

## ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE AVES EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO (*Hevea brasiliensis*) EN CAQUETÁ, COLOMBIA

Armando Sterling Cuéllar<sup>1\*</sup>, Carlos Alberto Rodríguez Díaz<sup>2</sup>, Carlos Hernando Rodríguez León<sup>1</sup>

### RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar y comparar las comunidades de aves en tres sistemas de producción de caucho: monocultivo, agroforestal y con regeneración natural (sucesión vegetal secundaria) en dos zonas de alta intervención y tradicionalmente caucheras en el departamento de Caquetá. Se realizaron registros visuales y auditivos de las aves mediante puntos de conteo demarcados en transectos lineales de 100 m. Se realizaron 360 puntos de conteo para las dos zonas. Estos puntos se visitaron cuatro veces entre febrero y octubre de 2012, lo que dio un total de 2880 ocasiones de conteos. Se registraron 86 especies y 573 individuos. Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae (10), Icteridae (8), Picidae (8) y Tyrannidae (7). El 69.8% de las especies correspondieron a especies residentes y el 30.2% restante, especies migratorias. La mayor riqueza y abundancia se presentó en los sistemas de producción con regeneración natural en Belén y el agroforestal de El Doncello. El mayor número de gremios tróficos estuvieron asociados a los sistemas agroforestales y con regeneración natural, destacándose los frugívoros, granívoros e insectívoros. Se concluye que el caucho en sistemas heterogéneos resguarda especies sensibles a la deforestación y especies especialistas en hábitos

alimenticios, lo cual puede ser utilizado en programas de conservación donde además de aprovechar su uso productivo, es posible rescatar su potencial ambiental para proveer hábitats que proporcionan nichos similares a los de un bosque y que favorezcan con la conectividad ecológica en las zonas de mayor intervención antrópica en la Amazonía colombiana.

### Palabras claves:

Aves, Monocultivo, Agroforestal, Regeneración natural

### ABSTRACT

This study aimed to characterize and compare the bird communities in three rubber tree production systems: monocultures, agroforestry and natural regeneration (secondary vegetation succession) in two areas of intervention and traditionally producers of natural rubber in the department of Caquetá. Visual and auditory records of birds using point counts demarcated in line transects 100 m were performed. 360 point counts were performed for the two areas. These points are visited four times between February and October 2012, giving a total of 1440 cases of counts. 86 species and 573 individuals were

<sup>1</sup> Investigador Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI Sede Florencia. Calle 17 No. 11-67, 2° Piso, Florencia, Caquetá (Colombia). asterling@sinchi.org.co

\* Autor para correspondencia: crodriguez@sinchi.org.co

<sup>2</sup> Investigador contratista Instituto SINCHI. carlos\_alberto754@hotmail.com / esteban.c.ch@gmail.com

recorded. Families with more species were Thraupidae (10), Icteridae (8), Picidae (8) and Tyrannidae (7). 69.8% of the species were resident species and the 30.2%, migratory species. The greatest richness and abundance occurred in production systems with natural regeneration in Belén de los Andaquíes and agroforestry of El Doncello. The largest number of trophic guilds were associated with agroforestry and natural regeneration, which were more frequent frugivorous, granivorous and insectivorous. We conclude that the rubber tree in heterogeneous systems protects sensitive species to deforestation and species specialists in eating habits, which can be used in conservation programs where besides leverage its productive use is possible to rescue their environmental potential to provide habitats that provide niches similar to those of a forest and conducive to ecological connectivity in the areas of greatest anthropic intervention in the Colombian Amazon.

### Key words:

Birds, Monoculture, Agroforestry, Natural regeneration

## INTRODUCCIÓN

Los cambios en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas en muchas ocasiones son generados por la perturbación de los hábitats originales (Sander-son *et al.* 1991). Esta condición crea diversos paisajes de parches remanentes, rodeados por una matriz de paisajes perturbados que afecta el componente ambiental, biológico y las interacciones ecológicas (Halladay y Gilmour 1995, Kaufman *et al.* 1998).

Particularmente, en las comunidades de aves los agropaisajes juegan un rol importante en la conservación de éstas a nivel regional, dado que la heterogeneidad de hábitat puede aportar a la conectividad de los remanentes de bosques, y proporcionan refugio, sitios de anidación y alimento (Thiollay 1995, Harvey *et al.* 2006, Vélchez *et al.* 2008, Arendt *et al.* 2012). En este sentido, la diversidad de especies de aves oportunistas, generalistas e insectívoras, muestran un pico en su densidad en gradientes de paisaje modificados desde bosques nativos hasta tierras agrícolas (Waltert *et al.* 2003, Kaboli *et al.* 2006, Sekercioglu 2012).

Sin embargo, algunos hábitats en la matriz agropecuaria pueden generar aislamiento y efectos negativos en la biodiversidad (monocultivos o ganadería intensiva) (Waltert *et al.* 2003). El manejo de los agropaisajes es fundamental debido que la biodiversidad en estos está fuertemente influenciada por el tipo y por la intensidad de las prácticas culturales (Penot 1997, Werner 1999, Waltert *et al.* 2003).

En Colombia, y particularmente en regiones altamente biodiversas como la región amazónica, se practican actividades agropecuarias entre las que sobresale el cultivo del caucho natural [*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.], una especie de origen suramericano productora de látex destinado principalmente a la industria llantera (Compagnon 1998). El departamento del Caquetá localizado en la franja de mayor intervención antrópica de la amazonia noroccidental colombiana, es el de mayor tradición cauchera en el país y el tercero en área sembrada con 6017 ha de caucho, de las cuales 1581 ha son plantaciones en etapa productiva (Asoheca, 2014).

Las diferentes prácticas de manejo que se implementan en el cultivo del caucho en la región, han dado como resultado diversos sistemas de producción (monocultivos, sistemas agroforestales o plantaciones con sucesión vegetal secundaria), rodeados principalmente de matrices de pastos destinados a la ganadería extensiva. Estos sistemas generan por tanto, un mosaico de fragmentos y parches de vegetación, influenciados por la intensificación del uso del suelo, los cuales pueden constituir importantes hábitats para la conservación de la biodiversidad en agropaisajes altamente intervenidos (Beukema 2013).

Según Gouyon *et al.* (1993), Penot (1997), Beukema y Van Noordwijk (2004), Beukema *et al.* (2007) y Beukema (2013). Los sistemas de producción denominados “selvas de caucho” o “sistemas agroforestales complejos de caucho” ofrecen hábitats para muchas especies de plantas y animales del bosque natural cuyo hábitat natural ha desaparecido como resultado de ampliación desordenada de la frontera agrícola y pecuaria. Sin embargo, dado que la conservación de la biodiversidad como tal no está en la agenda del productor (De Foresta y Michon 1992), es fundamental entender la dinámica de estos sistemas desde un enfoque agroambiental, con el fin de entender cómo estos sistemas pueden contribuir

con la conservación de la biodiversidad de especies del bosque primario al proveer hábitats similares a éstos y al mismo tiempo sustentar las necesidades económicas de los productores a largo plazo.

En este sentido, dada la capacidad adaptativa que posee el cultivo del caucho para asociarse con otros cultivos y con la vegetación secundaria (Gouyon *et al.* 1993), en los últimos años ha sido objeto de interés la importancia de los agropaisajes con caucho en la diversidad de aves para fines de conservación (Thiollay 1995, Beukema *et al.* 2007). Estos sistemas proporcionan servicios a las aves ya sea como percha, refugio, sitios para anidar y forrajear. Conocer los aportes de los distintos agropaisajes con caucho ayuda a dar pautas para la conservación y manejo de la biodiversidad de aves, así como la comprensión de criterios importantes tendientes a favorecer la conectividad de los remanentes de bosques cada vez más escasos por el avance de la frontera agrícola.

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar y comparar las comunidades de aves en tres sistemas de

producción de caucho: monocultivo, agroforestal y con regeneración natural (sucesión vegetal secundaria) en dos zonas de alta intervención y tradicionalmente caucheras en el departamento de Caquetá, Amazonia colombiana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el departamento del Caquetá, al sur de Colombia (Figura 1). Caquetá presenta una precipitación promedio anual de 3245 mm, una temperatura media de 25.4°C, la humedad relativa promedio es de 85.7% y el brillo solar medio de 1490 horas de luz/año (IDEAM 2009). Se seleccionaron dos localidades (municipios) con tradición cauchera en la región: Belén de los Andaquíes (1° 25' 28" N y 75° 52' 11" O) (veredas Agua Dulce, Puerto Torres, La Tortuga y El Carmen) y El Doncello (1° 40' 48" N 75° 17' 06" O) (veredas Maguaré, La Libertad, La Tigrera, Achapo, Orquídea y Serranía Baja) (Figura

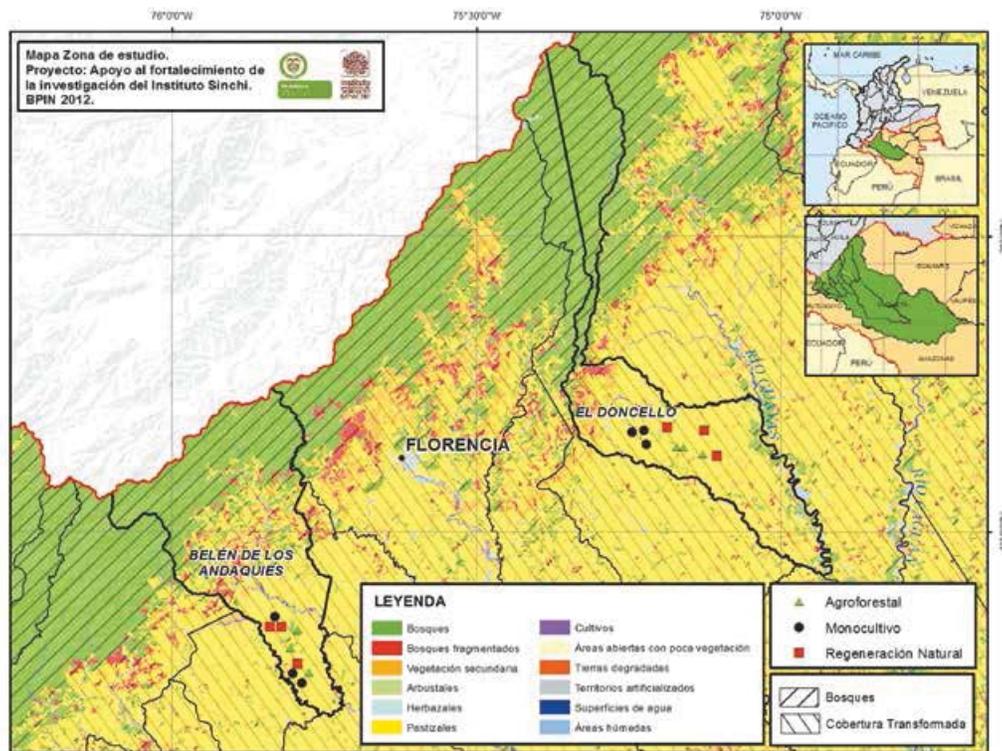


FIGURA 1. MAPA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Fuente: Sinchi (2012)

1). En cada localidad se seleccionaron tres sistemas de producción con caucho en etapa de aprovechamiento laticífero (30–40 años de edad aproximadamente): a) monocultivo, plantaciones exclusivamente con caucho y manejo cultural tradicional, especialmente en relación con el control periódico (trimestral) de arvenses en calles y surcos de siembra. b) Agroforestal, plantaciones de caucho asociadas con cultivos productivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) (5 – 10 años de edad aproximadamente), con control periódico de arvenses (trimestral) en surcos y calles. c) Regeneración natural, plantaciones de caucho con crecimiento asociado de vegetación secundaria (rastreo de 15-20 años de edad aproximadamente), con una cobertura del dosel superior al 60% y con control periódico (semestral) de arvenses únicamente en los surcos de siembra del caucho, con el fin de facilitar las labores de extracción del látex.

### Caracterización de las comunidades de aves

En cada localidad y para cada sistema de producción de caucho, se seleccionaron tres fincas de productores de caucho. Al interior de cada finca se delimitó una parcela de 1 ha y se trazaron al azar cuatro transectos cada uno de 100 m, con cinco puntos de observación distanciados entre sí a 25 m a lo largo del transecto (Adaptado de Bibby y Burgess 1992). Se realizaron 360 puntos de conteo para las dos localidades. Estos puntos se visitaron cuatro veces entre febrero y octubre de 2012, lo que dio un total de 2880 ocasiones de conteos. Los puntos se visitaron en la mañana (entre 6:00 y 10:00 h) y en la tarde (14:00 y 16:00 h).

Dos observadores con habilidades y entrenamiento similar se movilizaron simultáneamente en los distintos puntos, donde se realizó el registro visual y auditivo de las aves en un radio de 50 m durante 15 min en cada punto de conteo. Se realizaron hasta 64 puntos de conteo en un día. El tiempo total de observación para este estudio fue de 720 horas.

Las especies de ave se determinaron siguiendo a Hilty y Brown (2001) y la Guía de Campo de las Aves de Colombia (McMullan *et al.* 2011, McMullan y Donegan 2014), y como fuente de la taxonomía de las aves se consultó la página web de la SACC (South American Classification Committee)

(Remse *et al.* 2015). Los gremios alimenticios de determinaron según La Guía de Aves de Costarrica (Stiles y Skutch 1989). Otras publicaciones (Willson *et al.* 1982, Poulin *et al.* 1994, Pearman 2002) se utilizaron para estandarizar las categorías de gremio, así como clarificar aquellas especies con información no disponible.

### ANÁLISIS DE DATOS

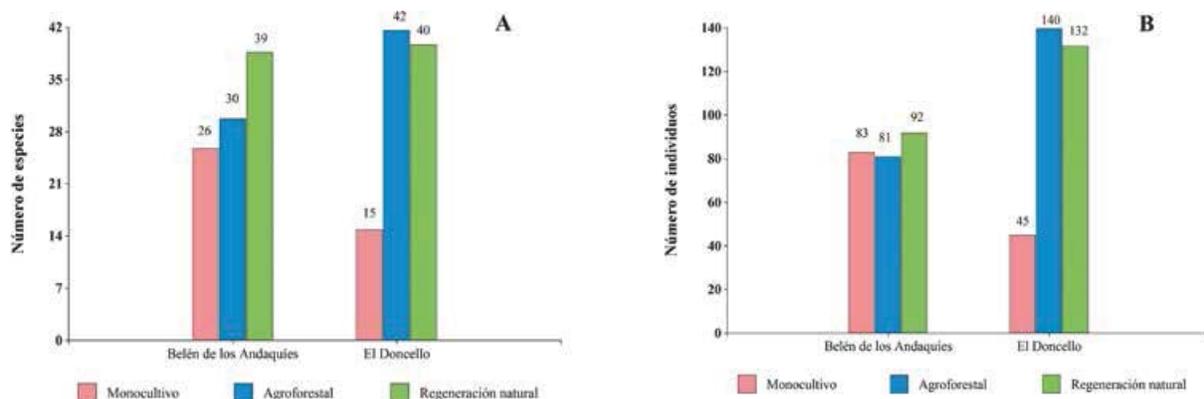
Para cada uno de los puntos de conteo se determinó el número de detecciones (individuos) y especies. Se construyeron además curvas de acumulación de especies (seis estimadores) con el programa Estimate 9.1.0 (Colwell 2013) para evaluar las tendencias del esfuerzo de muestreo con respecto a la tasa de especies de aves detectadas en los sistemas de producción de caucho. Para comparar la riqueza, el número de aves (abundancia), el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el índice de dominancia de Simpson ( $D$ ) (Villareal *et al.* 2004) entre los sistemas de producción para cada localidad, se ejecutaron análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completo al azar. Se probaron los supuestos de normalidad (Q-Q plot y prueba de Shapiro-Wilks) y homocedasticidad (fitted plot y prueba de Levene) sobre los residuales de los datos con una significancia del 5%. La separación de medias se realizó mediante la prueba de comparaciones múltiples LSD de Fisher ( $\alpha = 0.05$ ). Para explorar relaciones entre los gremios alimenticios y los sistemas de producción se realizó análisis de componentes principales para cada localidad. Para explorar las similitudes entre los sistemas de producción de acuerdo a la composición de especies, se realizó un análisis de coordenadas principales con la medida de distancia Bray Curtis, y se construyó un árbol de recorrido mínimo para ver que sistemas en el plano de las coordenadas principales están menos distantes (comparten más especies). Todas las pruebas estadísticas univariadas y multivariadas se corrieron en el programa InfoStat versión 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

### RESULTADOS

Se registraron 86 especies y 573 individuos (Apéndice 1). Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae (10), Icteridae (8), Picidae

(8) y Tyrannidae (7). Las cinco especies con mayor número de detecciones fueron *Thraupis episcopus* (12.4%), *Cacicus cela* (9.1%), *Ara severus* (7.7%), *Crotophaga ani* (5.9%) y *Forpus modestus* (3.7%). El 69.8% de las especies correspondieron a especies residentes y el 30.2% restante, especies migratorias.

La mayor riqueza y abundancia se presentó en los sistemas de producción con regeneración natural en Belén y el agroforestal de El Doncello (Figuras 2, 3, 4 y 5). En ambas localidades, el monocultivo presentó el menor número de especies. Del mismo modo, se encontraron 12 especies exclusivas en el



**FIGURA 2.** COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA PARA LOS TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO EN LOS MUNICIPIOS DE BELÉN DE LOS ANDAQUÍES Y EL DONCELLO (CAQUETÁ). A. NÚMERO DE ESPECIES. B. NÚMERO DE INDIVIDUOS.

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 3.** REGISTRO FOTOGRÁFICO DE AVES OBSERVADAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAUCHO EN MONOCULTIVO. A. *EUPHONIA RUFIVENTRIS* (EUFONIA BUCHIRRUFA). B. *CACICUS CELA* (ARREDAJO CULIAMARILLO). C. *PTEROGLOSSUS PLURICINCTUS* (TUCÁN BIBANDEADO). D. *BUTEO MAGNIROSTRIS* (GAVILÁN CAMINERO)

Fuente: Elaboración propia



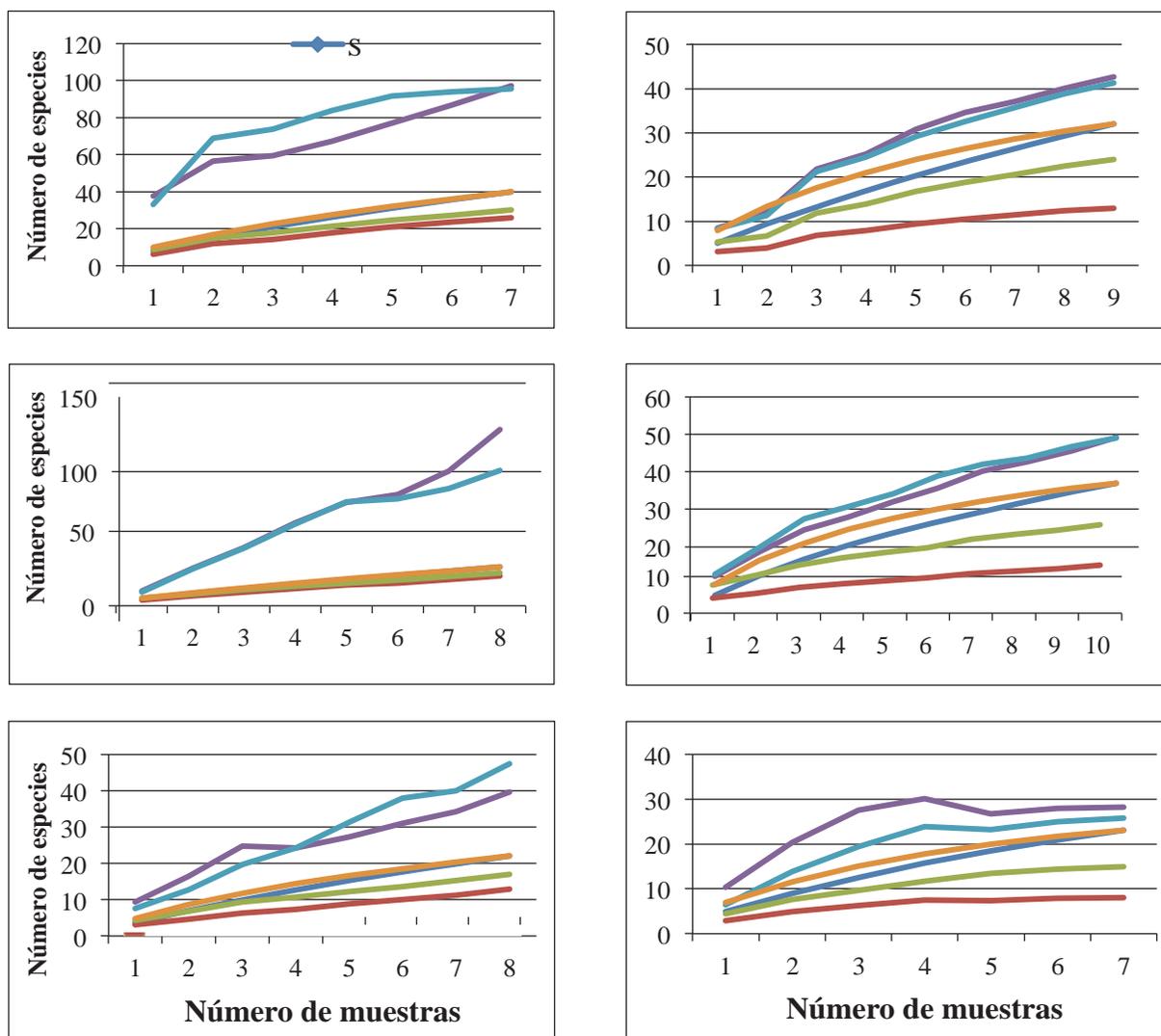
**FIGURA 4.** REGISTRO FOTOGRÁFICO DE AVES OBSERVADAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAUCHO EN SISTEMA AGROFORESTAL. A. *EMPIDONOMUS VARIUS* (ATRAPAMOSCAS VETEADO). B. *CELEUS FLAVUS* (CARPINTERO AMARILLO). C. *CAMPTOSTOMA OBSOLETUM* (TIRANUELO SILBADOR). D. *PIAYA CAYANA* (CUCO ARDILLA COMÚN).

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 5.** REGISTRO FOTOGRÁFICO DE AVES OBSERVADAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAUCHO CON REGENERACIÓN NATURAL. A. *THRAUPIS EPISCOPUS* (AZULEJO COMÚN). B. *DRYOCOPUS LINEATUS* (CARPINTERO REAL). C. *PAROARIA GULARIS* (CARDENAL PANTANERO). D. *TIGRISOMA LINEATUM* (VACO COLORADO)

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 6.** CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA CADA SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO EN CADA UNA DE LAS LOCALIDADES. A - C. MUNICIPIO DE BELÉN DE LOS ANDAQUÍES. D - F. MUNICIPIO DE EL DONCELLO. A Y D, MONOCULTIVO. B Y E, AGROFORESTAL. C Y F, REGENERACIÓN NATURAL.

Fuente: Elaboración propia

sistema de producción con regeneración natural, 12 especies sólo en agroforestral y cinco especies en el monocultivo. Entre estas especies, se destaca *Cephalopterus penduliger* (toropisco amazónico) de la familia Cotingidae, ave migratoria que está catalogada como vulnerable a nivel global, especialmente por la pérdida de hábitat y el incremento en la presión de cacería (BirdLife International, 2015).

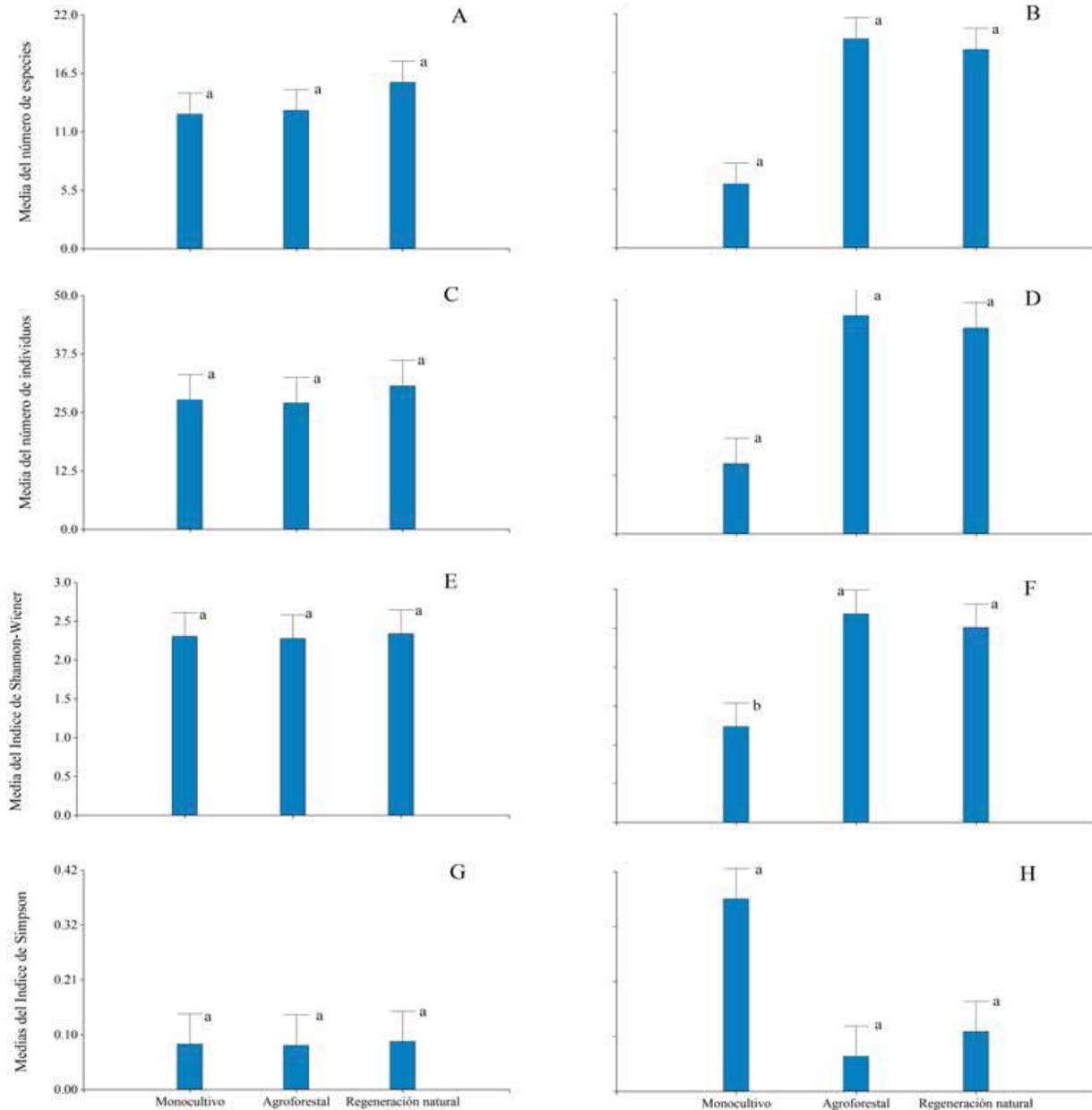
El inventario de especies de aves en los sistemas de producción de caucho aun no es completo. La curva de acumulación de especies no presentó su asíntota para los diferentes sistemas en cada localidad

(Figura 6). Sin embargo, la razón de adición de nuevas especies en los últimos esfuerzos fue más baja especialmente en los sistemas de El Doncello (Figura 6D, E y F). Las curvas de acumulación de especies en El Doncello muestran que en los tres sistemas de producción de caucho existe una probabilidad similar de acumular especies independientemente de las diferencias en el número de muestras obtenidas. En ésta localidad, las especies registradas en los sistemas de producción de caucho representaron el 89.2%, 77.5% y 75.5% de las especies esperadas en los sistemas regeneración natural, agroforestral y monocultivo, respectivamente,

con el estimador Chao 1 (uno de los estimadores más robustos para éste tipo de análisis) (Villarreal *et al.* 2004). En la localidad de Belén de los Andaquíes, la proporción de especies esperadas no superó el 50%. En este sentido, todavía existe una buena proporción de especies por fuera del inventario, en ambas localidades.

### Comparación entre sistemas de producción según la riqueza, número de individuos y diversidad.

En general, se observó una tendencia más favorable de los sistemas más diversificados (agroforestal y con regeneración natural) sobre las medias de las



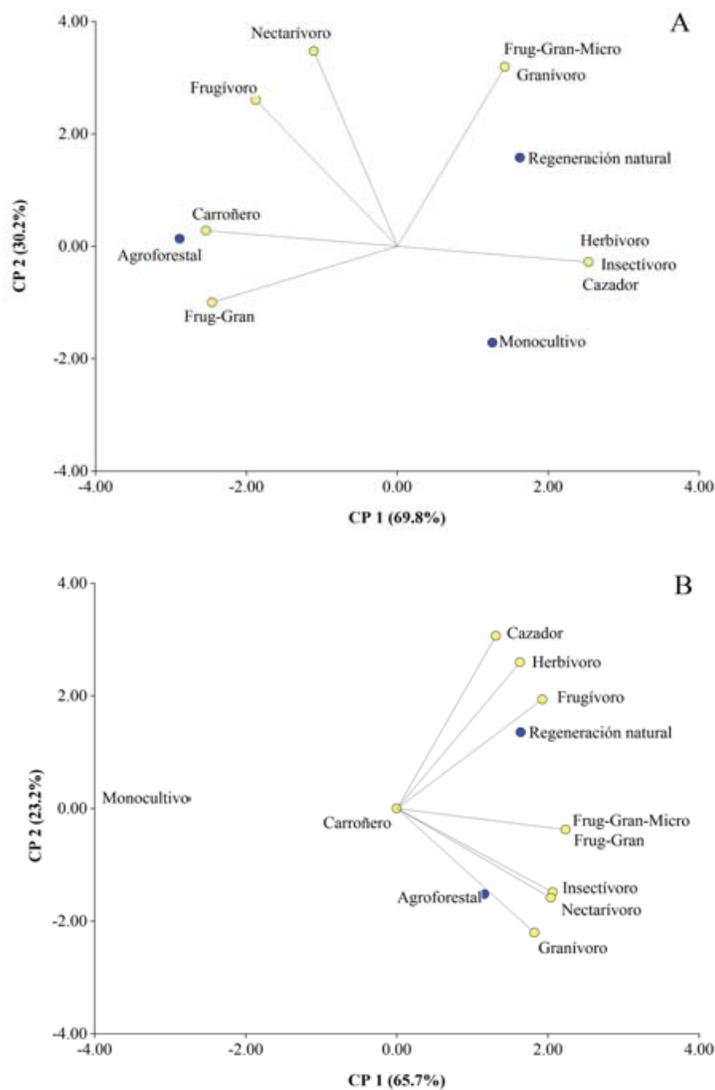
**FIGURA 7.** COMPARACIONES ENTRE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO. A Y B. MEDIA DEL NÚMERO DE ESPECIES. C Y D. MEDIAS DEL NÚMERO DE INDIVIDUOS. E Y F. MEDIA DEL ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER. G Y H. MEDIA DEL ÍNDICE DE SIMPSON. A, C, E Y G. MUNICIPIO DE BELÉN DE LOS ANDAQUÍES. B, D, F, Y H. MUNICIPIO DE EL DONCELLO. MEDIAS SEGUIDAS POR LA MISMA LETRA ENTRE SISTEMAS NO DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE (PRUEBA LSD;  $P < 0.05$ ). LAS BARRAS REPRESENTAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MEDIA.

Fuente: Elaboración propia

variables asociadas a la composición y a la diversidad de aves en las dos localidades estudiadas (Figura 7). No obstante, las diferencias observadas en la riqueza media, la abundancia promedio y la media del índice de Simpson ( $D$ ) entre los tres sistemas de producción en cada una de las dos localidades no fueron estadísticamente significativas, con excepción del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) en la localidad de El Doncello ( $P < 0.05$ ), en donde la diversidad de especies fue significativamente superior en los sistemas agroforestal ( $H' = 2.48$ ) y con regeneración natural ( $H' = 2.43$ ), respecto a lo observado en el sistema monocultivo ( $H' = 1.77$ ).

## Gremios alimenticios y su relación con los sistemas de producción

En ambas localidades, el análisis de componentes principales logró explicar más del 80% de la variación de los datos en los dos primeros ejes (Figura 8). En la localidad de Belén de los Andaquíes, el primer componente separó al sistema agroforestal de los sistemas de monocultivo y con regeneración natural. El segundo componente con la menor explicación separó al monocultivo del sistema con regeneración natural. El mayor número de gremios tróficos estuvieron asociados a los



**FIGURA 8.** ORDENACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO EN EL ESPACIO MULTIDIMENSIONAL DE LOS GREMIOS ALIMENTICIOS. EL “BIPLLOT” MUESTRA LA RELACIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS CON LOS SISTEMAS. A. BELÉN DE LOS ANDAQUÍES. B. EL DOCELLO.

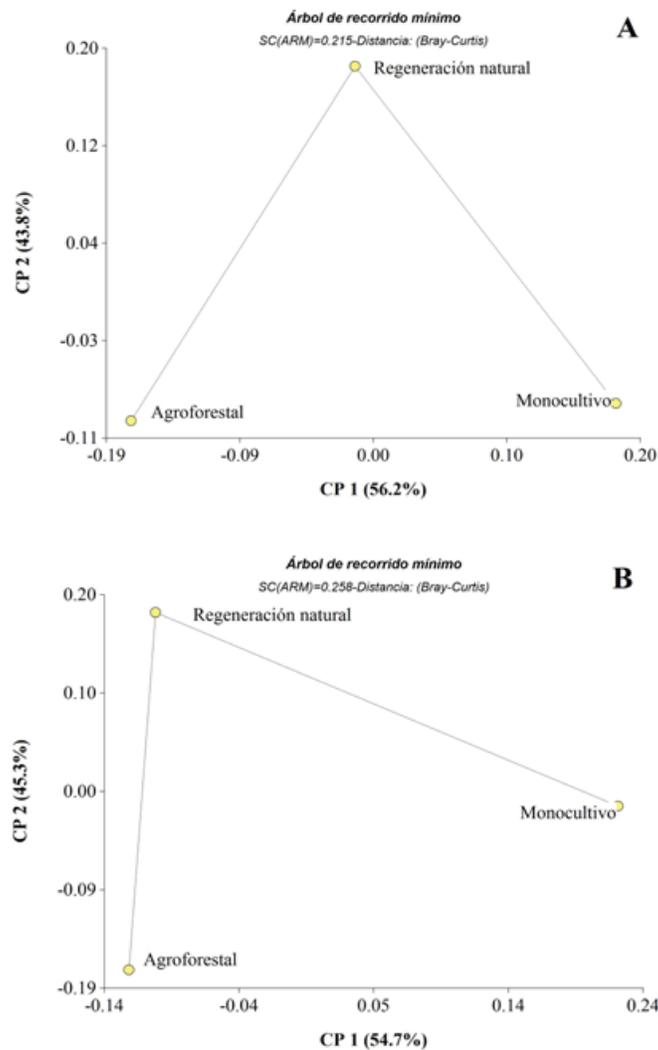
Fuente: Elaboración propia

sistemas agroforestal y con regeneración natural, donde se destacó principalmente en ambos sistemas, los frugívoros y granívoros. Los carroñeros se asociaron fuertemente al sistema agroforestal.

En la localidad de El Doncello, el primer componente separó completamente el monocultivo de los sistemas más diversificados, los cuales a su vez se separaron por el componente 2. Estos dos sistemas presentaron el mayor número de gremios tróficos. En el agroforestal predominaron los insectívoros, nectarívoros y granívoros, mientras que en el modelo con regeneración natural fueron más frecuentes los cazadores, herbívoros y frugívoros.

### Similitud de la composición de especies entre sistemas de producción

Los análisis de coordenadas principales y los árboles de recorridos mínimos mostraron tendencias diferenciadas para cada uno de las localidades según la composición de especies. En este sentido, la ordenación de los sistemas de producción de caucho en función de la composición de especies para cada uno de las localidades, explica que los sistemas más diversificados (agroforestal y con regeneración natural) comparten más especies entre sí que éstos en relación con el monocultivo (Figura 9). Sin embargo, en la localidad de Belén de los Andaquíes, el sistema agroforestal y



**FIGURA 9.** ORDENACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO EN EL ESPACIO MULTIDIMENSIONAL DE LAS ESPECIES DE AVES. EL ÁRBOL DE RECORRIDO MÍNIMO INDICA LA DISTANCIA ENTRE LOS SISTEMAS: MENORES DISTANCIAS MAYOR NÚMERO DE ESPECIES COMPARTIDAS. A. BELÉN DE LOS ANDAQUÍES. B. EL DONCELLO.

Fuente: Elaboración propia

el monocultivo presentaron un distanciamiento muy similar hacia el sistema con regeneración natural, lo cual indica la relevancia que posee el caucho como especie principal en ambos sistemas al proveer un mayor número de hábitats para las especies allí presentes, principalmente para especies residentes.

## DISCUSIÓN

En la zona del piedemonte amazónico en el departamento del Caquetá, se presenta una considerable heterogeneidad ambiental que permite la existencia de un mosaico de condiciones fisiográficas, fragmentos, parches de bosques y sistemas productivos (Velásquez-Valencia *et al.* 2005). Al interior de estos sistemas, las aves varían de manera predecible en función de pocas variables sintéticas que definen la característica de la producción a escala local y la estructura básica de las formaciones tipológicas vegetales o de paisaje. Esta condición se evidencia en las diferencias encontradas en la diversidad y la composición de las especies de aves registradas en los diferentes sistemas de producción de caucho, especialmente en los sistemas más complejos (agroforestal y con regeneración natural) con respecto al monocultivo tradicional.

En éste estudio se observó una disminución gradual de los valores de la diversidad de aves de los sistemas de producción de caucho más heterogéneos (agroforestal y con regeneración natural) hacia los elementos agroambientales más simples y homogéneos asociados al sistema de monocultivo. Este patrón es similar a lo reportado por Waltert *et al.* (2003), Castellón y Sieving (2005) y Kaboli *et al.* (2006), donde la diversidad de aves mostró un decrecimiento en su densidad en gradientes de hábitat modificados de bosques secundarios a tierras agrícolas. En el mismo sentido, Beukema *et al.* (2007) observaron una disminución de la riqueza y abundancia de aves del bosque primario y las selvas de caucho a plantaciones de caucho en monocultivo en las tierras bajas de Sumatra.

En este sentido, el mayor valor de la riqueza de aves se encontró en los sistemas de regeneración natural y agroforestal, debido a las características ecológicas de las especies (Sekercioglu 2012) que allí se concentran y asimismo la importancia de la vegetación en la complementariedad de recursos para la comunidad de aves (Sánchez *et al.* 2011).

Dado que los usos del suelo asociados a estos sistemas de producción de caucho están complementados por vegetación en estadios de sucesión tardía como el cacao o el rastrojo (melastomatáceas, rubiáceas, clusiáceas, lecitidáceas, malváceas, poaceas, entre otras), se genera una mayor gama de recursos alimenticios, que es aprovechada por especies de aves que explotan más de un recurso (Sáenz *et al.* 2007, Vélchez-Mendoza *et al.* 2008, Sánchez *et al.* 2011). En este sentido, los gremios tróficos con mayor ocurrencia en estos sistemas fueron los consumidores de frutas y los insectívoros, lo cual es similar a lo reportado por Beukema *et al.* (2007) quienes resaltaron la importancia de la vegetación secundaria en la provisión de alimento para la avifauna presente en las selvas de caucho, aunque no lograron destacar la importancia de los insectívoros dada la dificultad de los doseles cerrados en estos sistemas de producción.

No obstante, Sekercioglu (2012) afirma que las aves proveen importantes servicios ecosistémicos como la polinización, la dispersión de semillas y el control de insectos plagas, por lo que se ha observado que pequeños a medianos insectívoros (especialmente especies migratorias y del dosel) suelen ser más frecuentes en los sistemas agroforestales.

La riqueza de especies y la abundancia de la comunidad de aves de los sistemas de producción de caucho presentaron su máximo valor en los sistemas más complejos: con regeneración natural y agroforestal. Esta abundancia estuvo dominada por las especies *Thraupis episcopus* y *Cacicus cela*, *Ara severus*, los cuales también estuvieron presentes en el sistema monocultivo. En este sentido, el aumento de la oferta alimenticia de estas especies pudo favorecerse principalmente por la disponibilidad de frutas, semillas e insectos asociados a las coberturas de caucho y a los cultivos de cacao presentes en el consorcio. Estos resultados coinciden con Velásquez-Valencia *et al.* (2005) y Cardenas *et al.* (2003) particularmente para *Thraupis episcopus*, la cual fue una de las más abundantes en las comunidades de aves de los humedales perturbados de la parte alta del departamento del Caquetá y en los sistemas silvopastoriles en Costa Rica.

En la presente investigación, las medias del índice de dominancia de Simpson entre sistemas de producción de caucho, fueron similares entre sí, lo que sugiere una distribución homogénea en el número

de individuos por especie de aves registrada en toda la zona de estudio. Estas condiciones son concordantes con lo presentado por Cardenas *et al.* (2003) en las aves asociadas a hábitats de paisajes fragmentados en Costa Rica, sin embargo los valores de la equitatividad en dicho estudio fueron muy bajos reflejando la dominancia de muchas especies. Contrario a dicha investigación, en este estudio, los valores de equitatividad denotaron una buena diversidad (Villareal *et al.* 2004), lo que demuestra la dominancia de muy pocas especies, conforme a los valores obtenidos para el índice de Simpson.

La diversidad (Shannon-Wiener) presentó su valor máximo en los sistemas agroforestales (localidad El Doncello) más que en el sistema con regeneración natural. La aplicación de estos índices en agroecosistemas, no obstante, pone de manifiesto no es posible generalizar el efecto del mejoramiento de la complejidad de los hábitats sobre la diversidad de las comunidades de aves. Probablemente la respuesta de las comunidades dependa de características propias de cada sistema (prácticas de manejo y el uso del suelo) (Werner 1999, Waltert *et al.* 2003) y de factores que se relacionan con su ubicación a escala mayor (tipo de vegetación adyacente, tamaño de los parches remanentes de vegetación nativa y corredores de vegetación riparia) (Vílchez-Mendoza *et al.* 2008).

Esta situación se debe en gran medida a que los sistemas agroforestales además de los cultivos asociados, suelen presentar en algunos casos vegetación del estrato rasante en la primera etapa de sucesión vegetal, donde la composición está representada principalmente por especies de crecimiento rápido que proveen recurso alimenticio constante, tanto semillas como insectos (Sánchez *et al.* 2011). En este sentido la homogenización del paisaje hacia potreros es una tendencia marcada y constante, sin embargo es posible mantener una alta diversidad en sistemas transformados con algún grado de heterogeneidad (Sáenz *et al.* 2007).

En los sistemas agroforestales la presencia de vegetación arbórea, está compuesta principalmente por el cultivo de caucho. Estos cultivos presentan una fuerte asociación con las especies de aves pertenecientes a los gremios de forrajeo consumidores de insectos y frugívoros. Los cardenales (*Thraupidae*), garrapateros (*Cuculidae*) y los carpinteros (*Picidae*)

presentan una alta afinidad por este tipo de vegetación arbórea más que otros taxones de aves y son considerados como uno de los grupos de más requerimiento ecológico (Velásquez-Valencia *et al.* 2005). En estos grupos las especies son dependientes de la presencia de árboles (Milesi *et al.* 2002) y están adaptados para forrajear los insectos que se hallan en troncos muertos o al interior de las cortezas leñosas (Winkler *et al.* 1995). Sin embargo, la presencia de estos recursos disminuye con la fragmentación y en áreas abiertas desprovista de material leñoso (Barlow *et al.* 2006).

En el presente estudio, los gremios frugívoros e insectívoros siguieron más estrechamente los cambios asociados a la densidad de la cobertura de la vegetación, por lo que la riqueza general de sus taxas presentó una disminución marcada en ausencia de la vegetación arbórea, desde los sistemas agroforestales y con regeneración natural al monocultivo, por lo que se redujo la abundancia de individuos en varios de los sitios de muestreo con baja cobertura vegetal asociada.

La ordenación de los sistemas de producción de caucho en el espacio multidimensional de las especies mostraron patrones diferenciados entre localidades. En ambas localidades, las similitudes entre sistemas de producción en relación con las especies compartidas, ocurrió principalmente entre el sistema con regeneración natural y el agroforestal. Al observar la estructura de estos sistemas, se observa la importancia presumible que tuvo la mayor proximidad al bosque a las plantaciones de caucho presentes en la localidad de El Doncello respecto a lo observado en la localidad de Belén de los Andaquíes, debido a que en este último municipio, las áreas circundantes son principalmente ganaderas. Lo anterior evidencia la importancia de la heterogeneidad de hábitats y la importancia de los remanentes de bosque en la matriz de los agropaisajes sobre la conservación de la biodiversidad faunística (Graham y Blake 2001, Vílchez *et al.* 2008).

Los resultados de la presente investigación indican la importancia de conservar sistemas de producción de caucho diversificados en sus estructura vegetal dentro de una matriz agropecuaria, la cual cada vez está más sometida a usos intensivos no sostenibles. Mantener sistemas diversificados son una meta para

cualquier programa de conservación y más aún desde el punto de vista de los sistemas agroforestales (Arendt *et al.* 2012).

Se concluye que el cultivo del caucho en sistemas heterogéneos resguarda especies sensibles a la deforestación y especies especialistas en hábitos alimenticios. Estos hábitats contribuyen con sitios de anidación, alimentación y refugio a una gran variedad de aves y posiblemente un corredor o un trampolín ecológico entre parches de bosque, para aquellas especies generalistas en el uso de hábitats y alimentación.

Este estudio sumado a otras investigaciones en la región, deben de ser herramientas para la toma de decisión en los programas de fomento cauchero desde un enfoque agroambiental, donde se pueda aprovechar no sólo la oferta productiva del caucho sino también su potencial ambiental para proveer hábitats que proporcionan nichos similares a los de un bosque y que favorezcan a su vez la conectividad ecológica con

hábitats naturales circundantes en las zonas de mayor intervención antrópica en la Amazonía colombiana.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen: a) al proyecto: “Apoyo para el Fortalecimiento de la Capacidad de Investigación del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi” Conv. Sinchi–Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por el soporte económico a la presente investigación; b) a la Asociación de Reforestadores y Cultivadores de Caucho del Caquetá – Asoheca, por el apoyo técnico y logístico en la fase de campo; c) A Esteban Carrillo del Grupo de Fauna del Instituto Sinchi por sus comentarios al manuscrito, d) a Alexander Velásquez, Coordinador del Museo de Historia Natural de la sede centro de la Universidad de la Amazonia (Caquetá) por sus comentarios al planteamiento metodológico; y e) a los productores de caucho de los municipios de Belén de los Andaquíes y El Doncello por facilitar sus fincas para el desarrollo del presente estudio.

**APÉNDICE 1.** LISTADO DE ESPECIES DE AVES OBSERVADAS Y NÚMERO DE DETECCIONES REGISTRADAS EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAUCHO (*HEVEA BRASILIENSIS*) EN DOS LOCALIDADES DE CAQUETÁ (COLOMBIA).

Especie	Belén de los Andaquíes				El Doncello			
	Monocultivo	Agroforestal	Regeneración natural	Total	Monocultivo	Agroforestal	Regeneración natural	Total
<i>Accipiter bicolor</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Amazilia fimbriata</i>	1	1	3	5	0	1	2	3
<i>Amazona amazonica</i>	0	0	0	0	2	3	0	5
<i>Amazona ochrocephala</i>	0	1	0	1	0	0	4	4
<i>Anhima cornuta</i>	1	0	0	1	0	0	9	9
<i>Ara severus</i>	6	1	2	9	1	11	23	35
<i>Arremonops conirostris</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Brotogeris cyanoptera</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Bubulcus ibis</i>	6	1	1	8	0	0	0	0
<i>Buteo magnirostris</i>	2	2	1	5	2	6	3	11
<i>Buteo platypterus</i>	0	0	2	2	0	0	0	0
<i>Cacicus cela</i>	4	13	22	39	0	9	4	13
<i>Cacicus solitarius</i>	3	0	0	3	0	0	0	0
<i>Campephilus rubricollis</i>	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Camptostoma obsoletum</i>	0	1	1	2	0	0	1	1
<i>Capito auratus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Cathartes melambrotus</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Celeus flavus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Cephalopterus penduliger</i>	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Chamaeza nobilis</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Claravis pretiosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Coereba flaveola</i>	0	2	2	4	0	6	1	7
<i>Conirostrum albifrons</i>	1	0	1	2	0	0	0	0
<i>Coragyps atratus</i>	0	0	0	0	1	1	1	3

Especie	Belén de los Andaquíes				El Doncello			
	Monocultivo	Agroforestal	Regeneración natural	Total	Monocultivo	Agroforestal	Regeneración natural	Total
<i>Crotophaga ani</i>	9	3	0	12	0	16	6	22
<i>Crotophaga major</i>	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Crypturellus undulatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Cyanocompsa cyanoides</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Cyanocorax violaceus</i>	0	4	1	5	0	3	0	3
<i>Cyanocorax affinis</i>	0	0	2	2	0	2	6	8
<i>Dacnis lineata</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Dendroplex picus</i>	0	1	0	1	0	1	0	1
<i>Dryocopus lineatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Empidonomus varius</i>	0	1	1	2	0	2	1	3
<i>Euphonia chrysopasta</i>	1	0	0	1	0	0	3	3
<i>Euphonia rufiventris</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Forpus modestus</i>	2	11	4	17	0	2	2	4
<i>Galbula dea</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Glaucidium brasilianum</i>	3	0	0	3	0	0	0	0
<i>Glaucis birsutus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Gymmoderus foetidus</i>	0	1	0	1	0	1	0	1
<i>Hemithraupis flavicollis</i>	0	0	0	0	0	0	3	3
<i>Hemitriccus zosterops</i>	0	1	2	3	0	0	1	1
<i>Icterus chrysater</i>	0	0	1	1	0	0	1	1
<i>Jacana jacana</i>	0	1	0	1	0	3	0	3
<i>Megarynchus pitangua</i>	0	0	2	2	1	2	2	5
<i>Metopothrix aurantiaca</i>	0	0	0	0	2	0	2	4
<i>Molothrus oryzivorus</i>	0	0	0	0	0	2	2	4
<i>Myrmotherula brachyura</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Neotantes niger</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Nothocrax urumutum</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Opisthocomus hoazin</i>	0	0	1	1	0	3	3	6
<i>Oryzoborus funereus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ortalis ruficauda</i>	0	0	0	0	15	3	1	19
<i>Pachyrhamphus polychopterus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Papouaria gularis</i>	3	2	7	12	0	7	0	7
<i>Patagioenas cayennensis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Piaya cayana</i>	0	0	4	4	0	6	4	10
<i>Piaya melanogaster</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Picummus lafresnayi</i>	1	0	1	2	0	0	1	1
<i>Picummus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Pipile cumanensis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Pitangus sulphuratus</i>	4	0	3	7	0	1	6	7
<i>Psarocolius angustifrons</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Psarocolius decumanus</i>	0	1	0	1	0	3	9	12
<i>Psarocoliussp.</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Pteroglossus pluricinctus</i>	1	1	1	3	0	0	1	1
<i>Ramphocelus carbo</i>	3	2	2	7	1	3	3	7
<i>Schiffornis turdina</i>	0	0	1	1	0	2	0	2
<i>Sclateria naevia</i>	0	0	1	1	0	1	0	1
<i>Sporophila castaneiventris</i>	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Sturnella militaris</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Tangara velia</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Thraupis episcopus</i>	11	15	8	34	10	18	9	37
<i>Thraupis palmarum</i>	3	7	2	12	4	0	2	6
<i>Tigrisoma lineatum</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Tityra inquisitor</i>	0	1	1	2	2	0	0	2
<i>Todirostrum cinereum</i>	3	0	0	3	0	1	0	1
<i>Troglodytes aedon</i>	1	0	1	2	0	1	2	3
<i>Turdus ignobilis</i>	0	0	2	2	0	0	0	0
<i>Tyrannus melancholicus</i>	3	1	1	5	0	3	1	4

Especie	Belén de los Andaquíes				El Doncello			
	Monocultivo	Agroforestal	Regeneración natural	Total	Monocultivo	Agroforestal	Regeneración natural	Total
<i>Vanellus chilensis</i>	7	0	0	7	0	1	4	5
<i>Veniliornis affinis</i>	2	0	0	2	0	1	0	1
<i>Volatinia jacarina</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Xiphorhynchus obsoletus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
Total	83	81	92	256	45	140	132	317

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arendt WJ, M Torrez, S Vilchez. 2012. Diversidad de Aves en Agropaisajes en la Región Norte de Nicaragua. *Ornitología neotropical* 23:113-131.
- ASOHECA (Asociación De Reforestadores Y Cultivadores De Caucho Del Caquetá). 2014. Información estadística de caucho en el Departamento del Caquetá (Colombia) a diciembre de 2013. Documento interno de agronegocios. Ed. I. Dussan. 2 p.
- Barlow J, CA Peresa, LMP Henriquesb, PC Stoufferc, JM Wunderlee. 2006. The responses of understory birds to forest fragmentation, logging and wildfires: An Amazonian synthesis. *Biological conservation* 128:189-192.
- Beukema H, M Van Noordwijk. 2004. Terrestrial pteridophytes as indicators of a forest-like environment in rubber production systems in the lowlands of Jambi, Sumatra. *Agr Ecosyst Environ* 104:63-73.
- Beukema H, F Danielsen, V Gregoire, H Suryo, VA Jelte. 2007. Plant and bird diversity in rubber agroforests in the lowlands of Sumatra, Indonesia. *Agroforest Syst* 70:217-242.
- Beukema H. 2013. Biodiversity in rubber agroforests. Tesis Doctorado. Bogor, Indonesia. Universidad de Groningen. 188 p.
- Bibby C, JND Burgess, DA Hill. 1992. *Birds Census Techniques*. Academic press, London.
- BirdLife International. 2015. IUCN Red List for birds. Consultado 17 Abril 2015. Disponible: <http://www.birdlife.org>
- Catellón TD, KE Sieving. 2005. An Experimental Test of Matrix Permeability and Corridor Use by an Endemic Understory Bird. *Conservation Biology*. 20(1):135-145.
- Compagnon P. 1998. El caucho natural, biología-cultivo-producción. Consejo Mexicano del Hule-CIRAD (México, D. F). 701 p.
- De Foresta H, G Michon. 1992. Complex agroforestry systems and conservation of biological diversity (II). Pages 488-500 in Yap Son Kheong and Lee Su Win, (eds). *Proceedings of the International Conference on Tropical Biodiversity 'In Harmony with Nature'*. Kuala Lumpur, Malaysia. p. 12-16.
- Gouyon A, H De Foresta, P Levang. 1993. Does 'jungle rubber' deserve its name? An analysis of rubber agroforestry systems in southeast Sumatra. *Agroforest Syst* 22:181-206.
- Graham CH, JG Blake. 2001. Influence of patch and landscape level factors on bird assemblages in a fragmented tropical landscape. *Ecol. Appl* 11:1709-1721.
- Halladay P, DA Gilmour. 1995. Conserving biodiversity outside protected areas. The role of traditional agro-ecosystems. IUCN Forest Conservation Programme, Andalucía, Spain.
- Harvey C, J Gonzalez, E Somarriba. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodivers Conserv* 15:555-585.
- Hilty S, W Brown. 2001. Guía de las aves de Colombia. Traducción al español por Humberto Alvarez López. American Bird Conservancy.
- Kaufman J, D Brodbeck, R Merloy. 1998. Critical Biodiversity. In *Conservation Biology* 12:(3)521-532.
- Kaboli M, A Guillaumet, R Prodon. 2006. Avifaunal gradients in two arid zones of central Iran in relation to vegetation, climate, and topography. *Journal of Biogeography* 33:133-144.
- Milesi F, A Marone, L Lopez de Casenave, JL Cueto, ET Mezquida. 2002. Gremio de manejo como indicadores de las condiciones del ambiente: un estudio de caso con aves y perturbaciones del hábitat en el Monte central, Argentina. *Ecología Austral* 12:148-161.

- McMullan M, A Quevedo, TM Donegan. 2011. Guía de campo de las Aves de Colombia. Fundación ProAves.
- McMullan M, TM Donegan. 2014. Field guide to the birds of Colombia 2nd edition. Fundación ProAves, Bogotá.
- Pearman PB. 2002. The scale of community structure: habitat variation and avian guilds in tropical forest understory. *Ecol. Monogr* 72:19-39.
- Penot E. 1997. From shifting agriculture to sustainable rubber complex agroforestry systems (jungle rubber) in the peneplains of Sumatra and Kalimantan in Indonesia: innovations in local rubber based cropping systems. In: Ruf, F Lancon. (eds.) Indonesia: upland agricultural technology study. World Bank Report. CIRAD, Montpellier, France.
- Poulin B, G Lefebvre, R McNeil. 1994. Diets of land birds from northeastern Venezuela. *Condor* 96:354-367.
- Remsen JV, Cadena CD, Jaramillo A, Nores M, Pacheco JF, Pérez-Emán J, Robbins MB, Stiles FG, Stotz DF & Zimmer KJ. Versión 13-mayo-2015. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Sáenz J, F Villatoro, M Ibrahim, D Fajardo, M Pérez. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* (45):37-48.
- Sanchez D, SJ Vilchez, F DeClerck. 2011. Complementariedad de la vegetación como provisión de recursos para la comunidad de aves en el agropaisaje de Copán Ruinas, Honduras. *Agroforestería en las Américas* (48):130-136.
- Sanderson E, K Redford, B Cheryl-Lesley, R Chetkiewicz, A Medellin, R Rabinowitz, D Saunders, Hobbs, C Margules. 1991. In Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. In *Conservation Biology* 5(1):18-31.
- Sekercioglu CH. 2012. Bird functional diversity and ecosystem services in tropical forests, agroforests and agricultural areas. *J Ornithol* 10:10336-012-0869.
- Stiles D, AF Skutch. 1989. A guide to the birds of Costa Rica. Cornell University. Ithaca, Nueva York. 511 p.
- Thiollay JM. 1995. The role of traditional agroforests in the conservation of rain forest bird diversity in Sumatra. *Conserv Biol* 9:335-353.
- Velasquez-Valencia A, F Lara, LF Ricaurte, EJ Cruz, GA Tenorio, M Correa. 2005. Lista anotada de las aves de los humedales de la parte alta del Departamento de Caquetá. Publicación memorias extensivas V Congreso Internacional de Fauna Silvestre. Quito, Perú.
- Vílchez S, CA Harvey, D Sánchez-Merlo, A Medina, B Hernández, R Taylor. 2008. Diversidad y composición de aves en un agropaisaje de Nicaragua. pp. 547-576. En: Harvey CA, JC Saénz (eds). Evaluación y conservación de Biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Editorial Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Vílchez-Mendoza SJ, CA Harvey, D Sánchez, A Medina, B Hernández, R Taylor. 2008. Diversidad y composición de aves en un agropaisaje de Nicaragua. In Harvey CA, J Saenz (eds). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Heredia, CR, INBIO. p.547-576.
- Villarreal H, M Álvarez, S Córdoba, F Escobar, G Fagua, F Gast, H Mendoza, M Ospina, AM Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Waltert M, A Mardiatuti, M M'uhlenberg. 2003. Effects of Land Use on Bird Species Richness in Sulawesi, Indonesia. *Conservation Biology* 18(5):1339-1346.
- Werner S. 1999. The impact of management practices on species richness within productive rubber agroforests of Indonesia. pp. 33-44. In: Sist P, C Sabogal, y Byron (eds). Management of secondary and logged-over forests in Indonesia. Selected proceedings of an international workshop, Bogor, Indonesia. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Winkler H, Christie DA, Nurney D. 1995. Woodpeckers. A Guide to the Woodpeckers, Piculets and Wrynecks of the World. Sussex: Pica Press.
- Willson MF, EA Porter, RS Condit. 1982. Avian frugivore activity in relation to forest light gaps. *Caribb. J. Sci* 18:1-6.