. J., & McGill, B. (2015). Rapid biotic homogenization of marine fish assemblages. *Nature Communications*, *6*, 8405. doi:10.1038/ncomms9405
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*. doi:10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x
- Morris, S. R. (2001). *Bird Census Techniques*. *The Wilson Bulletin* (Vol. 113, pp. 468–468). doi:10.1676/0043-5643(2001)113[0468:]2.0.CO;2
- Oliver Komar, J. P. D. (2002). *Efectos del estrato de sombra sobre poblaciones de anfibios, reptiles y aves en plantaciones de café de El Salvador: implicaciones para programas*

- de certificación. Revista Proteccion Vegetal y Vegetal* (Vol. 02, pp. 61–62). Retrieved from http://dialnet.unirioja.es/servlet/dcfichero_articulo?codigo=2877227
- Parker Iii, T. A., Stotz, D. F., & Fitzpatrick, J. W. (1996). Ecological and distributional databases. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*, 113–436. doi:Cited By (since 1996) 111|Export Date 12 August 2012
- Peraza, C., Cifuentes, Y., Alayon, Y., & Clavijo, C. (2004). Adiciones a la avifauna de un cafetal con sombrero en la Mesa de los Santos (Santander, Colombia). *UNIVERSITAS SCIENTIARUM Revista de La Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana*, 9, 19–32.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: A tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1239–1252. doi:10.1023/A:1023039921916
- Perfecto, I., & Philpott, S. M. (2006). Stability of Tropical Rainforest Margins, (July 2015). doi:10.1007/978-3-540-30290-2
- Perfecto, I., Rice, R., & Greenberg, R. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46, 598– 608. doi:10.2307/1312989
- Perfecto, I., Vandermeer, J. H., Bautista, G. L., Nuñez, G. I., Greenberg, R., Bichier, P., & Langridge, S. (2004). Greater predation in shaded coffee farms: The role of resident neotropical birds. *Ecology*, 85, 2677–2681. doi:10.1890/03-3145
- Philpott, S. M., Arendt, W. J., Armbrrecht, I., Bichier, P., Dietsch, T. V., Gordon, C., ... Zolotoff, J. M. (2008). Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: Review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology*, 22(July 2015), 1093–1105. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x
- Pinkus-Rendón, M. A., León-Cortés, J. L., & Ibarra-Núñez, G. (2006). Spider diversity in a tropical habitat gradient in Chiapas, Mexico. *Diversity and Distributions*, 12, 61–69. doi:10.1111/j.1366-9516.2006.00217.x
- Pro-Sierra. (2015). *Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta*. Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de <http://www.prosierra.org/la-sierra-nevada-de-santa-marta/biodiversidad/fauna/aves>
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Experimental design and data analysis for biologists* (Vol. 277, p. i). doi:10.1016/S0022-0981(02)00278-2
- Ramos Suárez, M. P., Morales, H., Ruiz-Montoya, L., Soto-Pinto, L., & Rojas Fernández, P. (2002). Se mantiene la diversidad de hormigas con el cambio de bosque mesófilo a cafetales? *Rev. Prot. Veg., Cuba*, 12, 17–30.
- Rapidel, B., DeClerck, F., Le Coq, J.-F., & Beer, J. (2011). *Ecosystem Services from Agriculture and Agroforestry* (Vol. First, p. 400).
- Ricketts, T. H., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Fay, J. P. (2001). Countryside Biogeography of Moths in a Fragmented Landscape: Biodiversity in Native and Agricultural Habitats|Biogeografía Rural de Polillas en un Paisaje Fragmentado: Biodiversidad en

Hábitats Nativos y Agrícolas. *Conservation Biology*, 15, 378–388. doi:10.1046/j.1523-1739.2001.015002378.x

Rutten, G., Ensslin, A., Hemp, A., & Fischer, M. (2015). Vertical and horizontal vegetation structure across natural and modified habitat types at Mount Kilimanjaro. *PLoS ONE*. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0138822>

Strewe, R., Lobatón-Polo, G., Navarro, C., Vega-Sepulveda, C., & Villa-De León, C. (2009). Diseño e implementación del corredor de conservación Rio Toribio, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Intropica*, 4, 67–78.

Strewe, R., & Navarro, C. (2003). New distributional records and conservation importance of the San Salvador Valley, Sierra Nevada de Santa Marta, northern Colombia. *Ornitología Colombiana*, 1, 29–41.

Strewe, R., & Navarro, C. (2004). New and noteworthy records of birds from the Sierra Nevada de Santa Marta region, north-eastern Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists Club*, 124, 38–51. Retrieved from <http://www.alpec.org/documentos/Sierra Nevada BBOC.pdf>

Strickler, G. S. (1959). Use of the densiometer to estimate density of forest canopy on permanent sample plots. *US Department of Agriculture Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station*, 5.

Tejeda-Cruz, C., & Sutherland, W. J. (2004). Bird responses to shade coffee production. *Animal Conservation*, 7, 169–179. doi:10.1017/S1367943004001258

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). From the Cover: Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi:10.1073/pnas.1116437108

Tully, S., & Winer, R. (2013). Are People Willing to Pay More for Socially Responsible Products: A Meta-Analysis. *Available at SSRN 2240535, 0540*.

UICN, the International Union for Conservation of Nature. (2012, mayo 01). Obtenido en mayo 02, 2016, de <http://www.iucn.org>

Van Bael, S. A., Philpott, S. M., Greenberg, R., Bichier, P., Barber, N. A., Mooney, K. A., & Gruner, D. S. (2008). Birds as predators in tropical agroforestry systems. *Ecology*, 89, 928–934. doi:10.1890/06-1976.1

Apéndice 1:

Tabla de Correlación de Spearman

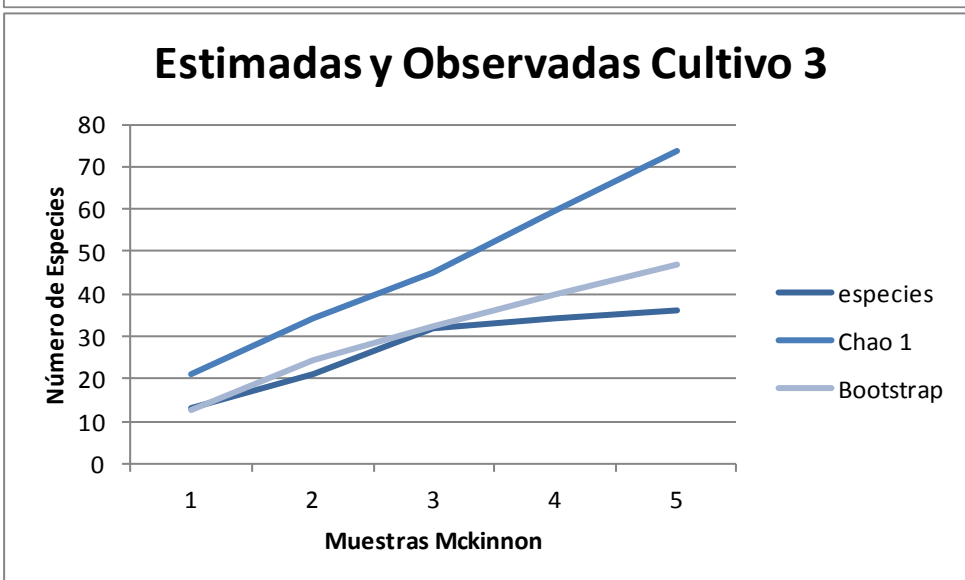
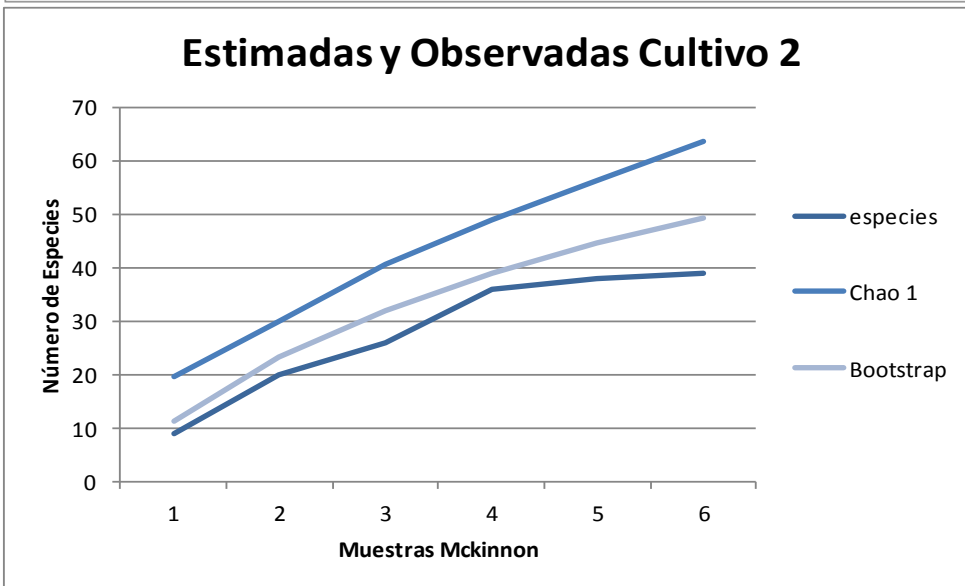
Tabla de correlación con las 12 variables originales, con las correlaciones por encima del 80% en amarillo

Variables	Estratos	Promedio Altura Vegetación	Promedio Altura Café	Promedio Broca	% Cobertura Dosel	Número de Árboles con epífitas	Número de emergentes	Número de Árboles	Riqueza Específica	Maxima Altura Árboles	Maxima Altura Café
Estratos											
Promedio Altura Vegetación	-0,20702										
Promedio Altura Café	0,82808	-0,37143									
Promedio Broca	-0,41404	0,48571	-0,54286								
% Cobertura Dosel	-0,82808	0,31429	-0,54286	0,37143							
Número de árboles con epífitas	-0,41404	-0,37143	-0,54286	0,42857	0,25714						
Número de emergentes	-0,84017	0,23191	-0,46382	0,40584	0,78269	0,057977					
Número de Árboles	-0,63013	-0,11595	-0,72471	0,63775	0,23191	0,7537	0,42647				
Riqueza Específica	-0,21997	0,94112	-0,5161	0,57682	0,15179	-0,21251	0,15401	0,12321			
Maxima Altura Árboles	0,20702	-0,48571	0,37143	-0,68571	-0,028571	-0,14286	-0,31887	-0,57977	-0,63754		
Maxima Altura Café	0,20702	0,2	0,54286	-0,54286	0,14286	-0,82857	0,11595	-0,84067	-0,091077	0,48571	
Área	-0,41404	-0,14286	-0,31429	0,6	0,085714	0,37143	0,55078	0,81168	0,030359	-0,71429	-0,54286

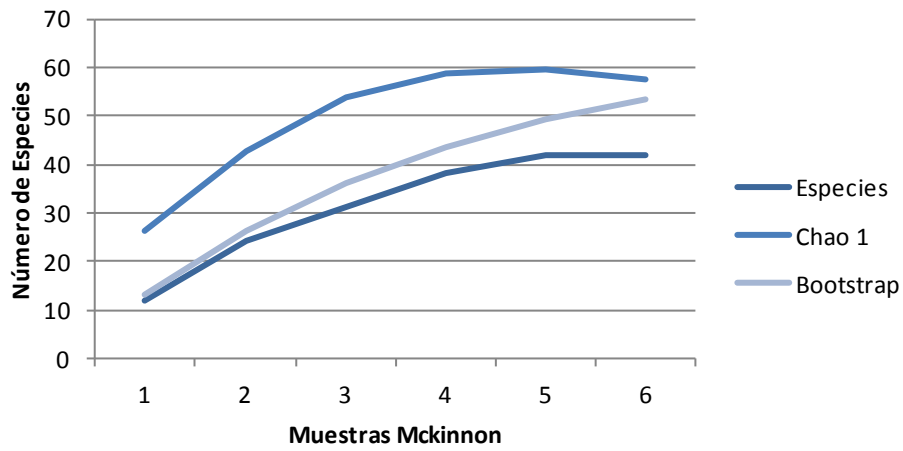
Apéndice 2:

Especies Estimadas y Observas

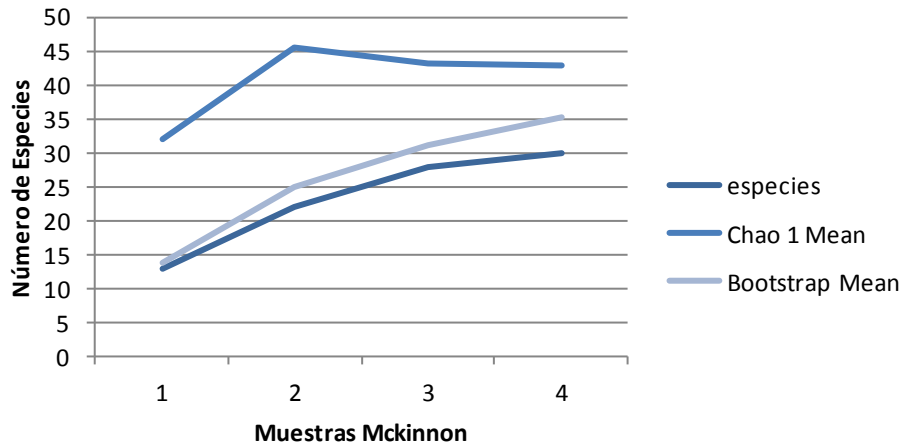
Curvas de acumulación de especies en seis cultivos de Jewrwa, Sierra Nevada de Santa Marta.



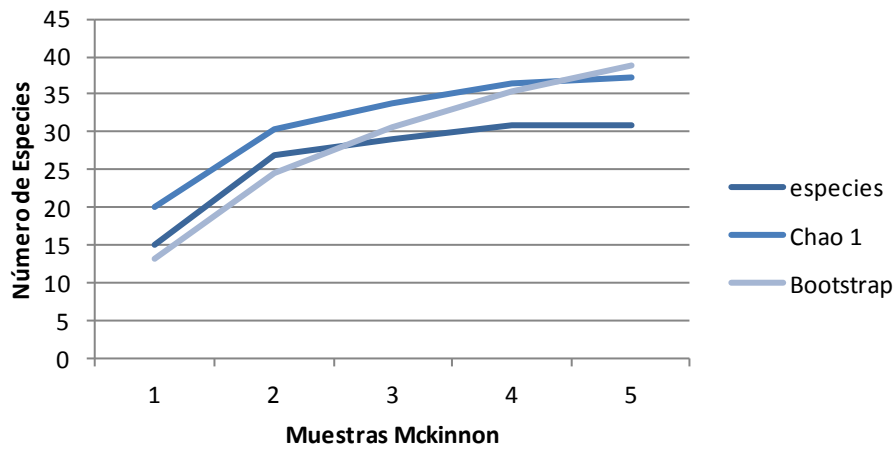
Estimadas y Observadas Cultivo 4



Estimadas y Observadas Cultivo 5



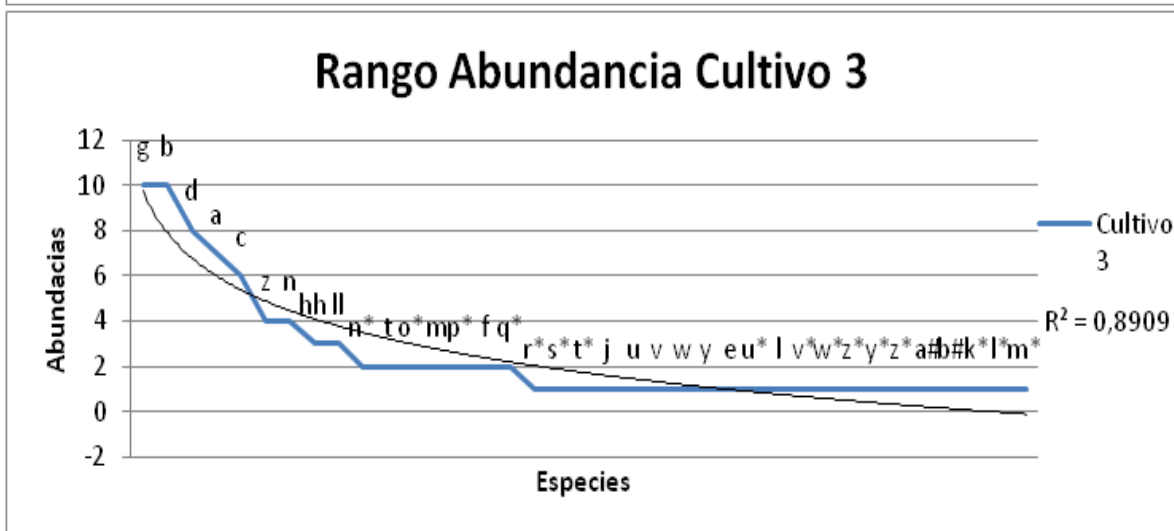
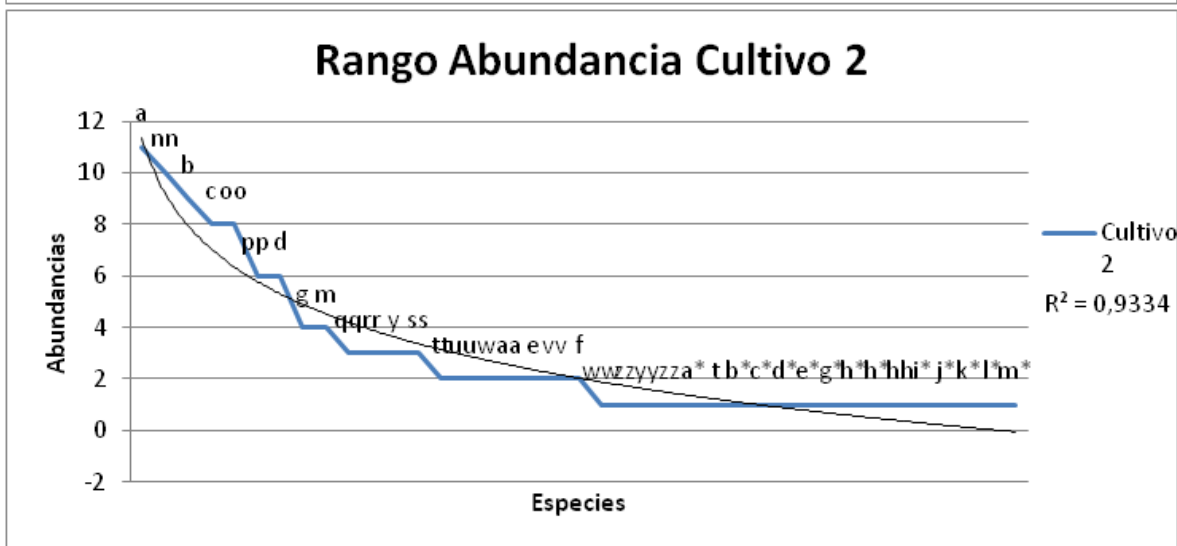
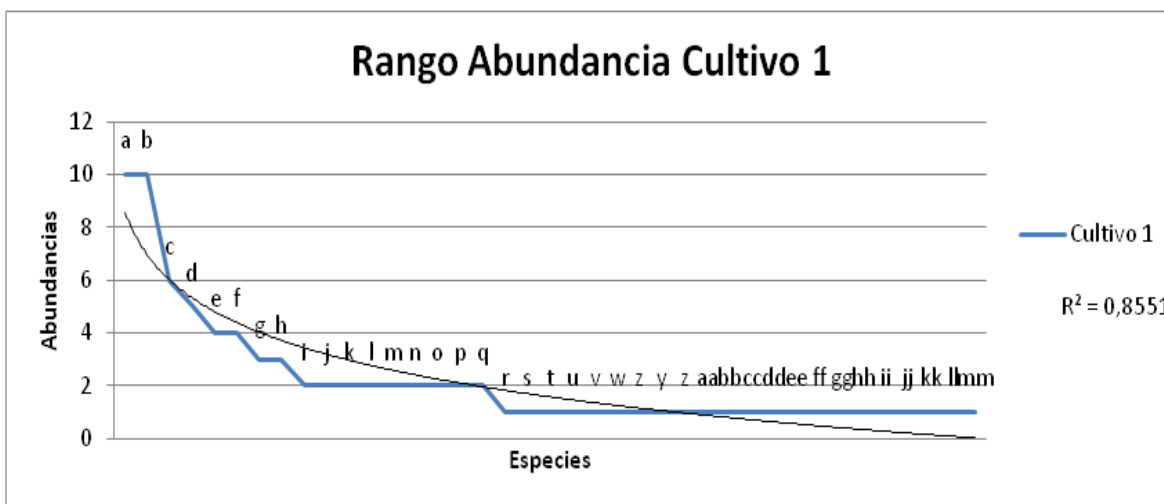
Estimadas y Observadas Cultivo 6



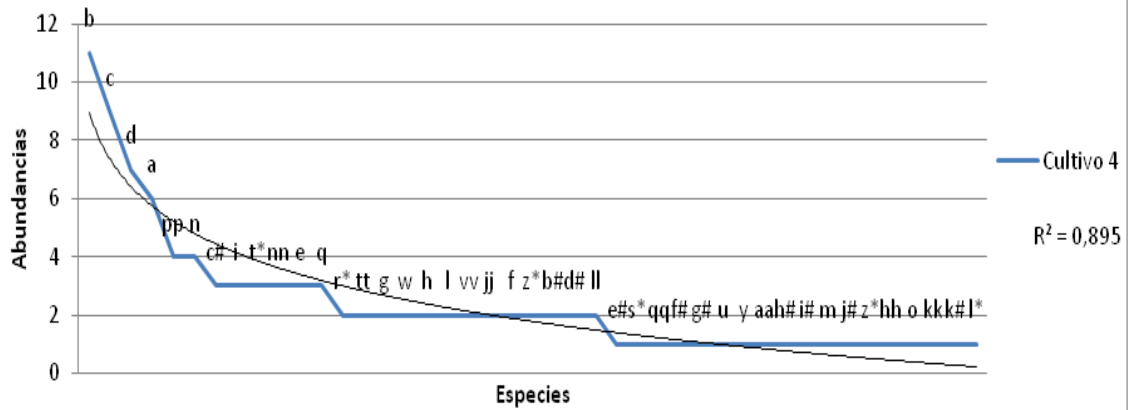
Apéndice 3:

Curvas de Rango Abundancia

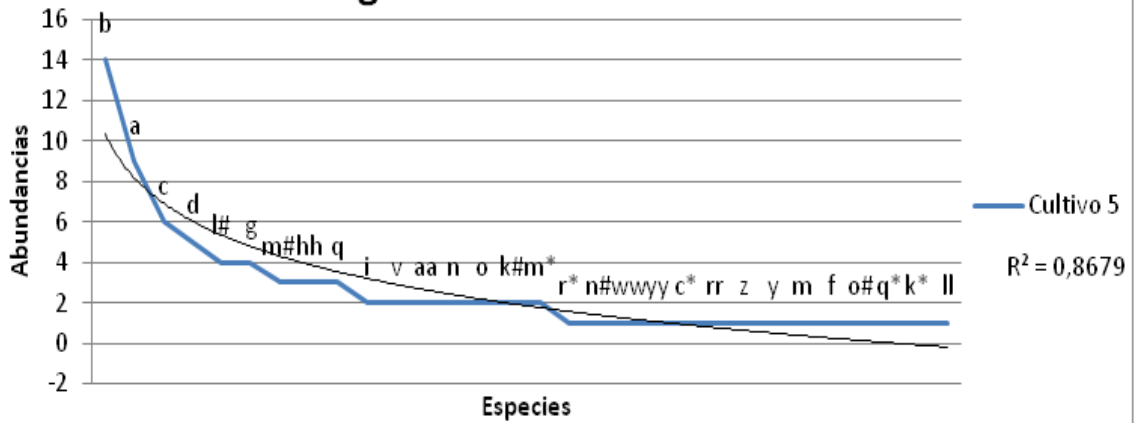
Curvas de rango abundancia de los ensamblajes de cada cultivo en Jewrwa, Sierra Nevada de Santa Marta. Los códigos de cada especie se encuentran al final de las curvas.



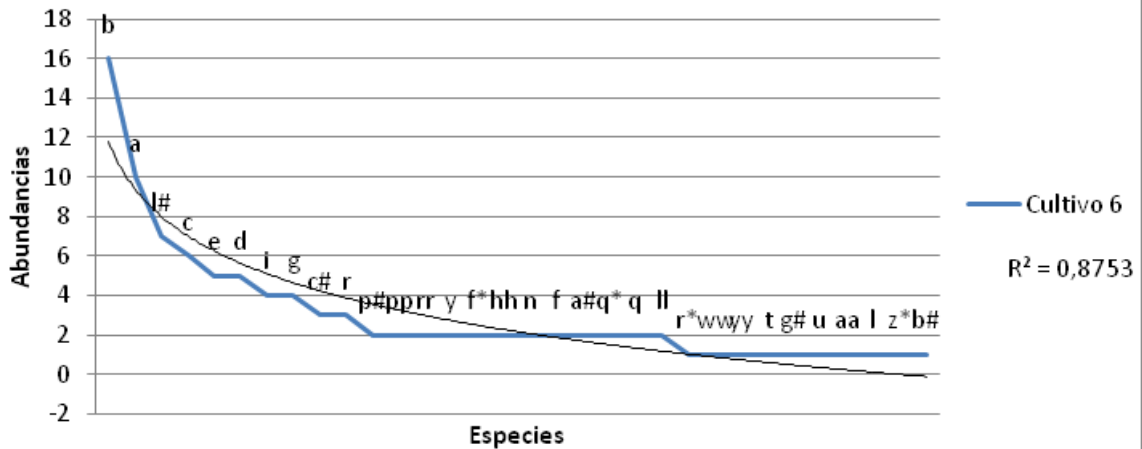
Rango Abundancia Cultivo 4



Rango Abundancia Cultivo 5



Rango Abundancias Cultivo 6



Especies	Código	Especies	Código
Mniotilta varia	a	Piranga flava	vv
Psarocolius decumanus	b	Anthracothorax nigricollis	ww
Atlapetes melanocephalus	c	Chaetocercus astreans	zz
Vermivora peregrina	d	Chlorostilbon russatus	yy
Myioborus miniatus	e	Chrysolampis mosquitos	zz
Thraupis episcopus	f	Columba speciosa	a*
Setophaga fusca	g	Cyanerpes caeruleus	b*
Euphonia laniirostris	h	Diglossa humeralis	c*
Basileuterus conspicillatus	i	nn 2	d*
Contopus virens	j	nn 3	e*
Cyanocompsa cyanoides	k	Phaetornis syrmatophorus	f*
Phyllomyias nigrocapillus	l	Pitangus sulphuratus	g*
Ramphocelus dimidiatus	m	Sporophila nigricollis	h*
Tangara gyrola	n	Thraupis palmarum	i*
Tangara heinei	o	Tyrannidae	j*
Troglodytes solstitialis	p	Tyrannus melancholicus	k*
Vireo leucophrys	q	Zimmerius vilissimus	l*
Chlorophonia cyanea	r	Zonotrichia capensis	m*
Coeligena phalerata	s	Catharus aurantiirostris	n*
Crotophaga ani	t	Pyrrhomyias cinnamomeus	o*
Elaenia chiriquensis	u	Tachyphonus rufus	p*
Elaenia flavogaster	v	Turdus albicollis	q*
Elaenia frantzii	w	Amazilia saucerrottei	r*
Mimus gilvus	z	Amazilia tzacatl	s*
Mionectes olivaceus	y	Colaptes rubiginosus	t*
nn 0	z	Oryzoborus crassirostris	u*
Myiodynastes chrysocephalus	aa	Basileuterus sp.	v*
nn 1	bb	Serpophaga cinerea	w*
nn 4	cc	Saltator striatipectus	z*
Pachyramphus albogriseus	dd	Tiaris bicolor	y*
Phyllomyias greiceips	ee	Tityra semifasciata	z*
Ramphastos sulfuratus	ff	Tolmomyias sulphurescens	a#
Sayornis nigricans	gg	Turdus leucomelas	b#
Setophaga ruticilla	hh	Atlapates torquatus	c#
Carduelis psaltria	ii	Tyrannus sp	d#
Tangara cyanoptera	jj	Acestra heliodor	e#
Thalurania colombica	kk	Catharus ustulatus	f#
Vireo olivaceus	ll	Setophaga cerulea	g#

Zimmerius viridiflavus	mm	Myiotheretes striaticollis	h#
Cyanocorax affinis	nn	Phaethornis superciliosus	i#
Pionus sordidus	oo	Saltator maximus	j#
Icterus chrystater	pp	Turdus ignobilis	k#
Cathartes aura	qq	Columbina talpacoti	l#
Leptotila verreauxi	rr	Patagioenas cayannensis	m#
Pyrocephalus rubinus	ss	Amazilia sp	n#
Arremonops conirostris	tt	Thraupis glaucocolpa	o#
Basileuterus culicivorus	uu	Basileuterus rufifrons	p#