

DETERMINACIÓN DE LAS INTERACCIONES ENTRE LAS AVES  
FRUGÍVORAS Y LAS PLANTAS ORNITÓCORAS DEL BOSQUE ALTO ANDINO  
EN EL SECTOR SUR DEL PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ, CAUCA

KAROL GISEL VELASCO SAUCA



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2018

DETERMINACIÓN DE LAS INTERACCIONES ENTRE LAS AVES  
FRUGÍVORAS Y LAS PLANTAS ORNITÓCORAS DEL BOSQUE ALTO ANDINO  
EN EL SECTOR SUR DEL PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ, CAUCA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGA

KAROL GISEL VELASCO SAUCA

DIRECTOR  
LUIS GERMAN GÓMEZ BERNAL  
PROFESOR TITULAR DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2018

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Popayán, octubre de 2018

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.	JUSTIFICACIÓN.....	12
4.	OBJETIVOS.....	13
4.1.	Objetivo general.....	13
4.1.1	Objetivos específicos.....	13
5.	MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	13
5.1.	Marco teórico.....	13
5.1.1.	Bosque alto andino.....	13
5.1.2.	Aves frugívoras.....	14
5.1.3.	Dispersión de semillas (Zoocoria/ Ornitocoria).....	15
5.2.	Antecedentes.....	16
6.	MARCO METODOLÓGICO.....	17
6.1.	Área de estudio.....	17
6.2.	Diseño de muestreo.....	18
6.3.	Identificación de aves y plantas, registro de interacciones, estimación de la disponibilidad de frutos.....	20
6.4.	Análisis de información.....	21
6.4.1	Riqueza de aves, plantas y relación con la disponibilidad de frutos.....	21
6.4.2.	Patrones de utilización de frutos por las aves.....	22
6.4.3.	Caracterización de las aves como dispersoras de semillas.....	24

7.	RESULTADOS.....	25
7.1.	Especies de aves y plantas pertenecientes a las interacciones ave frugívora /planta ornitócora.....	25
7.1.1.	Aves frugívoras.....	25
7.1.2.	Plantas ornitócoras.....	27
7.2.	Relación de la riqueza de las aves frugívoras/plantas ornitócoras y la disponibilidad de frutos.....	29
7.2.1.	Evaluación de la relación entre la disponibilidad de frutos/consumo de frutos y la riqueza de las plantas ornitócoras...	29
7.2.2	Evaluación de la relación entre los eventos de consumo y la riqueza de las aves frugívoras.....	30
7.2.2.1	Relación entre la riqueza de especies de aves frugívoras y la disponibilidad de frutos.....	32
7.3.	Utilización de frutos por las aves.....	34
7.3.1.	Utilización de recurso por parte de las aves frugívoras.....	34
7.3.2.	Distribución de frecuencias de interacciones ave frugívora- planta ornitócora .....	36
7.3.3.	Acumulación de interacciones.....	38
7.3.4.	Relación entre la disponibilidad de frutos y el consumo por parte de las aves frugívoras.....	39
7.3.5.	Traslape alimenticio entre las especies de aves frugívoras.....	41
7.3.6.	Asociación de las especies de aves frugívoras con las plantas ornitócoras .....	43
7.4.	Evaluación de la importancia de las especies de aves frugívoras como potenciales dispersoras de semillas.....	45
7.4.1.	Importancia de las aves frugívoras y plantas ornitócoras.....	45

8.	DISCUSIÓN.....	47
8.1.	Especies que participan en las interacciones frugívoro – ornitócoro...	47
8.2.	Análisis de la riqueza de las aves frugívoras, plantas ornitócoras y la disponibilidad de frutos.....	48
8.2.1.	Relación entre aves y disponibilidad de frutos.....	48
8.2.2	Eventos de consumo.....	51
8.2.3	Traslape alimenticio y asociación entre ave y planta.....	52
8.3.	Análisis de la importancia de las especies de aves frugívoras como potenciales dispersoras de semillas.....	53
8.3.1.	Importancia de plantas ornitócoras y aves frugívoras.....	53
9.	CONCLUSIONES.....	54
10.	RECOMENDACIONES.....	55
11.	BIBLIOGRAFIA.....	56
12	ANEXOS.....	64

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> A) Mapa del área de estudio; B) esquema de muestreo.....	19
<b>Figura 2:</b> Número de especies de aves frugívoras por familia.....	27
<b>Figura 3:</b> A) Abundancia de especies de plantas con frutos maduros; B) abundancia mensual de frutos maduros y C) abundancia de individuos con frutos maduros.....	30
<b>Figura 4:</b> Número de especies de aves frugívoras y número de eventos de consumo durante cada mes de muestreo.....	32
<b>Figura 5.</b> Relación mensual entre número de eventos de consumo de frutos y el número de frutos maduros (A) y número de especies de aves frugívoras con el número de frutos maduros (B).....	33
<b>Figura 6.</b> Distribución de las frecuencias de interacciones para las especies de aves frugívoras .....	37
<b>Figura 7:</b> Distribución de las frecuencias de interacciones para las especies de plantas ornitócoras .....	38
<b>Figura 8.</b> Curva de acumulación de interacciones en función de esfuerzo de muestreo .....	37
<b>Figura 9:</b> Asociación entre las especies de aves frugívoras y plantas ornitócoras.....	44
<b>Figura 10:</b> Índices de importancia de las especies de aves (A) y especies de plantas (B).....	46

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al Director del Parque Nacional Natural Puracé Isaac Bedoya Dorado y al Cabildo del Resguardo Indígena Papallaqta, por autorizar y apoyar la realización de este trabajo de grado en el sector Alto Caquetá, jurisdicción del PNN y territorio del Cabildo.

También agradezco al personal de PNN Puracé por brindarme su compañía en este último tramo del pregrado, en especial al técnico Carlo Sánchez quien me apoyo en las jornadas de campo y entre bromas me enseñó a preparar las mejores pastas y aún más me ayudo a sentirme cómoda en este nuevo lugar, gracias por todas esas risas y caminatas en el parque.

Agradezco enormemente a mi director, profesor Luis Germán Gómez Bernal, a David Fernando Angulo y Jorge Mario Becoche del proyecto VRI-ID 4571 (Diferencias en la relación ave frugívora-planta ornitócora en bosques alto andinos con diferente grado de alteración en la cordillera central, Cauca), quienes soportaron mis chistes y con mucha paciencia me apoyaron a lo largo del trabajo de grado.

Agradezco especialmente a mis padres que me guiaron desde mis primeros pasos: a mi papá José Ricaute Velasco, quien sembró en mí el amor por explorar la naturaleza y ahora desde lo alto el estará observando que su pequeña logró terminar la carrera que un día el comenzó; a mi mamá Doris Sauca por apoyarme en todas mis locuras, por estar al mi lado en los momentos más difíciles.

De igual forma agradezco a mi familia quienes fueron fundamentales en este proceso de ser profesional, en especial a mis primos Paula Andrea Sandoval y Leonardo Saavedra, que más que mis primos fueron mis hermanos.

Agradezco a mis amigos Angie Marcela Toro y Rubén Sandoval que, gracias a Dios, nuestros caminos se cruzaron desde el inicio de nuestras carreras, permitiéndonos experimentar muchas alegrías, angustias, aventuras que se quedaran grabadas en nuestros corazones.

Gracias a todos ustedes por acompañarme en esta etapa de la vida.

## RESUMEN

Los bosques alto andinos se extienden sobre las cordilleras andinas, en la actualidad la mayoría de ellos han sido fragmentados a causa de la intervención del hombre, afectando las interacciones entre las aves-plantas ornitócoras y por ende las funciones ecológicas en los bosques. Este es el punto de partida para realizar esta investigación, debido a que hay pocos estudios sobre el tema.

El estudio se basó en la teoría de la relación planta-animal en función a la observación de los eventos de consumo de las aves y la oferta temporal de frutos, se abordaron conceptos como el bosque alto andino, las aves frugívoras, las interacciones y la dispersión de semillas, para el cual se encontró que las aves se alimentan de los frutos según su disponibilidad.

Durante siete meses se registraron 247 eventos de consumo por parte de 27 especies de aves frugívoras y 23 especies de plantas ornitócoras pertenecientes al bosque alto andino del Parque Nacional Natural Puracé; sector Valencia, las aves se alimentan generalmente de las plantas con mayor fructificación; el ave con un alto índice de importancia para la dispersión de semillas en el bosque objeto de estudio fue *Tangara vassorii* y con respecto a las plantas, *Miconia orcheotoma*, *Ocotea infrafoveolata*, *Clusia multiflora*, *Miconia jahnii* y *Pernettya prostrata* son las plantas de mayor importancia para las aves.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Andes tropicales se caracterizan por su alta diversidad biológica evidenciada en sus 33 áreas de endemismo de aves, 30 eco-regiones y 133 tipos de ecosistemas (Olson y Dinerstein 2002, Stattersfield *et al.* 2005, Josse *et al.* 2009) En este contexto Colombia ocupa el primer lugar en diversidad de aves, albergando 1909 especies, equivalente al 10.6 % de las 18.000 aves conocidas (Avendaño *et al.* 2017) entre los gremios tróficos que componen las diferentes especies de aves, está el de las aves frugívoras, que cumplen funciones ecológicas como la de dispersar semillas, un proceso clave para el mantenimiento del equilibrio y regeneración de los bosques (Finegan *et al.* 2004).

La interacción entre aves y plantas es de tipo mutualista donde las aves facilitan la dispersión de los propágulos de las plantas, mientras que éstas les proporcionan una recompensa nutricional (Howe y Smallwood 1982). Por sus implicaciones evolutivas y ecológicas, la relación planta-ave ha despertado el interés de muchos científicos desde hace más de 50 años (Snow 1971, Link y Stevenson 2004). Sin embargo, en Colombia persisten zonas con poca información al respecto, como es el caso de los bosques altos andinos de la cordillera Central al sur del país (Salazar *et al.* 2014).

En Colombia, los bosques andinos fueron intervenidos hasta un 50% (Ojeda *et al.* 2002), reduciendo la oferta de alimento y refugio hecho que podría haber afectado a las poblaciones de aves en particular causando efectos negativos sobre la interacción planta-ave. Conocer la naturaleza de las relaciones planta ornitócora-ave frugívora es por lo tanto necesario, no solo desde el punto de vista ecológico, sino como fuente de información para procesos de restauración de las comunidades del bosque alto andino (Ortiz-Pulido 2000).

En esta investigación se analizaron las interacciones entre ave frugívora-planta ornitócora en el Parque Nacional Natural Puracé (PNNP) sector Valencia, en lo relacionado con las especies involucradas en la interacción y en el análisis de la relación entre disponibilidad de frutos y riqueza de especies. Para este sector de la cordillera Central esta investigación es la primera aproximación al tema.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las relaciones planta-ave han sido motivo de estudio desde hace varias décadas (Snow y Snow 1971, Terborgh 1971), centrándose en el análisis de las relaciones de polinización y de ornitocoría (Howe 1990, Amaya *et al.* 2001). La ornitocoría en particular estudia la relación entre aves frugívoras y plantas (Jordano *et al.*, 2007).

La ornitocoría es una relación mutualista en la cual el ave dispersa las semillas de una planta (Wenny *et al.* 2011) y ésta a cambio le proporciona una fuente de alimento (Howe y Smallwood 1982). Dicha relación es de suma importancia en la dinámica del bosque, pues de ella depende el mantenimiento de las poblaciones de plantas y por ende los procesos de regeneración de la cobertura vegetal (Yamamoto *et al.* 2007, Buitrago y López 2015).

Para la América tropical la mayoría de los estudios en ornitocoría se han adelantado en Costa Rica, Brasil y Argentina (Jordano 1987, Aizen *et al.* 2002, Purificação *et al.* 2014). En Colombia las investigaciones en el tema se han realizado principalmente en la región central del país (Link y Stevenson 2004, Moreno 2010, Buitrago y López 2015).

Para el departamento del Cauca los estudios en ornitocoría son relativamente recientes (Amaya *et al.* 2004, Casas 2006, Angulo 2016), persistiendo muchos vacíos de información en aspectos como conocer las especies de aves y plantas involucradas, la temporalidad y naturaleza de la interacción. Considerando lo anterior, el propósito de esta investigación fue obtener información nueva sobre el tema respondiendo a la pregunta ¿Cuáles son las características de la interacción entre las aves frugívoras y las plantas ornitócoras del bosque alto andino del sector Valencia, al sur del PNN Puracé?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El bosque Andino es uno de los ecosistemas más presionados por actividades antrópicas (agricultura, ganadería, minería, infraestructura, vivienda), dado que sobre el área que ocupa se asienta la mayoría de la población colombiana (Ojeda *et al.* 2002). Las actividades antrópicas generan fragmentación, pérdida de cobertura vegetal, de suelo y de especies silvestres, hechos que traen como consecuencia la pérdida de la biodiversidad, pero también de bienes y servicios ambientales, como el agua, el aire y el suelo.

Con el propósito de mantener la biodiversidad y los servicios ambientales las áreas de bosque andino conservado se debe proteger al igual que las áreas degradadas, se deben recuperar. La recuperación de esas áreas degradadas es prioridad nacional (Morales y Amenteras 2013), pero para lograrlo se debe generar información ecológica que permita plantear e implementar iniciativas de revegetalización o de restauración.

En los ecosistemas andinos la fauna silvestre y en particular las aves, juegan un papel importante en el mantenimiento o recuperación de la cobertura vegetal al actuar al menos en dos procesos básicos, la polinización y la dispersión de semillas. Sin embargo, la información publicada sobre las relaciones ave frugívora-planta ornitócora en el departamento del Cauca es notoriamente insuficiente: Casas (2006) en su estudio recomienda desarrollar más investigaciones sobre el tema; diez años después y de manera similar Angulo (2016) menciona la necesidad de profundizar en el tema. La realización de esta investigación en el Parque Nacional Natural Puracé (PNNP) permitió estudiar este tipo de interacciones en un ambiente bien conservado y generar información ecológica aplicable en iniciativas de revegetalización en áreas de bosque alto andino, bosque andino y páramo del PNNP o vecinas a él. El trabajo permitió además apoyar el cumplimiento de los objetivos del PNNP y se espera que incentive a futuros investigadores a realizar más estudios relacionados con el tema.

## **4. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar las interacciones entre las aves frugívoras y las plantas ornitócoras presentes en el bosque alto andino del sector Valencia del PNNP.

### **Objetivos específicos**

- 1) Identificar las especies de aves y plantas que hacen parte de las interacciones ave-frugívora/planta-ornitócora del bosque alto andino del sector Valencia del PNNP.
- 2) Establecer la relación entre la riqueza de las aves frugívoras y la disponibilidad de frutos.
- 3) Caracterizar la importancia de las especies de aves frugívoras como potenciales dispersoras de las semillas del bosque alto andino en el área de estudio.

## **5. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES**

### **Marco teórico**

#### **5.1.1. Bosque alto andino**

Estos ecosistemas se sitúan en la franja de 2.900 y 3.800 msnm (Ojeda *et al.* 2001), con temperaturas que oscilan entre los 12°C a 17,5 °C (Cuesta *et al.* 2009), sobre una variedad de geoformas y altas pendientes propias de la alta montaña andina. La alta humedad posibilita el desarrollo de una notable variedad florística y faunística típica de estos ecosistemas. El bosque alto andino presenta una franja de árboles pequeños y arbustos nanofolios entre los que se destacan aquellos de los géneros *Pernettya*, *Miconia* y *Ocotea* (Cuatrecasas 1958, Marín y Parra 2015); otra característica propia del ecosistema es la abundante presencia de musgos que capturan, almacenan y liberan agua; estos briofitos recubren tanto el suelo como los estratos arbóreos.

Las características del ecosistema conforman hábitats ideales para la expresión de una diversidad de fauna autóctona, en muchos casos compartida desde Venezuela

hasta Perú y Bolivia, con organismos como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el puma (*Puma concolor*), la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), el cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*), el tucán de montaña (*Andigena hypoglauca*), el loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*) y el perico paramuno (*Leptosittaca branickii* (Amaya *et al.* 2004, Medina *et al.* 2015).

Los bosques andinos representan solo el 8,4 de la cobertura vegetal en América y son el hábitat del 11,6% de las especies de aves amenazadas del continente (Victorino, 2012), además de proveer buena parte del agua potable para la mayoría del sector rural y urbano de los países en su rango de distribución. Esto los convierte en claros objetivos de conservación más aún teniendo en cuenta que cerca del 50% de su extensión original están en estado grave de deterioro.

### **5.1.2. Aves frugívoras**

Diferentes especies de aves consumen los frutos de las plantas, pero no todas dispersan sus semillas. Las aves que además de la pulpa consumen la semilla causándole algún daño que la hace inviable se denominan frugívoras depredadoras (Herrera, 2004), como es el caso de los loros (Psittacidae) y algunas especies de palomas (Columbidae). Las aves que son legítimamente frugívoras ingieren el fruto por completo, para más tarde defecar y/o regurgitar las semillas, cumpliendo de este modo con un papel importante para la dinámica de las poblaciones y la germinación (Jordano 1994, Aizen *et al.* 2002, Herrera 2004, Schupp y Jordano 2010); en este grupo están aves de las familias Cotingidae, Ramphastidae y Thraupidae como *Pipreola arcuata*, *Andigena hypoglauca* y *Anisognatus* sp., respectivamente.

Los bosques alto andinos albergan una alta variedad de especies de aves frugívoras , que según Cuesta *et al.* (2009) corresponden al 10% de las más de 3000 especies de aves registradas en América Latina. Para el caso de Colombia, solo en una finca del municipio de la Calera, Cundinamarca, se registraron 32 familias de aves entre las que se destacan Trogonidae, Thraupidae, Contingidae y Emberizidae, las cuales son de hábitos frugívoros (Stiles y Rosselli 1998).

Como dispersores de semillas las aves son altamente eficientes gracias a su capacidad de atravesar distancias considerables en una sola jornada, por lo que sus patrones de forrajeo determinan la eficacia de la dispersión de semillas en el espacio (Wheelwright 1985), siendo uno de los grupos claves para la restauración pasiva de los bosques (Montaldo 2000, Hernández *et al.* 2012).

### **5.1.3. Dispersión de semillas (Zoocoría/Ornitocoría)**

La dispersión es el proceso mediante el cual la descendencia de las plantas se mueve lejos de sus parentales, hacia un punto más o menos espaciado (Herrera y Pellemyr 2002); la anterior actividad puede ser llevada a cabo por más de un agente tal como el viento, el agua, la fauna, el humano, entre otros (Howe y Smallwood 1982). La dispersión llevada a cabo por animales se denomina zoocoría y constituye el mecanismo básico de regeneración de los bosques en las regiones tropicales (Howe y Smallwood 1982, Medellín y Gaona 1999). Dentro del proceso de la zoocoría se destaca la ornitocoría, consistente en el proceso de dispersión de semillas llevado a cabo por aves (Traveset 1998).

En la ornitocoría participan dos tipos de aves: -las frugívoras especializadas y -las frugívoras oportunistas (Snow 1981). Las primeras son aquellas aves propias de los bosques maduros, caracterizadas por dispersar frutos con pulpa rica en proteínas y lípidos (Howe 1990); dentro de este grupo se encuentran las especies de las familias Cotingidae, Ramphastidae y Trogonidae.

En el segundo grupo están aves que se caracterizan por tener una dieta compuesta parcialmente por frutas e insectos, grupo más diverso que el grupo de frugívoras especialistas, destacándose las familias Thraupidae, Psittacidae y Troglodytidae (Jordano 1986 , Pizo y Galetti 2010). Los frutos adaptados para la dispersión por aves oportunistas son pequeños (5 a 10 mm), esféricos y con colores vistosos como negro, azul, rojo o naranja (Snow 1981), las anteriores características se presentan por ejemplo en los frutos de las familias Melastomataceae y Rubiaceae.

## **Antecedentes**

El pionero en abordar desde una perspectiva evolutiva y ecológica el estudio de los frutos como alimento para las aves fue Snow (1971, 1981). Jordano (1983) estudio las interacciones entre las aves y la dispersión de semillas en un campo de higos de Costa Rica durante la cosecha; observó el forrajeo de las aves y analizó los diferentes tipos de dispersión de semillas para entender la relación frugívoro-ornitócoro; entre los resultados, encontró que las especies *Trogon melanocephalus*, *Icterus gálbula* entre otras se caracterizaban por ser aves frugívoras. A pesar de que su estudio fue muy minucioso, recomienda realizar más estudios sobre la dispersión de semillas, para comprender mejor la relación frugívoro-ornitócoro.

Un año más tarde, Herrera (1984) realizó un estudio con el objetivo de analizar la relación entre producción de frutos y dispersión de semillas en España y determinó que la reciprocidad real ocurre solo en unas pocas parejas de especies de plantas-aves en cada sitio y que en la mayoría de los casos las plantas son mucho menos importantes para los dispersores que los dispersores para las plantas.

Ortiz-Pulido (2000), evaluó la relación mensual entre la abundancia de aves frugívoras y la riqueza de frutos en diferentes tipos de hábitats de un paisaje tropical de México; a pesar de que encontró algunas correlaciones positivas, la abundancia de aves no se explicó en función de la riqueza de plantas ornitócoras. Debido a esto, llegó a la conclusión que en estos estudios se debe tener en cuenta variables como la abundancia de frutos y riqueza o abundancia de las plantas que se alimenta cada especie de ave.

Casas (2006) realizó un estudio para determinar la estructura, riqueza y diversidad de la comunidad de aves frugívoras de la Reserva Natural Tambito (El Tambo. Cauca), encontrando que la diversidad de aves frugívoras está relacionada con la disponibilidad y variedad de frutos del sector; también encontró que la mayor riqueza de aves ocurrió en los primeros meses del año (enero hasta febrero), reconociendo a las familias Thraupidae, Trogonidae y Ramphastidae como las más abundantes de la zona y a la familia Melastomataceae la que más relación tuvo con las aves frugívoras.

En el 2007, Izquierdo realizó un estudio comparativo de la abundancia y estructura de la comunidad de aves frugívoras y plantas ornitócoras en dos tipos de hábitats en una reserva en Buesaco (Nariño). El autor observó que la mayor riqueza de especies de aves frugívoras y plantas se presenta en un hábitat regenerado, al contrario de un bosque mixto donde se pudo establecer que no hay relación significativa entre la presencia de aves frugívoras y la oferta de frutos.

Por otra parte, Ponce *et al.* (2012) realizaron un estudio comparativo sobre eventos de frugivoría en un fragmento de bosque y en un bosque continuo en Argentina. Entre sus resultados se destacó la presencia de una mayor riqueza de especies de aves en el bosque continuo que en el fragmentado. Además, sugiere que las interacciones mutualistas planta-dispersor serían afectadas diferencialmente en el contexto de la fragmentación del bosque.

Más recientemente, Angulo (2016) hizo un estudio sobre la relación entre las aves frugívoras y las plantas ornitócoras en un fragmento de bosque alto andino de la vereda el Cofre del municipio de Totoró (Cauca). En el estudio registró 6 especies de plantas relacionadas por eventos de forrajeo con 16 especies de aves; el autor resalta que la riqueza de aves y de plantas es relativamente baja comparada con la encontrada en anteriores investigaciones (en particular Casas 2006).

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

### **6.1. Área de estudio**

Este estudio fue realizado en el sector Valencia del Parque Nacional Natural Puracé (PNNP), corregimiento de Valencia, municipio de San Sebastián, en el departamento del Cauca, ubicado a los 1°54'03.7" N y 76°39'59.8" O (Figura 1A). El PNNP fue creado en 1961 y tiene una extensión 83.000 ha (Amaya *et al.* 2004); el PNNP protege el nacimiento de los ríos Caquetá, Magdalena, Patía y Cauca, resguardando ecosistemas de media y alta montaña.

El PNNP comprende alturas entre 3.000 y 3.700 msnm, con temperaturas entre 7 y 12 °C y una precipitación anual de 1.500-2.000 mm (Amaya *et al.* 2004). Con estos

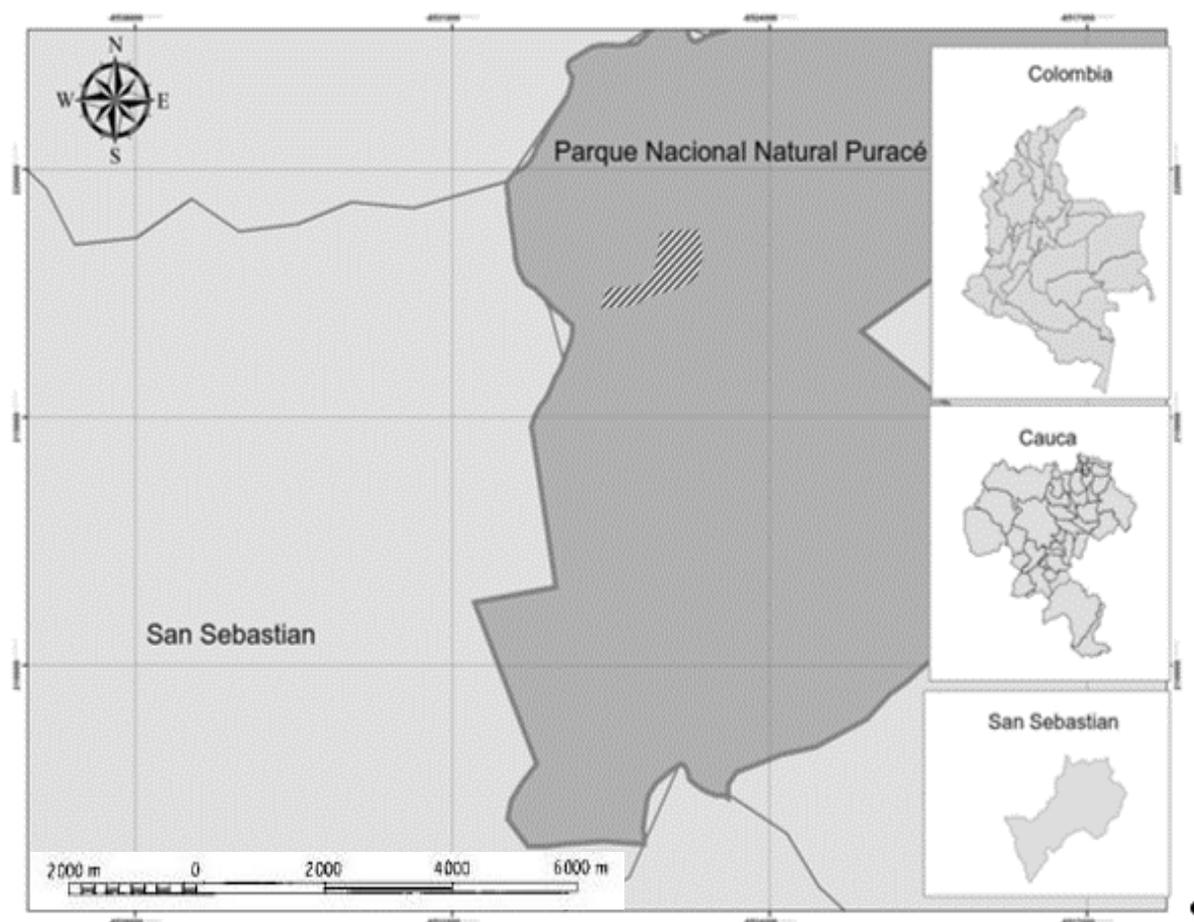
parámetros la zona de estudio corresponde al bosque muy húmedo del piso altitudinal montano (Holdridge 1967) y al bosque alto andino (Cuatrecasas 1958). El ecosistema se caracteriza por la presencia de árboles de las familias Melastomataceae, Solanaceae, Lauraceae, Ericaceae y especies como *Miconia curvitheca*, *Hesperomeles lanuginosa*, *Dendrophthora clavata*, *Miconia orcheotoma*, cuya altura varía entre 4 y 7 metros (Cuatrecasas 1958, Alvear *et al.* 2010).

El PNNP conserva una alta diversidad de organismos emblemáticos y/o amenazados de los Andes como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el puma (*Puma concolor*), la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*) y el cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*) (Amaya *et al.*, 2004). En el sector Valencia se encuentra una alta riqueza de aves (282 especies) (Amaya *et al.* 2004), entre las que se destacan aves frugívoras como el tucán de páramo (*Andigena hypoglauca*), el loro paramuno (*Leptosittaca branickii*) y el trogon (*Trogon personatus*). Esta área protegida es administrada por la autoridad ambiental junto con el apoyo de las autoridades indígenas y representantes de la comunidad campesina del sector.

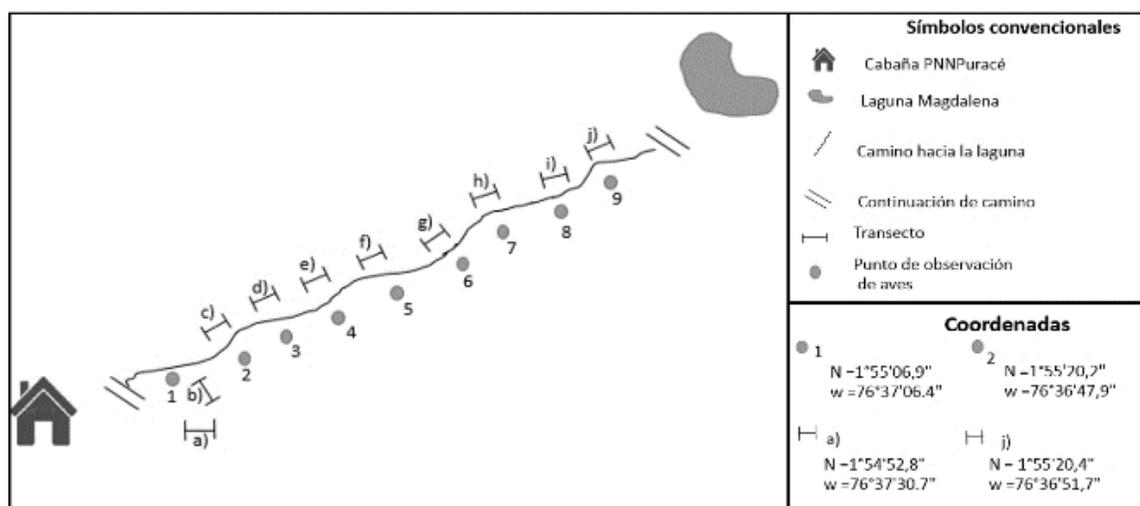
## **6.2. Diseño de muestreo**

La fase de campo del estudio abarcó un periodo de siete meses, de abril a octubre de 2017. En el premuestreo se establecieron y demarcaron 9 puntos de observación siguiendo a Ortiz-Pulido (2000); el primer punto se ubicó de forma aleatoria y los restantes de forma sistemática cada 75 metros en la vía denominada “La Variante” la cual va de la cabaña del PNNP Sector Valencia a la laguna de La Magdalena. En estos puntos se realizó el registro de interacciones entre aves frugívoras y plantas ornitócoras. Adicionalmente, al lado de cada punto de observación y donde la topografía lo permitió se ubicaron 10 parcelas de 50 m de largo por 2 m de ancho (0,1 ha), en los cuales se realizó el conteo de frutos (Villarreal *et al.* 2006). (Figura 1B).

A)



B)



**Figura 1:** 1A-Mapa de zona estudio resaltando la parte sur del Parque Nacional Natural Puracé, municipio de San Sebastián (el área de muestreo se destaca en

rayado) (Adaptado de DANE 2018). 1B-Esquema del diseño de muestreo ilustrando la ubicación de los puntos de observación y de las parcelas para el conteo de frutos, PNN Puracé, Sector Valencia (en Anexos A y B se relacionan las coordenadas geográficas de cada punto de observación y de cada parcela).

### **6.3. Identificación de aves y plantas, registro de interacciones, estimación de la disponibilidad de frutos**

**Identificación de aves frugívoras:** el registro de las aves se realizó por observación (binoculares Tasco 10x35), de 6:00 am a 9:00 am y 10:00 am a 1:00 pm; esta actividad se realizó durante cinco días consecutivos haciendo registros por 15 minutos en cada uno de los nueve puntos de observación. Las aves fueron identificadas siguiendo las guías de Hilty y Brown (2001) y de McMullan *et al.* (2011); en el documento se sigue la propuesta taxonómica de Remsen *et al.* (2018). Las observaciones fueron realizadas sobre individuos de una sola especie y sobre bandadas mixtas. Para ambos casos se contabilizó cada interacción ave-planta ornitócora como una sola visita, sin importar las veces que el ave volviera a la planta.

**Identificación de plantas ornitócoras:** las plantas detectadas en las interacciones ave frugívora-planta ornitócora, fueron identificadas mayoritariamente en campo partiendo de la revisión del listado de plantas reportadas en Angulo (2016), de los listados de plantas de los proyectos VRI-ID 4454 (Gómez 2016), 4571 (Gómez 2018), además se contó con la ayuda de los biólogos David Fernando Angulo Ortiz y Jorge Mario Becoche Mosquera. En algunos casos la identificación requirió la colecta de muestras botánicas dentro o fuera de las parcelas establecidas para el conteo de frutos maduros, muestras que se prensaron y alcoholizaron para su posterior secado y depósito en el Herbario de la Universidad del Cauca (N° de colección 31-45 KG.Velasco). Las muestras fueron determinadas hasta el nivel de especie con base en las guías de Marín y Parra (2015); en el documento se sigue

la propuesta taxonómica del Sistema de Información Botánica del Jardín Botánico de Missouri (Tropicos 2018).

**Registro de interacciones ave frugívora- planta ornitócora:** Una interacción biológica es una relación que se establece entre dos o más organismos, en una comunidad (Murray *et al.* 2000 y Aguilar *et al.* 2009). En esta investigación se tomó como interacción, a la visita de una especie de ave a una planta con el objetivo de tomar sus frutos. El registro de los eventos de consumo, se realizó mediante la metodología de puntos de conteo de radio ilimitado (Cajiao *et al.* 1995, Ralph *et al.* 1996 y Bibby *et al.* 2000). Esta metodología consiste en registrar las aves que están consumiendo frutos desde el punto de observación hasta el alcance visual de un observador (en este trabajo se usaron binoculares Tasco 10X35). El conteo se inició en el momento en que las aves se habían adaptado a la presencia del observador (Ralph *et al.* 1996, Bibby *et al.* 2000).

**Estimación de la disponibilidad de frutos:** Para estimar la disponibilidad de frutos se observó y contabilizó el número de plantas con frutos maduros, el número total de frutos maduros de cada individuo, usando la metodología de conteo de frutos totales en una rama y el número de ramas totales (Loiselle y Blake 1991, Parrado-Rosselli 2005, Acosta-Rojas *et al.* 2012). Los registros se hicieron durante cinco días consecutivos a lo largo de todo el muestreo en las parcelas establecidas para ese fin.

## **6.4. Análisis de información**

### **6.4.1. Riqueza de aves, plantas y relación con la disponibilidad de frutos**

**Riqueza de aves y plantas:** con los datos obtenidos se construyeron dos tablas, una con las especies de aves y otra con las especies de plantas. La primera tabla muestra la composición y riqueza de aves frugívoras registradas durante la investigación y su frecuencia (número de meses en que se registró la especie

durante el muestreo). La segunda tabla consigna la composición y riqueza de plantas usadas por las aves frugívoras, la frecuencia de producción y número de frutos contados mes a mes.

**Relación entre riqueza de aves y la disponibilidad de frutos:** para determinar si la riqueza de aves está relacionada con la disponibilidad de frutos, se analizó: 1-la variación mensual en la producción de frutos (respecto a la riqueza de plantas con frutos, a los individuos con frutos y al total de frutos maduros), 2-la variación mensual en la riqueza de aves respecto a los eventos de consumo, 3-la relación entre eventos de consumo, número de frutos maduros, especies de aves, número de individuos de plantas, número de especies plantas. Estos análisis exploratorios se ilustran usando histogramas y líneas de tendencia. Para determinar si habían diferencias significativas se utilizó la prueba de correlación de Spearman mediante el programa “R versión 3.2.1” (R Development Core Team 2015).

#### **6.4.2. Patrones de utilización de frutos por las aves**

Para analizar los patrones de uso de los recursos por parte de las aves, se elaboró una matriz de conteo de interacciones ave-planta, con las especies de aves en la línea vertical, las de plantas en la horizontal y el número de interacciones en cada celda. De manera exploratoria se construyeron dos histogramas, el primero mostrando el número de interacciones de aves con plantas (consumo de frutos por aves), que permite identificar cualitativamente a las aves frugívoras más importantes; el segundo histograma muestra el número de interacciones de plantas con aves (número de veces que el recurso fue consumido por las distintas especies de aves) y permite identificar cualitativamente a las plantas más importantes para las aves.

La matriz de interacciones se usó para saber la representatividad del muestreo de las relaciones ave-planta observada; para este fin se utilizó el programa Estimates

versión 9.1.0 (Robert K. Colwell, 2013), en el que se observaron los estimadores de riqueza Chao 1 y ACE, los cuales son sensibles a la agregación de nuevas especies.

**Evaluación de la relación consumo de frutos y disponibilidad del recurso:** para evaluar esta relación se empleó el índice de Czekanowski o de similitud proporcional (Feinsinger *et al.* 1981). Este índice de amplitud de nicho, mide la distribución de la frecuencia del recurso usado por las especies de aves y la frecuencia del recurso disponible en las parcelas ubicadas en el área de estudio; está dado por la fórmula:

$$ISP = 1 - 0.5 \sum |p_i - q_i|$$

donde (*ISP*) es la similitud proporcional;  $p_i$  es la frecuencia relativa del recurso usado por las poblaciones (i.e. eventos de consumo de frutos) y  $q_i$  es la frecuencia relativa del recurso disponible en el ambiente (i.e. número de frutos disponibles de la especie consumida); los valores del índice varían del 0 a 1, cuando tiende a 0, la población se especializa en ciertos recursos y cuando tiende a 1, indica que la población utiliza los recursos según su disponibilidad (Acosta-Rojas *et al.* 2012).

**Superposición en la explotación del recurso:** para realizar este análisis se utilizó una medida del traslape de nicho alimenticio entre las especies de aves, usando el índice de Morisita simplificado propuesto por Horn (1996), dado por la siguiente ecuación:

$$C_H = \frac{2 \sum P_{ij} P_{ik}}{\sum P_{i^2 j} + \sum P_{i^2 k}}$$

Donde  $p_i$  es la proporción de recurso,  $i$  es el total de recursos usados por la especie  $j$  calculado a partir de las frecuencias de las visitas de aves frugívoras a las diferentes especies de plantas ornitócoras y ( $p_{ik}$ ) es la proporción de recurso, ( $i$ ) total de recursos usados, ( $k$ ) especie de ave que utiliza los recursos. Este índice varía de 0 (sin traslape) a 1 (traslape completo) (Horn 1996, Krebs 1999).

**Asociación de las aves frugívoras con las plantas ornitócoras:** Se entiende por asociación a la preferencia que tienen las aves por el recurso fruto (Ortiz-Pulido 2000); para analizar la asociación entre aves-plantas, se utilizó la matriz de interacciones y consumo de ave-planta, empleando un análisis de correspondencia factorial (Hotelling 1936), usando el programa estadístico XLSTAT versión 2015.4.01 (Addinsoft 1995-2017).

#### **6.4.3. Caracterización de las aves como dispersoras de semillas**

**Importancia de las aves frugívoras y plantas ornitócoras:** El índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Para evaluar la importancia potencial de cada especie de ave en la dispersión de semillas se calculó el índice de importancia (Silva *et al.* 2002, Purificação *et al.* 2014), a partir de los datos de la matriz de interacciones. Este índice desarrollado por Murray (2000) se estima de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_j = \sum_{i=1}^s \left( \frac{C_{ij}/T_i}{S} \right)$$

Donde  $T_i$  es el número total de especies de aves que se alimentan de los frutos de la especie de planta  $i$ ,  $S$  es el número total de especies de plantas incluidas en la muestra y  $C_{ij}$  son los eventos de consumo que son igual a 1 cuando la especie de ave  $j$  consume los frutos de la especie de planta  $i$  o 0 si no lo hace. El valor de  $I_j$  puede ir desde 0 para un ave que no consume fruto alguno, hasta 1 para un ave que es la única consumidora de todas las especies de plantas (Silva *et al.* 2002 y Purificação *et al.* 2014).

El mismo índice fue utilizado para evaluar la importancia potencial de cada especie de planta para las aves. En este caso  $T_i$  es el número total de especies de plantas que sirven como alimento para las especies de aves,  $i, S$  es el número total de especies de aves que serán incluidas en la muestra y  $C_{ij}$  es igual a 1 si la especie

de planta  $j$  esta incluida en la dieta de la especie de ave  $i$  o 0 si no está, las especies de plantas con los más altos valores son consumidas por muchas especies de aves que a su vez se alimentan de otra especie de frutos (Silva *et al.* 2002 y Purificação *et al.* 2014).

## **7. RESULTADOS**

Los muestreos abarcaron un periodo de siete meses en el año 2017(abril- octubre), con 210 horas de observación, en las cuales se registraron 112 interacciones, 247 eventos de consumo, 27 especies de aves frugívoras y 23 especies de plantas ornitócoras.

Las especies de aves que fueron registradas constantemente en el periodo de muestreo fueron *Anisognathus igniventris* y *Anisognathus lacrymosus*, si bien según el índice de importancia no alcanzaron el nivel más alto, se considera que estas especies son relevantes para el ecosistema, debido a que tienen una dieta generalista y permanecen en el sector independientemente de la época del año; por otra parte, se observó que la especie *Tangara vassorii*, obtuvo el índice de importancia más alto, a pesar de registrarse en 6 meses del total del periodo de muestreo, ese valor de importancia se debió a que su dieta incluyo una especie planta que ninguna otra especie de ave consumió (*Ilex quitensis*).

### **7.1. Especies de aves y de plantas involucradas a las interacciones ave frugívora /planta ornitócora**

#### **7.1.1. Aves frugívoras**

Durante el muestreo se registraron 27 especies de aves frugívoras pertenecientes a 4 órdenes, 11 familias y 24 géneros (Tabla 1). El orden Passeriformes presentó el mayor número de familias con 7, seguido por Piciformes con 2, Galliformes y Trogoniformes con 1.

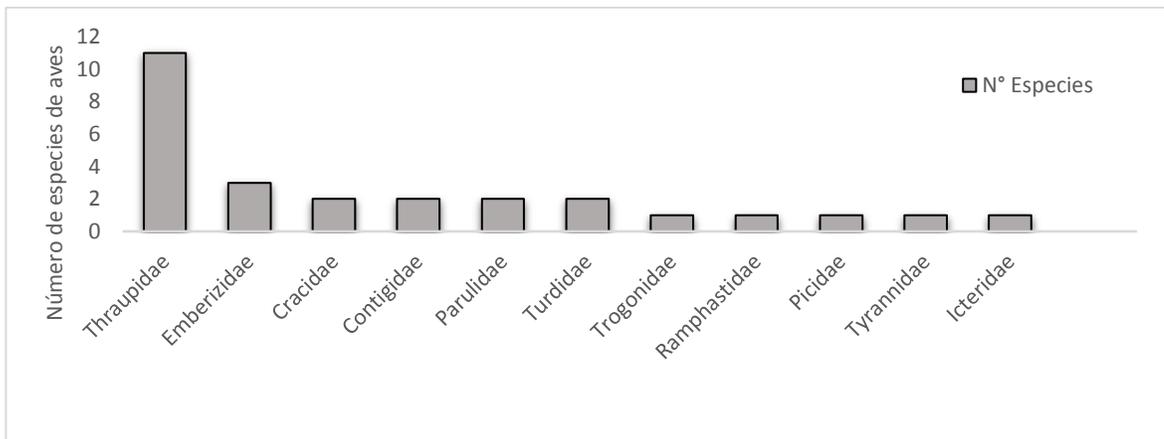
El 48% de las especies de aves se registraron en 4 o más ocasiones (meses) (Tabla 1), siendo las más frecuentes *Anisognathus igniventris*, *A. lacrymosus* (todos los

meses) *Pipreola riefferii*, *Tangara vassorii* y *Buthraupis montana* (6 meses); otro 48% de las especies de aves solo se registró en 2 o 3 veces, como *Colaptes rivolii* y *Ampelion rubrocristatus*; *Cnemathraupis eximia* solo se detectó una vez. La riqueza mínima por mes fue 11 especies en agosto y la máxima 19 en mayo, seguido por junio y abril con un promedio de 15 especies (Tabla 1).

**Tabla 1:** Listado de especies de aves frugívoras registradas por mes en el sector Valencia del PNN Puracé. En el total de las filas se aprecia la frecuencia de observación de cada especie de ave y en el total de las columnas la riqueza de aves frugívoras por mes.

Orden Familia	Especies	Mes de registro							Total avistamiento	
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct		
Galliformes: Cracidae	<i>Chamaepetes goudotii</i>	X	X	X				X		4
	<i>Penelope montagnii</i>	X	X		X				X	3
Trogoniformes: Trogonidae	<i>Trogon personatus</i>	X			X					2
Piciformes: Ramphastidae Picidae	<i>Andigena hypoglauca</i>	X	X					X	X	4
	<i>Colaptes rivolii</i>		X	X						2
Passeriformes: Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>				X	X	X			3
	<i>Ampelion rubrocristatus</i>			X					X	2
Contigidae	<i>Pipreola riefferii</i>	X	X		X	X	X	X		6
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>		X						X	2
	<i>Turdus serranus</i>	X	X	X		X	X	X		6
Thraupidae	<i>Diglossa cyanea</i>			X	X		X			3
	<i>Tangara vassorii</i>		X	X	X	X	X	X		6
	<i>Iridosornis rufivertex</i>			X		X	X	X		4
	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	X	X	X	X	X	X	X		7
	<i>Anisognathus igniventris</i>	X	X	X	X	X	X	X		7
	<i>Buthraupis montana</i>		X	X	X	X	X	X		6
	<i>Cnemathraupis eximia</i>								X	1
	<i>Chlorornis riefferi</i>			X	X	X	X			4
	<i>Kleinotheraupis atropileus</i>		X	X						2
	<i>Thlypopsis supercilialis</i>	X	X		X					3
	<i>Controstrum sitticolor</i>			X		X				2
Emberizidae	<i>Atlapetes schistaceus</i>	X	X							2
	<i>Arremon assimilis</i>	X	X	X	X	X			X	6
	<i>Arremon brunneinucha</i>	X	X							2
Parulidae	<i>Myioborus ornatus</i>	X	X		X		X			4
	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	X	X	X						3
Icteridae	<i>Cacicus chrysonotus</i>	X	X				X			3
	Totales por mes	15	19	15	13	11	14	13		

La familia con mayor número de especies fue Thraupidae con 11 especies, seguida por Emberizidae con 3; las familias con menor cantidad de especies en el muestreo fueron Trogonidae, Ramphastidae, Picidae, Tyrannidae y Icteridae cada una de ellas representadas por una especie (Figura 2).



**Figura 2:** Representación de las familias de aves según el número de especies de aves frugívoras por familia. La familia Thraupidae aportó con diferencia el mayor número de especies.

La familia Thraupidae fue la mayor representada, debido a que este grupo de aves tiene una alta riqueza en los bosques altos andinos, además la mayoría de las aves que pertenecen a esta familia son reconocidas como frugívoras.

### 7.1.2. Plantas ornitócoras

Se registraron 23 especies de plantas ornitócoras pertenecientes a 12 órdenes, 14 familias y 18 géneros. La familia Melastomataceae fue representado con cuatro especies, Solanaceae con tres especies, Araliaceae y Rosaceae con dos especies y las restantes por una especie.

En las parcelas se registraron 15 especies de plantas de las que contabilizo el total de frutos maduros por mes; fuera de las parcelas se registraron ocho especies de plantas cuando sus frutos eran consumidos por las aves, fuera del área delimitada de las parcelas (Tabla 2), es necesario mencionar que a estas especies no se les hizo conteo de frutos.

**Tabla 2:** Listado de especies de plantas ornitócoras registradas con su forma de vida, los meses en los que se registró fructificación y el número.

Orden Familia	Especie	Forma de vida	Parcela	Meses muestreados								
				Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Total por sp	
Aquifoliales: Aquifoliaceae	<i>Ilex quitensis</i>	Árbol	NO									
Apiales: Araliaceae	<i>Oreopanax sp</i>	Árbol	SI				46	52				98
	<i>Schefflera bejucosa</i>	Árbol	NO									
Chloranthales: Chloranthaceae	<i>Hedyosmum luteynii</i>	Árbol	NO									
Ericales: Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	Arbusto	SI	98	278	20	10	178	100	490		1174
	Clethraceae <i>Clethra sp</i>	Arbusto	SI	220	234		102		60	46		662
Gentianales: Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i>	Árbol	SI	8	60				10			78
	<i>Palicourea anceps</i>	Árbol	NO									
Laurales: Lauraceae	<i>Ocotea infrafoveolata</i>	Árbol	SI			150						150
Laurales: Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>	Árbol	SI			5			2	2		9
Myrtales: Melastomataceae	<i>Axinaea macrophylla</i>	Árbol	SI				120					120
	<i>Miconia orcheotoma</i>	Árbol	SI			128					37	165
	<i>Miconia cf jahnii</i>	Árbol	SI	182		63	21	22				288
	<i>Miconia cf gleasoniana</i>	Árbol	NO									
Myrtaceae	<i>Myrcianthes discolor</i>	Árbol	SI				30		6	8		44
Onagraceae	<i>Fuchsia petiolaris</i>	Arbusto	SI					1				1
Rosales: Rosaceae	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Árbol	NO									
	<i>Rubus robustus</i>	Arbusto	SI	10	42				13			65
Solanales: Solanaceae	<i>Solanum asperolanatum</i>	Arbusto	NO									
	<i>Solanum stenophyllum</i>	Arbusto	SI						11	12		23
	<i>Solanum sp</i>	Enredadera	SI							2		2
Sanatales: Santalaceae	<i>Dendrophthora clavata</i>	Hemipárasita	NO									
Oxalidales : Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i>	Arbusto	SI						20	2		22
	<b>Total de frutos por mes</b>			518	614	366	329	253	222	599		

Los meses con mayor cantidad de frutos maduros fueron, mayo con 614, octubre con 599, abril con 518 y de menor cantidad, septiembre con 222; las especies con más frutos registrados durante los meses de investigación fueron *Pernettya prostrata* con 1174 y *Clethra sp.* con 662 y de menor cantidad *Fuchsia petiolaris* con uno.

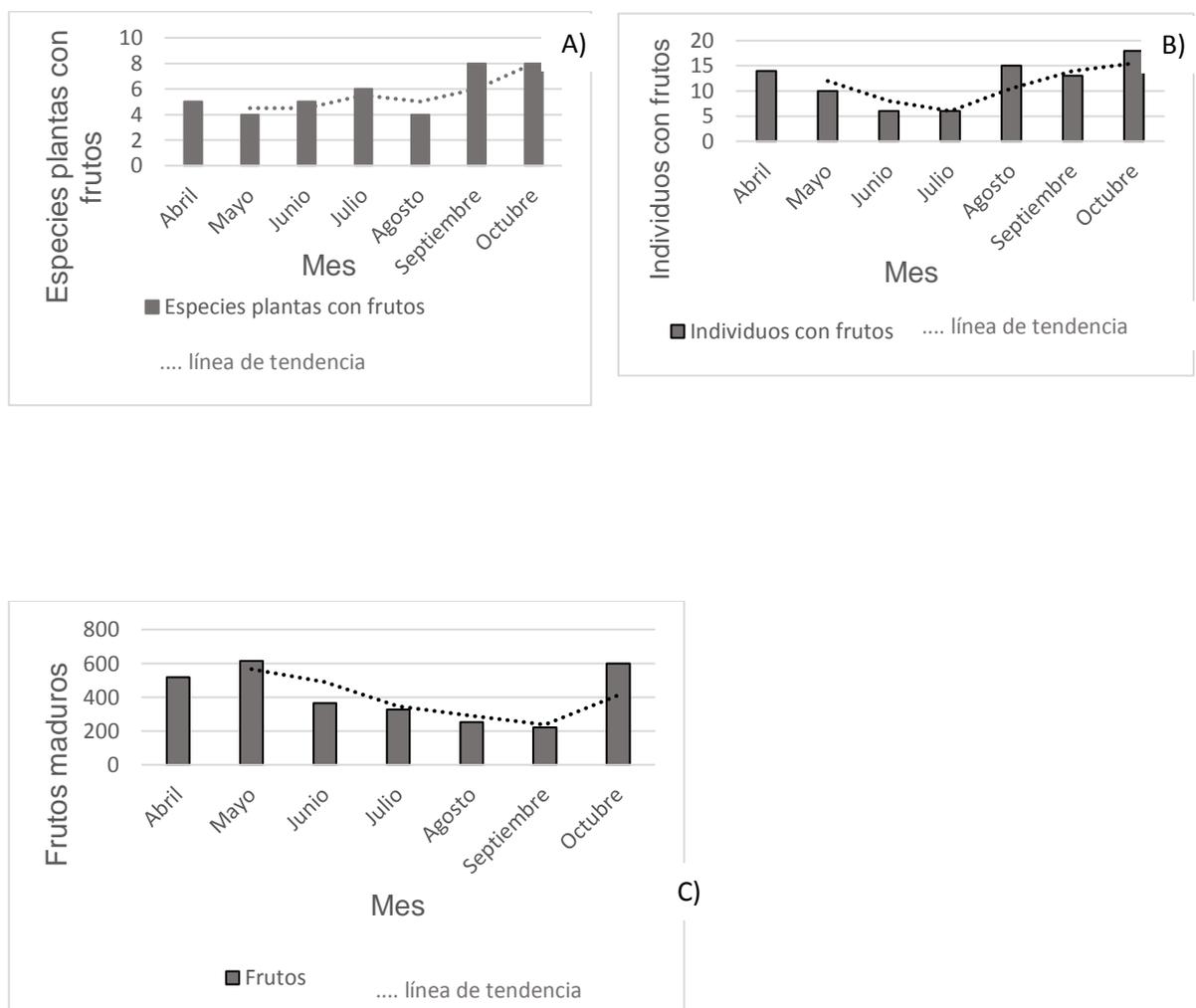
## 7.2. Relación de la riqueza de las aves frugívoras/plantas ornitócoras y la disponibilidad de frutos

### 7.2.1. Evaluación de la relación entre la disponibilidad de frutos/consumo de frutos y la riqueza de las plantas ornitócoras

La cantidad de especies de plantas con frutos, varió de un mínimo de cuatro especies en los meses mayo, agosto y un máximo de ocho especies en septiembre y octubre (Figura 3A).

El número de individuos con frutos fluctuó en un mínimo de seis en los meses de junio-julio y un máximo de 18 en octubre (Figura 3B).

La cifra de número de frutos varió de un mínimo de 222 en septiembre a un máximo 614 en mayo (Figura 3C).



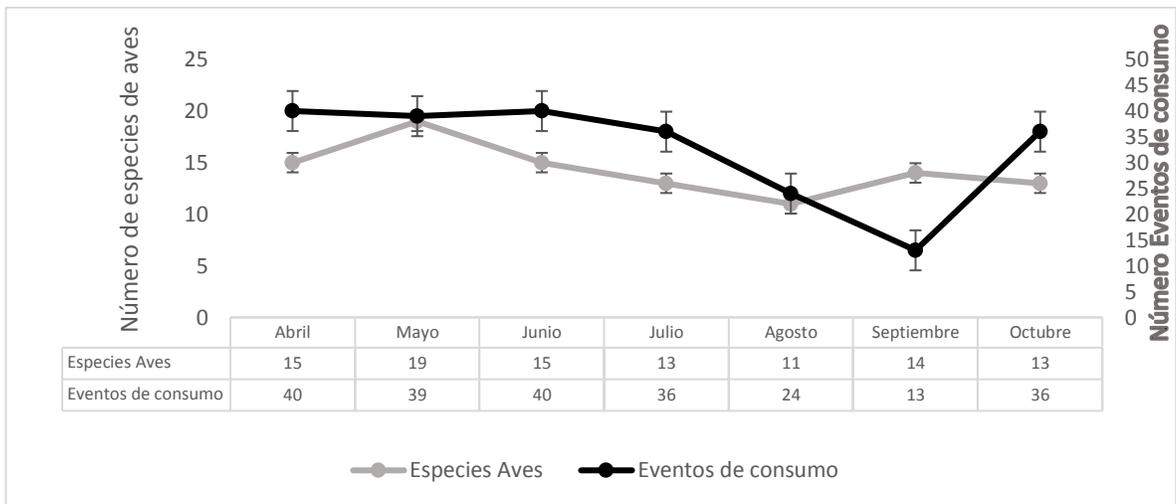
**Figura 3:** Variación mensual entre especies de plantas con frutos (3A), individuos con frutos (3B) y frutos maduros (3C).

Los datos anteriores muestran que no hay una relación clara entre riqueza de especies de plantas con el número de individuos con frutos, ni con el número de frutos maduros. Esto se aprecia en el mes de septiembre, que aunque aumente el número de especies de plantas con frutos, no aumenta el número de individuos con frutos ni el número frutos maduros. Cualitativamente se aprecia una mejor relación entre número de plantas con frutos y el número de individuos con frutos. El número de frutos maduros tiene tendencia a aumentar desde octubre y presenta valores altos en abril y mayo, por lo se podría pensar que también tiene valores altos de noviembre a marzo, meses en los que no hubo muestreo. Es razonable pensar que debe existir un desfase entre individuos con frutos y frutos maduros, procesos que además deben ser afectados por los patrones de precipitación. Se observó que entre abril, junio- septiembre solo hubo un día de lluvia durante los días muestreados, mientras que octubre y mayo presentaron más días lluvia.

### **7.2.2. Evaluación de la relación entre los eventos de consumo y la riqueza de las aves frugívoras**

Los meses con más especies de aves fueron mayo con 19, abril y julio con 15 y el de menor riqueza, agosto con 11 especies de aves frugívoras (Figura 4).

El número de eventos de consumo de frutos por parte de las aves también varió estacionalmente: abril y junio fueron los meses en los que se registraron más eventos de consumo, seguido por mayo, julio, octubre y agosto, por último septiembre que fue el mes con menor registro de consumo (Figura 4).



**Figura 4:** Relación entre el número de especies de aves frugívoras y número de eventos de consumo de frutos con respecto a los meses de muestreo.

El número de especies de aves varía de forma similar a los eventos de consumo en la mayoría de los meses, excepto en septiembre mes donde los eventos bajan drásticamente, pero la riqueza se mantiene.

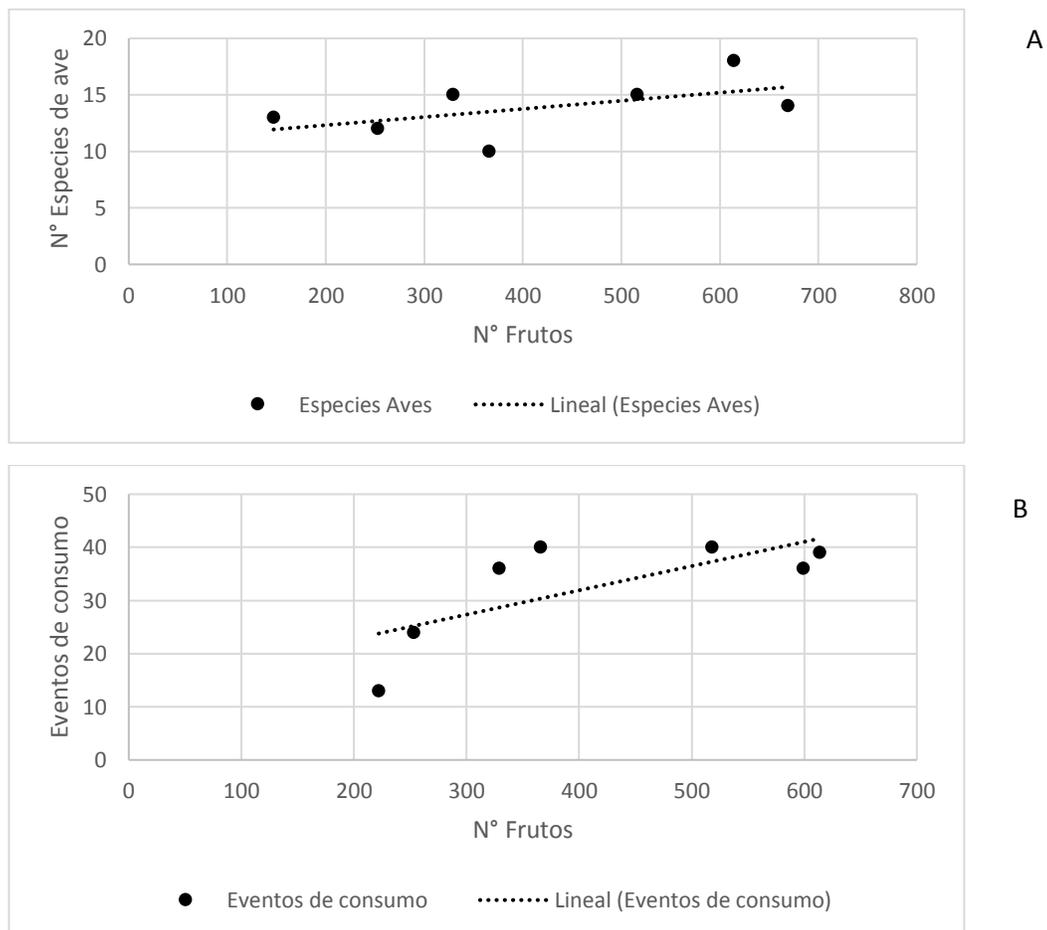
La variación entre el consumo de frutos y el número de especies de aves, podría deberse a la asincronía en la fructificación derivada de la historia de vida de cada especie de planta y de las condiciones climático-ambientales. La poca variación en la riqueza de aves se podría deber a que estas aves, son residentes del bosque alto andino y que el estado de conservación del bosque es bueno para habitarlo.

La intensidad del viento en algunos meses pudo afectar la actividad de las aves, por lo que se obtuvo un menor número de registros cuando el viento era fuerte. Por ejemplo, en agosto se presentó viento fuerte a diferencia de abril a junio que fueron meses lluviosos, con poco viento, donde se registraron más eventos de consumo. Otro factor que pudo afectar en estos valores fue el lugar donde se establecieron los puntos de observación, estos puntos se ubicaron a lo largo de un sendero de libre tránsito provocando que cada vez que pasara un caminante ahuyentara la avifauna.

### 7.2.2.1. Relación entre la riqueza de especies de aves frugívoras y la disponibilidad de frutos

La correlación entre riqueza de aves frugívoras y disponibilidad de frutos no fue significativa; aunque la disponibilidad de frutos varió con los meses al igual que la riqueza de especies de aves.

Según los datos dados en la correlación de Spearman (Anexo C), las relaciones con más significancia fueron: número de especie de ave vs número de frutos y número de eventos de consumo vs número de frutos, esto es debido a que cuando aumenta los frutos también lo hace las especies de aves (Figura 5a), del mismo modo lo hacen los eventos de consumo conforme aumentan el número de frutos (Figura 5b)



**Figura 5.** Relación mensual entre el número frutos con el número de especies de aves frugívoras (5A) y con el número eventos de consumo (5B).

La correlación de Spearman fue baja, debido a que la significancia supera el valor de  $p= 0,05$  entre el consumo de frutos vs número de frutos maduros y número de especies de aves frugívoras vs número de frutos maduros.

Aunque la tendencia de relación en las figuras es clara y la no significancia podría deberse a un número bajo de datos. Estas tendencias de relación podrían verificarse con esfuerzos de muestreo mayores.

### **7.3. Utilización de frutos por las aves**

#### **7.3.1. Utilización de recurso por parte de las aves frugívoras**

Se registraron 247 eventos de consumo de frutos de 18 especies de plantas por parte de 27 especies de aves frugívoras en 210 horas de observación.

El número de plantas consumidas por las diferentes especies de aves varió de 1 a 10. Las especies de aves con dietas más diversas fueron: *Anisognathus igniventris* y *Anisognathus lacrymosus* consumiendo frutos de 10 especies de plantas. *Tangara vassorii* por su parte consumió frutos de ocho especies, mientras que *Pipreola riefferii*, *Mecocerculus leucophrys* y *Buthraupis montana*, se alimentaron de siete especies de plantas ornitócoras.

Los consumidores de las especies de plantas variaron de 1 a 20 especies de aves. Las especies de plantas mayormente utilizadas como recurso alimentario fueron *Miconia orcheotoma* (20 especies), *Ocotea infrafoveolata* (13 especies) y *Miconia jahnii* (13 especies), las especies de plantas que tuvieron menos interacciones fueron *Dendrophthora clavata*, *Hesperomeles ferruginea*, *Ilex quitensis*, *Solanum* sp. y *Solanum stenophyllum* una especie de ave respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3.** Matriz de interacciones entre las aves frugívoras y las plantas ornitócoras. En el cuerpo de la tabla aparece el número de interacciones tomadas como eventos de consumo. A la izquierda se totalizan los eventos de consumo por especie de ave; en la última fila se totalizan las veces que la planta fue consumida.

Aves	Plantas																	Total Eventos de consumo	
	I.qui	Os	Sbj	Hlt	Ppr	Pam	Oin	Clm	Amc	Mor	Mja	Mgl	Hfe	Rrob	Sap	Sst	Ssp		Dcl
C.gou										1	1	1							3
P.mon				1			3	1											5
A.hyp			1				2										1		4
C.riv										2	1								3
A.rub								1		1									2
P.rie				3				1		3	2	2			1	1			13
A.sch		1			2			1	2	1	2								9
A.ass					1														1
A.brun					1					1	2								4
M.orn						1	1	1		3	2	2							10
M.nig							1			2	2	1							6
T.fus				1					1	5									7
T.ser							1	1		2	1								5
D.cya							1			1		4							6
T.vas	2				1	2	4		1	15	2	2							29
I.ruf							1		1	1			1						4
A.ign		2		1	2		12	5	1	6	12	5		2					48
A.lac		1			4	1	6	6	3	10	1	2		1					35
B.mon				1			2	4		1	11	1		1					21
C.exi																		5	5
C.rie							1			3	1								5
K.atr										2									2
T.sup		1		1											1				3
C.sit			1						1	1									3
M.leu					1		1	2		2	1	1			1				9
C.chr			1				1	2				1							5
T.per			1					1											2
Totales	2	5	4	8	12	4	37	26	10	63	40	21	1	4	3	1	1	5	247

**Plantas:** Sap: *Solanum aperolanatum*; Osp: *Oreopanax sp.*; Dcl: *Dendrophthora clavata*; Sbj: *Schefflera bejucosa*; Hlt: *Hedyosmum lutey nii*; Ppr: *Pernettya prostrata*; Pam: *Palicourea amethystina*; Oin: *Ocotea infrafoveolata*; Clm: *Clusia multiflora*; Amc: *Axinaea macrophylla*; Mja: *Miconia jahnii*; Mgl: *Miconia gleasoniana*; Mor: *Miconia orcheotoma*; Hfe: *Hesperomeles ferruginea*; Iqui: *Ilex quitensis*; Ssp: *Solanum sp.*; Rrob: *Rubus robustus*; Sst: *Solanum stenophyllum*.

**Aves:** C.sit: *Conirostrum sitticolor*; A.rub: *Ampelion rubrocrisatus*; A.hyp: *Andigena hypoglauca*; A.ign: *Anisognathus igniventris*; A.lac: *Anisognathus lacrymosus*; A.ass: *Arremon assimilis*; A.bru: *Arremon brunneinucha*; A.sch: *Atlapetes schistaceus*; B.mon: *Buthraupis montana*; C.chr: *Cacicus chrysonotus*; C.gou: *Chamaepetes goudotii*; C.rie: *Chlorornis riefferii*; C.exi: *Cnemathraupis eximia*; C.riv: *Colaptes rivolii*; D. cya: *Diglossa cyanea*; I.ruf: *Iridosomis rufivertex*; K.atr: *Kleinotheraupis atropileus*; M.leu: *Mecocerculus leucophrys*; M.orn: *Myioborus ornatus*; M.nig: *Myiothlypis*

*nigrocristata*; *P.mon*: *Penelope montagnii*; *P.rief*: *Pipreola riefferii* ; *T.vas*: *Tangara vassorii*; *T.sup*: *Thlypopsis superciliaris*; *T.per*: *Trogon personatus*; *T.fus*: *Turdus fuscater*; *T.ser*: *Turdus serranus*.

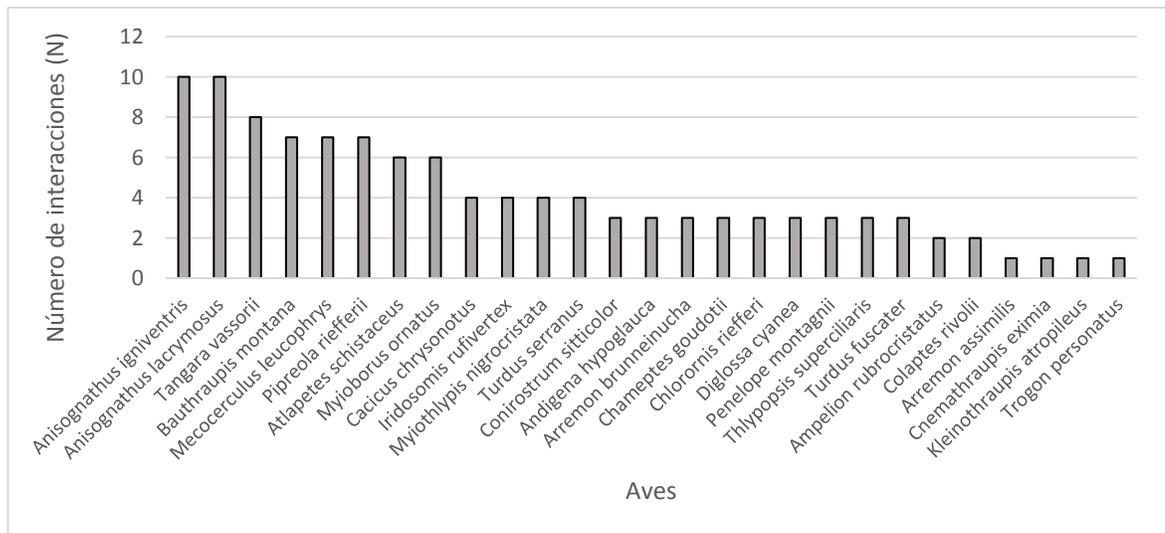
En la interacción ave-planta, se encontró que *Miconia orcheotoma* y *Miconia jahnii* fueron las plantas de mayor consumo por parte de las aves. Sin embargo esto no quiere decir que estas especies tengan una alta disponibilidad de frutos y que por ello fueron las más usadas por las aves, debido a que, según la tabla 2, se observa que *M. orcheotoma* presentó frutos entre de junio y octubre, *M. jahnii* entre abril, junio - agosto; caso diferente de *Pernettya prostrata* la cual registró fructificación durante todos los meses de estudio, no obstante obtuvo un bajo consumo por parte de las aves.

Lo anterior indica que la presencia o ausencia de frutos no es lo único a evaluar en las interacciones ecológicas ave-planta, sino que también, otras variables por el cual las aves tienen preferencia de unos frutos sobre otros.

### **7.3.2. Distribución de frecuencias de interacciones ave frugívora- planta ornitócora**

Se registraron 112 interacciones por parte de 27 especies de aves frugívoras y 18 especies de plantas ornitócoras, estas interacciones fueron graficadas respectivamente según la frecuencia de visitas realizadas a las plantas con frutos por parte de una especie específica de ave que la utiliza como recurso alimenticio (Figura 6).

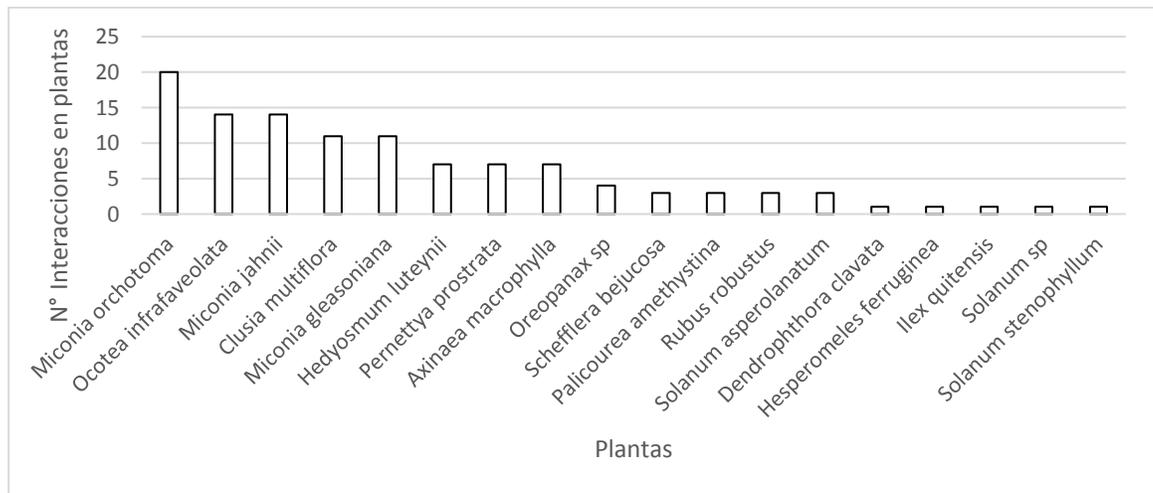
La distribución del consumo de las especies de aves permite observar que pocas especies tuvieron alta participación en consumo de frutos de las diferentes plantas ornitócoras registradas, como es el caso de *Anisognathus igniventris* (n=10), seguida por *Anisognathus lacrymosus* (n=10), *Tangara vassorii* (n= 8), *Buthraupis montana* (n=7) y *Pipreola riefferii* (n=7). Entre estas cinco especies de aves estuvo representado el 59,11% del total de las interacciones (Figura 6).



**Figura 6:** Distribución de las frecuencias de interacción de las especies de aves frugívoras. La altura de la barra indica el número de interacciones por especie de ave.

*Trogon personatus* fue una de las aves que registró bajo consumo de frutos, no quiere decir que esta especie sea menos importante para la dispersión de semillas ya que esta se considera como una ave frugívora legítima debido a la morfología de su pico permite que la semilla pase por el tracto digestivo sin ser dañada (Acosta-Rojas *et al.* 2012).

Las especies de plantas que presentaron mayor número de interacciones fueron *Miconia orcheotoma* (n=20), *Miconia jahnii* (n=14), *Ocotea infrafoveolata* (n=14) y *Clusia multiflora* (n=11) representando el 67.21% de los eventos de consumo (Figura 7).

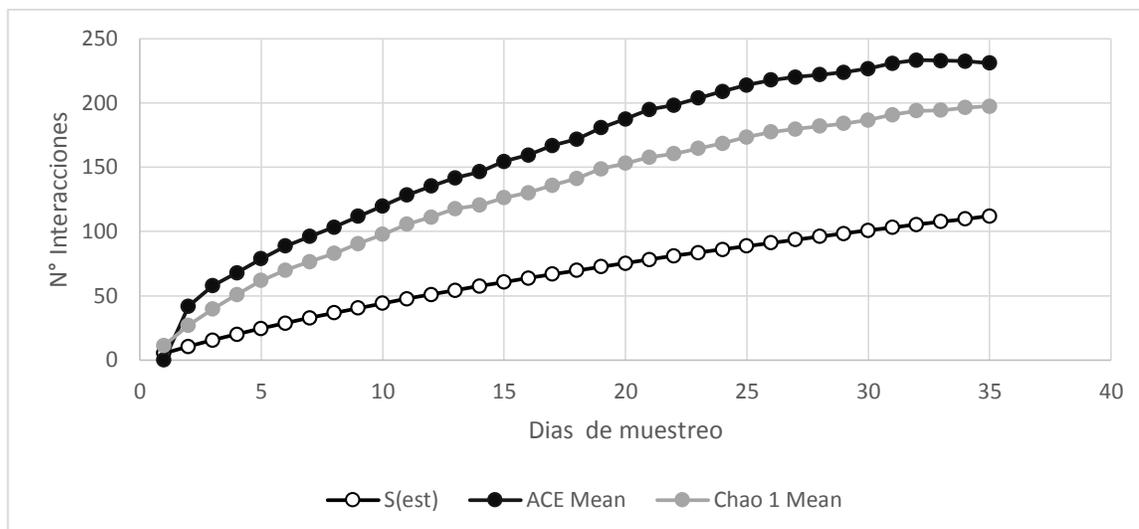


**Figura 7.** Distribución de las frecuencias de interacción para las especies de plantas ornitócoras. La altura de la barra indica el número de veces que la especie fue consumida.

La distribución de las frecuencias de interacciones entre las especies de plantas permite observar el patrón que tuvieron las interacciones entre las especies de aves, donde la mayoría de especies de plantas fueron poco consumidas, mientras que pocas especies de plantas tuvieron un alto número de interacciones. Se observó durante el estudio que las plantas que obtuvieron un alto consumo por parte de las aves presentaban unos frutos característicos de plantas ornitócoras tales como bayas pequeñas de color morado, además de que pertenecían mayormente a la familia Melastomataceae y Lauraceae las cuales han sido reconocidas como familias de plantas ornitócoras (Snow, 1981).

### 7.3.3. Representatividad del número de interacciones registradas

De acuerdo al esfuerzo de muestreo que correspondió a 35 días con ocho horas de observación diarias, se debería haber obtenido el registro de 214 interacciones, pero solo se hicieron 112; valor que representa 52,59% del valor esperado (Figura 8).



**Figura 8.** Curva de acumulación del número de interacciones en función de esfuerzo de muestreo.

La representatividad del muestreo es baja y puede atribuirse a que no se ha registrado a toda la comunidad de aves frugívoras ni a todas las plantas de las que se alimentan. Esta información aquí aportada es preliminar y para obtener una mejor aproximación se debe realizar muestreos a largo plazo.

#### 7.3.4. Relación entre la disponibilidad de frutos y el consumo por parte de las aves frugívoras

Al relacionar el consumo de frutos por parte de las aves vs el promedio de recursos disponibles de cada especie de planta, se evidencia que las especies, *Anisognathus igniventris* (ISP=0,598), *Anisognathus lacrymosus* (ISP=0,581), *Iridosomis rufivertex* (ISP=0,537) y *Atlapetes schistaceus* (ISP=0,529) son las especies de aves que utilizan en mayor proporción los recursos de acuerdo con su disponibilidad, demostrando de este modo que estas especies son de dieta generalista.

Por otro lado, *Ampelion rubrocristatus* (ISP=0,112), *Kleinothraupis atropileus* (ISP=0,109) *Thlypopsis superciliaris* (ISP=0,08) y *Trogon personatus* (ISP=0,06) se consideran especies especialistas en cuanto a consumo de frutos se refiere, debido a que cada una consumió frutos de 1 y 2 especies de plantas ornitócoras. Los frutos

de las especies de planta que más consumieron al igual que los generalistas fueron *Miconia orcheotoma* y *Miconia jahnii*, las especies que variaron para este caso fue *Clusia multiflora* y *Oreopanax sp* (Tabla 4).

**Tabla 4.** Matriz para el cálculo del índice de similitud proporcional (ISP). Para el análisis se incluyeron solo las plantas dentro de las parcelas.

		PLANTA															ISP
		Ppt	Wrt	Cls	Pa	Ssp	Cm	Sst	Fpt	Mdi	Amac	Osp	Oin	Mjh	Mor	Rro	
Promedio y proporción de frutos disponibles		36,57	11,00	82,75	19,50	2,00	1,80	5,75	1,00	14,66	120,00	49,00	150,0	57,60	69,00	10,83	
		0,05	0,01	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,19	0,07	0,23	0,09	0,10	0,01	
AVES	C. goui	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,20	
	P. moni	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0,24	
	A. hyp	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0,24	
	C. rivi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0,20	
	A. rub	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0,11	
	P. rie	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	0,21	
	A. sch	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0,52
	A. ass	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
	A. bru	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,25
	C. riei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0,40
	A. lac	4	0	0	1	0	6	0	0	0	3	1	7	1	9	1	0,58
	A. ign	2	0	0	1	0	5	0	0	0	1	2	12	12	6	2	0,59
	T. vas	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	4	2	15	0	0,48
	D. cya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0,34
	C. chr	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,24
	M. orn	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0,35
	M. nig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0,41
	T. fus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0,27
	T. ser	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0,40
	I. ruf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0,53
B. mon	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	11	1	1	0,26	
K. atr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,10	
T. sup	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0,08	
C. sit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0,29	
M. leu	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0,40	
T. per	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	

**Plantas:** Ppt: *Pernettya prostrata*; Wrt: *Weinmannia rolloti*; Cls: *Clethra sp*; Pa: *Palicourea amethystina*; Ssp: *Solanum sp*; Cm: *Clusia multiflora*; Sst: *Solanum stenophyllum*; Fpt: *Fuchsia petiolaris*; Mdi: *Myrcianthes discolor*; Amac: *Axinaea macrophylla*; Osp: *Oreopanax sp*; Oin: *Ocotea infrafoveolata*; Mjh: *Miconia jahnii*; Mor: *Miconia orcheotoma*; Rro: *Rubus robustus*. En la segunda fila contiene el promedio y proporción de frutos disponibles

**Aves:** C. goui : *Chamaepetes goudotii*; P. moni: *Penelope montagnii*; A. hyp: *Andigena hypoglauca*; C. rivi: *Colaptes rivolli*; A. rub: *Ampelion rubrocristatus*; P. rie: *Pipreola riefferii*; A. sch: *Atlapetes schistaceus*; A. ass: *Arremon assimilis*; A. bru: *Arremon brunneinucha*; C. riei: *Chlorornis riefferii*; A. lac:

*Anisognathus lacrymosus*; *A.ign*: *Anisognathus igniventris*; *T.vas*: *Tangara vassorii*; *D.cya*: *Diglossa cyanea*; *C.chr*: *Cacicus chrysonotus*; *M. orn*: *Myioborus ornatus*; *M. nig*: *Myiothlypis nigrocristata*; *T.fus*: *Turdus fuscater*; *T.ser*: *Turdus serranus*; *I.ruf*: *Iridosomis rufivertex*; *B.mon*: *Buthraupis montana*; *K.atr*: *Kleinothraupis atropileus*; *T.sup*: *Thlypopsis superciliaris* ; *C.sit*: *Conirostrum sitticolor*; *M.leu*: *Mecocerculus leucophrys*; *T.per*. *Trogon personatus*.

Los anteriores datos, se deben a que las aves interactúan mayormente con las plantas que tengan mayor disponibilidad de frutos, así como lo hizo *Anisognathus igniventris*, que interactuó con las especies de mayor fructificación en el lugar de estudio, tales como: *Axinaea macrophylla*, *Miconia jahnii* y *Miconia orcheotoma*. Aunque *Anisognathus lacrymosus*, *Iridosomis rufivertex* y *Atlapetes schistaceus* consumieron frutos de otras especies, también se alimentaron de *Axinaea macrophylla*, *Miconia jahnii* y *Miconia orcheotoma*.

### **7.3.5. Traslape alimenticio entre las especies de aves frugívoras**

De 106 pares de especies de aves, en 85% no se presenta traslape ( $C_H = 0$ ) (Tabla 5). El 19 % de los pares presenta un alto traslape alimenticio ( $C_H > 0.8$ ) estos pares de aves son: *A. lacrymosus* vs *M. leucophrys*, *M. ornatus* vs *M. leucophrys*, *T.vassorii* vs *T. fuscater*, *M. ornatus* vs *M. nigrocristata*, *T. fuscater* vs *C.riefferii*, *A. lacrymosus* vs *T. serranus*, *T.vassorii* vs *T. serranus*, *M. ornatus* vs *T. serranus*, *M. leucophrys* vs *T. serranus*, *M. nigrocristata* vs *T. serranus*, *C.riefferi* vs *T. serranus*, *T.vassorii* vs *C. rivolii*, *T. fuscater* vs *C. rivolii*, *C.riefferi* vs *C. rivolii*, *T. fuscater* vs *K. atropileus*, *C.riefferi* vs *K. atropileus*, *T. fuscater* vs *Chamaepetes goudotii*, *C.riefferi* vs *Chamaepetes goudotii*, *C. rivolii* vs *Chamaepetes goudotii*). Se observó que solo el par *Kleinothraupis atropileus* y *Chamaepetes goudotii* comparten la totalidad de recursos ( $C_H = 1$ ).

**Tabla 5.** Matriz de superposición de nicho alimenticio entre aves frugívoras usando el índice de Morisita Horn,  $C_H$ .

<b>Aves</b>	A.i	A.l	T.vi	B.m	P.r	M.o	A.s	M.l	T.f	D.c	M.n	C.c	C.r	C.e	P.m	T.s	A.h	A.b	I.r	C.s	C.r	T.su	A.r	K.a	T.p	A.a	C.g	
A. igniventris		0,631	0,487	0,702	0,505	0,704	0,506	0,665	0,251	0,372	0,757	0,461	0,539	0	0,539	0,699	0,428	0,571	0,432	0,179	0,436	0,077	0,323	0,207	0,147	0,069	0,207	
A. lacrymosus			0,740	0,329	0,521	0,670	0,594	0,871	0,602	0,342	0,642	0,511	0,696	0	0,452	0,843	0,316	0,421	0,650	0,494	0,553	0,038	0,685	0,489	0,257	0,196	0,489	
T.vassorii				0,226	0,586	0,771	0,349	0,638	0,872	0,384	0,785	0,141	0,94	0	0,221	0,844	0,202	0,505	0,618	0,573	0,852	0	0,640	0,791	0	0,053	0,791	
B. montana					0,456	0,594	0,556	0,547	0,092	0,134	0,706	0,344	0,396	0	0,272	0,594	0,135	0,778	0,123	0,048	0,467	0,048	0,287	0,072	0,229	0	0,072	
P. riefferii						0,745	0,383	0,669	0,519	0,419	0,685	0,272	0,553	0	0,201	0,613	0	0,492	0,274	0,305	0,564	0,406	0,458	0,394	0,114	0	0,394	
M. ornatus							0,461	0,801	0,571	0,571	0,907	0,417	0,750	0	0,250	0,833	0,174	0,609	0,444	0,375	0,706	0	0,571	0,500	0,143	0	0,500	
A. schistaceus								0,571	0,302	0,054	0,48	0,191	0,355	0	0,071	0,478	0	0,694	0,383	0,428	0,400	0,143	0,324	0,187	0,162	0,375	0,187	
M. leucophrys									0,446	0,392	0,676	0,605	0,592	0	0,37	0,807	0,207	0,519	0,406	0,300	0,517	0,150	0,673	0,383	0,336	0,191	0,383	
T. fusca										0,226	0,574	0	0,864	0	0,058	0,688	0	0,385	0,535	0,646	0,861	0,108	0,679	0,921	0	0	0,921	
D. cyanea											0,500	0,427	0,284	0	0,213	0,256	0,190	0,095	0,222	0,133	0,21	0	0,167	0,222	0	0	0,222	
M. nigrocristata												0,239	0,836	0	0,279	0,837	0,255	0,766	0,474	0,364	0,8	0	0,428	0,522	0	0	0,522	
C. chrysonotus													0,111	0	0,555	0,428	0,458	0	0,189	0,217	0	0	0,513	0	0,769	0	0	
C. riefferii														0	0,273	0,889	0,245	0,613	0,579	0,517	0,937	0	0,638	0,833	0	0	0,833	
C. eximia															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P. montagnii																0,444	0,736	0	0,435	0	0	0,172	0,213	0	0,213	0	0	
T. serranus																	0,305	0,612	0,566	0,435	0,798	0	0,769	0,625	0,256	0	0,625	
A. hypoglauca																		0,400	0,235	0	0	0	0	0,286	0	0	0	
A. brunneinucha																			0,200	0,235	0,716	0	0,286	0,364	0	0,364	0,364	
I. rufivertex																				0,571	0,414	0	0,333	0,400	0	0	0,400	
C. sitticolor																					0,500	0	0,400	0,500	0,400	0	0,500	
C. rivolii																						0	0,631	0,857	0	0	0,857	
T. superciliaris																							0	0	0	0	0	
A. rubrocristatus																								0,666	0,500	0	0,667	
K. atropileus																									0	0	<b>1,00</b>	
T. personatus																									0	0	0	
A. assimilis																										0	0	
C. goudotii																											0	

**Aves:** **A.i:** *A. igniventris*, **A.l:** *A. lacrymosus*, **T.vi:** *T.vassorii*, **B. m:** *B. montana*, **P. r:** *P. riefferii*, **M. o:** *M. ornatus*, **A. s:** *A. schistaceus*, **M. l:** *M. leucophrys*, **T. f:** *T. fuscater*, **D. c:** *D. cyanea*, **M.n:** *M. nigrocristata*, **C.c:** *C.chrysonotus*, **C.r:** *C.riefferi*, **C.e:** *C.eximia*, **P. m:** *P. montagnii*, **T. s:** *T. serranus*, **A. h:** *A. hypoglauca*, **A. b:** *A. brunneinucha*, **I. r:** *I. rufivertex*, **C.s:** *C.sitticolor*, **C. r:** *C. rivolii*, **T.su:** *T.superciliaris*, **A. r:** *A. rubrocristatus*, **K. a:** *K. atropileus*, **T. p:** *T. personatus*, **A.a:** *A. assimilis*, **C.g:** *C. goudotii*.

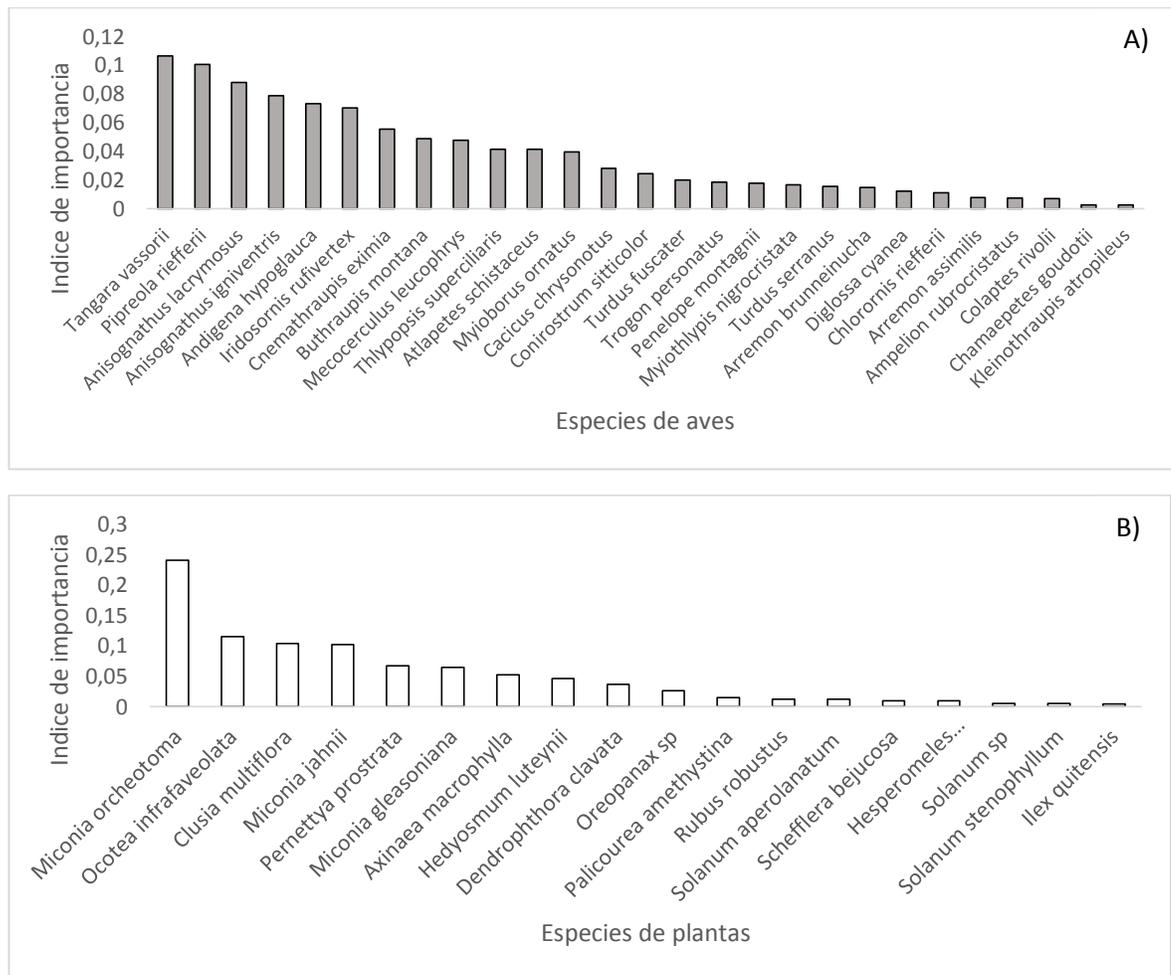
### **7.3.6. Asociación de las especies de aves frugívoras con las plantas ornitócoras**

Se encuentran tres grupos de asociaciones, el primero conformado por: *Ampelion rubrocristatus*, *Anisognathus igniventris*, *Anisognathus lacrymosus*, *Arremon assimilis*, *Arremon brunneinucha*, *Atlapetes schistaceus*, *Buthraupis montana*, *Chameptes goudotii*, *Chlorornis riefferi*, *Colaptes rivolii*, *Diglossa cyanea*, *Iridosornis rufivertex*, *Kleinothraupis atropileus*, *Mecocerculus leucophrys*, *Myioborus ornatus*, *Myiothlypis nigrocristata*, *Penelope montagnii*, *Pipreola riefferii*, *Tangara vassorii*, *Thlypopsis superciliaris*, *Turdus fuscater*, *Turdus serranus* las cuales se asociaron a las especies *Solanum aperolanatum*, *Oreopanax* sp., *Hedyosmum luteynii*, *Pernettya prostrata*, *Palicourea amethystina*, *Ocotea infrafaeolata*, *Clusia multiflora*, *Axinaea macrophylla*, *Miconia jahnii*, *Miconia gleasoniana*, *Miconia orcheotoma*, *Hesperomeles ferruginea*, *Ilex quitensis*, *Rubus robustus*, *Solanum stenophyllum* (Figura 9); el segundo grupo por *Andigena hypoglauca* con *Solanum* sp. y el tercer grupo es *Cnemathraupis eximia* con *Dendrophthora clavata*.

En los grupos de asociación ave-planta, también se observa que *Schefflera bejucosa* no presento asociación con alguna especie de ave, pero sí cerca de ella están las especies de aves *Trogon personatus*, *Conirostrum sitticolor* y *Cacicus chrysonotus*, indicando que estas especies de aves tienen alguna preferencia por esta planta.



En el caso de las plantas *Miconia orcheotoma* ( $I_j= 0,2409$ ); *Ocotea infrafoveolata* ( $I_j= 0,1152$ ); *Clusia multiflora* ( $I_j= 0,1035$ ); *Miconia jahnii* ( $I_j= 0,1019$ ); *Pernettya prostrata* ( $I_j= 0,0676$ ), fueron desde el punto alimenticio, las cinco especies más relevantes para las aves frugívoras (Figura 10B).



**Figura 10:** Índice de importancia con respecto a las especies de aves frugívoras (10A) y con a las especies de plantas ornitócoras (10B).

Según los datos representados en las anteriores gráficas, indica que *Tangara vassorii* y *Miconia orcheotoma* son importantes a nivel comunitario en la zona de estudio, aunque las otras aves obtuvieron un valor bajo de importancia no quiere decir que no sean relevantes para la dispersión de semillas.

Si bien dentro de los resultados de importancia se observan que todos los datos son bajos a nivel comunitario, se considera que, esto no significa que las especies no guarden relevancia para el ecosistema objeto de estudio, los bajos valores se pudieron deber a la alta movilidad que tienen estas especies por lo que no fue posible registrar la totalidad de dieta frugívora en el corto tiempo de estudio.

De igual manera sucede con las plantas, aunque se registrara como importantes a pocas especies, lo cual no quiere decir que se deba ignorar la presencia de las otras especies registradas ya que por el corto tiempo de estudio no fue posible registrar toda la fructificación de estas y todos los eventos de consumo por parte de las aves.

## **8. DISCUSIÓN**

### **8.1. Especies que participan en las interacciones frugívoro – ornitócoro**

Para este estudio realizado en el Parque Nacional Natural Puracé se encontraron 27 especies de aves frugívoras y 23 especies de plantas ornitócoras, riqueza similar a la reportada por Zuluaga y Espinosa (2005) en un bosque alto andino del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque (Boyacá) en el que se registraron 22 especies de aves frugívoras y 16 especies de plantas que participaron en las interacciones frugívoro-ornitócoro, riqueza mayor que la reportada por Angulo (2016) el cual realizó, su investigación en la finca el Potrero del Rio, vereda El Cofre, municipio de Totoró (Cauca) registrando 16 aves frugívoras y 6 plantas ornitócoras. Sin embargo se observa que en otros bosques neotropicales han registrado mayor riqueza de aves frugívoras y plantas ornitócoras, tal es el caso de Ortiz-Pulido *et al.* (2000) los cuales realizaron la investigación en un bosque fragmentado del Centro de Investigaciones Costeras de La Mancha, Veracruz, México, registrando en este bosque 54 especies de aves frugívoras y 33 especies de plantas ornitócoras. La anterior situación es similar a la de Casas (2006), quien registró 48 especies de aves frugívoras y 67 especies de plantas ornitócoras en la Reserva Natural Tambito, Cauca, Colombia, al igual que la investigación realizada por Izquierdo (2007) quien reporto 82 especies de aves frugívoras y 12 especies de plantas ornitócoras en la

Reserva Natural El Charmolán-vereda Hatotongosoy, municipio de Buesaco, Nariño.

Aunque los datos de las anteriores investigaciones se acercan a los reportados en este estudio, se considera que la riqueza no es comparable con la obtenida en la investigación, debido a que los sitios de muestreo presentan diferencias altitudinales (las elevaciones de los lugares son menores), diferencias en la localización entre regiones geográficas (Casas 2006, Angulo 2016) y en las condiciones climáticas donde los patrones de lluvia varían según la región, además de otras características propias del bosque (Loiselle y Blake 1992).

Teniendo en cuenta que la diversidad disminuye conforme aumente la altitud (Stevens 1992, Terborgh 1971) y que hay una relación entre el área de muestreo y número de especies (Rosenzweig 1995) se esperaría que se encuentre valores bajos de riqueza a comparación de la diversidad de lugares de altitud baja; en vista de lo anterior se observa que para el área de estudio, se obtuvo pocos registros a comparación de los estudios realizados en lugares más bajos, ejemplo: México, para este caso también influyó el lugar de observación de las aves, el cual se situaba en un sendero, debido a que en ocasiones personas externas a la investigación transitaban por este camino afectando la permanencia de las aves; otra posibilidad que afectó el registro de riqueza fue el uso de una metodología, la cual era observación de radio ilimitado y no de varios métodos como lo hizo Casas (2006), que implementó más metodologías, como la observación de forrajeo y la captura de aves con redes de niebla.

## **8.2. Análisis de la riqueza de las aves frugívoras, plantas ornitócoras y la disponibilidad de frutos**

### **8.2.1. Relación entre aves y disponibilidad de frutos**

Se cree que los bajos valores dados entre la relación de aves frugívoras y disponibilidad de frutos, se debieron a que los movimientos de las aves son mayores dentro de bosques continuos que entre fragmentos (Van Houtan *et al.* 2007) por lo

que se hace necesario realizar un mayor esfuerzo de muestreo para lograr datos concluyentes en esta zona de estudio, tal como lo realizó Izquierdo (2007) quien llevo acabo once salidas de campo cada una de ocho días consecutivos dentro de un bosque continuo en la que su area de estudio comprendia de 50 ha implementando las metodologias de redes de niebla y puntos fijos de conteo.

Según los datos obtenidos en los análisis, se observa que los factores climáticos y bióticos podrían explicar la estacionalidad de la fructificación, pero aún son materia de discusión (Molinari 1993, Stevenson 2004). En términos generales, se ha sugerido que la maduración de los frutos de muchas especies de plantas tropicales ocurre durante la época de lluvias (Williams-Linera y Meave 2002) y varios estudios han registrado que existen uno o dos picos de fructificación durante la época más húmeda y un período relativamente corto de baja disponibilidad durante la estación seca. Es por esto que los estudios fenológicos son fundamentales para comprender la dinámica de los recursos en los ecosistemas (Vilchez *et al.* 2004, Jordano *et al.* 2007) y entender su influencia sobre la ecología y comportamiento social de los frugívoros que dependen de éstos recursos.

A pesar de que existen pocos registros sobre los patrones de fructificación en los bosques alto andinos (Angulo 2016), se observa que la variación estacional en producción de frutos ya ha sido reportada en los bosques neotropicales (Angulo 2011), para el Cauca ha sido registrada por Casas (2006) y Angulo (2016), en Colombia por Izquierdo (2007) y Palacio (2014), en Costa Rica por Wheelwright (1985), en Mexico por Ortiz-Pulido *et al.* (2000) y en Argentina por Ponce *et al.*(2012).

Según lo anterior se observa que las variaciones temporales de la disponibilidad de frutos afecta la composición, abundancia y comportamiento de las comunidades de las aves frugivoras (Loiselle y Blake 1992), por lo que se demuestra que hay una relación entre la disponibilidad mensual de frutos y la riqueza de aves frugivoras en la que se establece una dinamica en la poblacion de aves (Angulo 2011).

Se observa, que el estudio realizado en un bosque continuo alto andino del PNN Puracé se registraron 27 aves frugivoras y 23 plantas ornitocoras, en comparación

a la investigación de Angulo (2016) que fue hecha en un fragmento de bosque alto andino de Tororo-Cauca, en el cual se registraron 16 aves frugívoras y 6 plantas ornitócoras. A pesar de que la riqueza entre los dos estudios varía mucho, se ve que en el estudio de Angulo (2016) se obtuvieron resultados significativos entre las relaciones número de frutos por mes vs número de eventos de consumo y entre el número de individuos de plantas ornitocoras por mes vs el número de eventos de consumo.

Lo anterior lo confirman Ponce *et al.* (2012), quienes proponen realizar estudios completos y particularmente focalizados en la intensidad de remoción de frutos en los sitios de mayor superficie de bosque, debido a que en los resultados preliminares encontraron que la abundancia o riqueza de dispersores podría ser más alta que en sitios de menor superficie de bosque; también su comportamiento se relacionaría con la oferta de frutos, producto de la densidad poblacional de algunas especies ornitócoras.

En cuanto a la disponibilidad de frutos con respecto a las aves frugívoras se encontró en el índice proporcional de similitud que *Anisognathus igniventris*, *Anisognathus lacrymosus*, *Iridosornis rufivertex* y *Atlapetes schistaceus* son de dietas generalistas, sugiriendo que estas aves interactúan según la disponibilidad de frutos del sector a diferencia de las aves *Ampelion rubrocristatus*, *Kleinothraupis atropileus*, *Thlypopsis superciliaris* y *Trogon personatus* que consumieron de 1 a 2 especies de frutos, indicando que estas aves son de dietas específicas; lo común entre los dos tipos de aves es el consumo de frutos de la familia Melastomataceae, la cual obtuvo mayor registros de consumo por parte las aves, siendo *Miconia orcheotoma* (60 eventos de consumo) y *Miconia jahnii* (40 eventos de consumo), estas especies también obtuvieron un alto número de frutos maduros durante el tiempo de estudio, en proporción a esto se observa que la especie *Rubus robustus* tuvo pocos eventos de consumo al igual que un bajo registro de número de frutos maduros, indicando que los resultados obtenidos durante este estudio van de la mano con la teoría, debido a que la disponibilidad de frutos influyen en la selección de recursos por parte de las aves, tal como lo fue reportado por Pavajeau (1993).

Entre la disponibilidad de frutos también se observó que *Clethra* sp. fue una de las especies que más frutos se anotaron durante los meses de muestreo sin embargo durante este tiempo no se registró interacción con algún ave frugívora, caso similar al reportado por Angulo (2016) con la especie *Paicourea* sp. siendo por lo tanto un indicativo del porque el índice de similitud proporcional arrojaba valores intermedios ( $>0,05$  y  $<0,5$ ), evidenciando que las aves frugívoras no tienen un alto grado de especialización en el consumo de frutos, ni que su dieta se rija por la disponibilidad de estos.

Al igual que este estudio se reportó en otros en los que las aves generalmente se alimentaban de las plantas con mayor fructificación, determinando que estas aves no son selectivas al momento de consumir el fruto sino que se alimentan a medida que lo encuentren en el hábitat (Wheelwright 1985, Jordano 1994, Ponce *et al.* 2012, Angulo 2016).

### **8.2.2. Eventos de consumo**

Con el esfuerzo de muestreo realizado se observaron 247 eventos de consumo de 27 especies de aves frugívoras con 18 especies de plantas ornitócoras, registrándose el consumo de 1 a 10 especies de plantas ornitócoras por parte de *Anisognatus igniventris*, *Anisognatus lacrymosus*, *Tangara vassorii*, *Pripreola riefferi*, *Mercocerculus leucophrys* y *Butrapis montana*; este grupo de aves pertenecen a las familias Traupidae y Tyrannidae que según Remsen *et al.*(1993), Hilty y Brown (2001), Silva *et al.* (2002) y Kazuya (2013) presentan variedad de dietas, como el consumo de hojas, pasando por frutos y diversos insectos, muchas de las especies de aves de esta familia presentan dietas mixtas y de hábitos exclusivos, ocasionando un problema para asignar a sus especies el gremio alimenticio al que pertenecen.

Si bien, como se expone en el anterior párrafo es difícil asignar a las especies de aves, el gremio alimenticio al que pertenecen, para este estudio se ve marcadas las interacciones entre las especies *Miconia orcheotoma*, *Ocotea infrafoveolata*,

*Miconia jahnii* y *Clusia multiflora*, las cuales corresponden a las familias Melastomataceae y Lauraceae; según Snow (1981) estas son plantas adaptadas para la dispersión por aves frugívoras oportunistas, típicas de vegetación secundaria, hábitats de borde colonizador o terrenos recientemente despejados (Argüero y Guadarrama 2009, Allenspach y Dias 2012).

### **8.2.3. Traslape alimenticio, asociación entre ave y planta.**

En el sitio de estudio pocas especies están traslapándose en el uso de recurso, siendo *Kleinothraupis atropileus* y *Chamaeptes goudotii* la única pareja que presenta un traslape completo, adicionalmente otras 20 parejas presentan el 80% de traslape mientras que las parejas restantes no presentan solapamiento. Estos niveles son normales debido a que las aves consumieron entre 1 y 10 especies de plantas de las 23 registradas, por lo cual se comprende el bajo número de traslapes debido a que como se expuso en el anterior párrafo las aves consumen a medida que se encuentren el fruto.

El que se encuentre una coincidencia en la dieta frugívora no quiere decir que exista una cierta competencia entre el grupo de aves que presentan un alto grado de traslape alimenticio, ya que las especies pueden coexistir en un mismo hábitat, dado a que tiene diversidad en sus dietas, disminuyendo de este modo las presiones de competencia entre las especies (Villareal 2014, Angulo 2016). Sin embargo para las plantas el que se traslapen las dietas sería muy beneficioso, ya que representaría una mayor oferta de dispersores (Snow 1981, Herrera y Pellemyr 2002).

En el análisis de correspondencia se encontró que había una alta significancia entre las interacciones ave-planta resaltando la preferencia de las aves por algunos frutos, caso similar al de Casas (2006) quien reportó las preferencias de las aves por ciertos frutos registrados en la reserva de Tambito a pesar de que muchas otras especies frugívoras que consumían los frutos de diversas especies de plantas ornitócoras.

En la asociación entre las plantas y aves frugívoras se marcan dos parejas y un grupo; entre los cuales *Solanum* sp. con *Andigena hypoglauca* y *Dendrophthora*

*clavata* con *Cnemathraupis eximia* son las únicas parejas marcadas, el tercer grupo lo componen las restantes plantas ornitócoras; exceptuando *Schefflera bejucosa* la cual es la única sin asociación, pero muy cerca ella se encuentran otras especies de aves como es *Trogon personatus*, especie que se identificó en el índice de similitud proporcional como de dieta especialista, tal como lo asegura ( Remsen *et al.* 1993) . Estas agrupaciones se basan en los eventos de consumo registrados durante el estudio, los cuales podrían indicar la importancia que tiene el ave para dispersar la planta ornitócora y/o la importancia que tiene la planta para la dieta del ave frugívora (Angulo 2016). Sin embargo esta agrupación no representaría necesariamente una dependencia entre el ave y la planta, puesto que en muchos casos hay un beneficio unilateral, es decir, solo una de las partes se beneficiaría de esta red mutualista (Schupp y Jordano 2010, Angulo 2011, Angulo 2016).

### **8.3. Análisis de la importancia de las especies de aves frugívoras como potenciales dispersoras de semillas.**

#### **8.3.1. Importancia de plantas ornitócoras y aves frugívoras**

En cuanto a nivel comunitario se refiere, el índice de importancia indica que *Miconia orcheotoma*, *Ocotea infrafadeolata*, *Clusia multiflora*, *Miconia jahnii*, son relevantes para la dieta de las aves frugívoras del sector, para estas plantas ornitócoras se registró un alto consumo por parte de las aves; según Snow (1981) los géneros *Miconia*, *Ocotea* y *Clusia* se han adaptado para ser dispersados por aves frugívoras oportunistas, generalmente son arbustos o árboles pequeños, hábitats de borde colonizador o terrenos recientemente despejados, presentan drupas con pericarpo carnoso el cual es ideal para el consumo de las aves siendo muy ventajoso para atraer diferentes tipos de aves frugívoras (Snow 1981, Link y Stevenson 2004, Argüero y Guadarrama 2009, Allenspach y Dias 2012).

Por parte de las aves se sugiere que *Tangara vassorii* sería una de las especies de aves importantes para dispersar las semillas de las plantas ornitócoras encontradas en el área de estudio, aunque los registros de consumo por parte de esta ave no

son tan altos como los de otras, se observa que fue una de las especies que se alimentó de 8 especies de plantas ornitócoras, siendo la única que registró consumo de *Ilex quitensis*, también fue una de las pocas que se alimentó de *Pernettya prostrata*.

Las aves que con un mayor índice de importancia son en su mayoría de las familias Thraupidae (*Tangara vassorii*, *Anisognathus lacrymosus*; *Anisognathus igniventris*) y Cotingidae (*Pipreola riefferii*), para el primer caso, pueden deberse a que el género de las Tangaras constituyen un porcentaje importante de la avifauna (Peña *et al.* 2011) y que a pesar de ser considerada como una familia no eficaz en dispersar semillas, se ha observado que algunas especies ingieren el fruto por completo (Snow 1981, Angulo 2016). Las Cotingas resaltan por ser exclusivamente o predominantemente frugívoras (Hilty y Brown 2001, Verónica 2009) este tipo de especies se alimentan principalmente de frutos de las familias vegetales tales como Ericaceae y Melastomataceae.

El hecho de que el ave obtenga un bajo índice de importancia no quiere decir que esta no sea importante para dispersar las semillas, por ejemplo *Chamaepetes goudotii* a pesar de que obtuvo un bajo valor, se reporta en otros estudios como una especie importante para la dispersión de semillas en el ecosistema (CVC 2011, Acosta-Rojas *et al.* 2012) debido a que cuando consume las semillas, estas pueden pasar por el tracto digestivo sin ser dañadas (Snow y Snow 1971, Wheelwright 1985).

Es de considerar que solo tener los datos de eventos de consumo y dieta de las aves frugívoras no son suficiente para determinar por completo la eficiencia en la dispersión debido a que esta información es únicamente de una etapa de este proceso, por lo que no se puede predecir por completo el éxito en la dispersión, principalmente debido a que son muchos los factores que están involucrados en este proceso de dispersión (Angulo 2016).

## 9. CONCLUSIONES

- En la identificación de las especies de aves y plantas que hacen parte de las interacciones ave frugívora y planta ornitócora se observaron 27 especies de aves frugívoras y 23 especies de plantas ornitocoras.

-En el esfuerzo de muestreo se logro observar 112 interacciones y 247 eventos de consumo, registrandose entre estos datos el consumo de 1-10 plantas ornitocoras por parte de las aves.

- la riqueza de aves no influye en la cantidad de eventos de consumo debido a que entre los meses muestreados se observó que a mayor disponibilidad de frutos mayor eran los eventos de consumo.

- Se encuentra que las aves frugívoras generalmente se alimentan de las plantas con mayor fructificación, por lo que se cree que ellas no son selectivas al momento de consumir el fruto sino que se alimentan a medida que lo encuentren en el hábitat.

- En el estudio se observa en el traslape alimenticio son más las parejas que no presentan valores de traslape a las que tienen un porcentaje considerable; por lo que existe la posibilidad de que aumente el traslape como que no se encuentre ningún traslape entre las otras aves.

- La asociación registrada entre las aves y las plantas podrían indicar la importancia que tiene el ave para la dispersión de la planta, aunque esta agrupación no representaría necesariamente una dependencia entre el ave y la planta, puesto que en muchos casos hay un beneficio unilateral.

- La mayoría de aves registran un bajo valor de importancia, pero el que hayan obtenido este número en el estudio no significa que las especies no guarden relevancia para el ecosistema; los valores pudieron verse afectados por la alta movilidad de las especies por lo que no fue posible registrar la dieta frugívora en su totalidad.

De igual modo los valores registrados para las plantas ornitócoras, se tendría que conocer la fenología de las plantas encontradas para analizar minuciosamente las interacciones cuando estas estén con frutos maduros.

## **10. RECOMENDACIONES**

Para lograr un mejor registro en las interacciones se recomienda aumentar las parcelas a 20 al igual que los puntos de observación.

Se sugiere hacer un estudio detallado de solo un o dos grupos de aves frugívoras, para poder analizar en la totalidad de interacciones ave-planta, además de implementar más análisis cuantitativos para proyectar a futuro la red mutualista.

Para tener una visión más clara de las variaciones y de los motivos de la misma se recomienda hacer muestreos mensuales durante varios años.

Con el fin de entender el ciclo de la disponibilidad de frutos se requiere realizar estudios con respecto a la fenología de las plantas ornitócoras presentes en un bosque continuo alto andino; además de incluir una investigación detallada sobre la influencia climática en el ciclo de fructificación de las plantas ornitócoras.

Entre uno de los análisis que faltarían para lograr una información acertada sobre la dispersión de semillas, sería la asimetría de la fuerza de interacción en el cual cuantifica la diferencia promedio entre la interacción y dependencias de cada par de especies en la red trófica.

## **11. BIBLIOGRAFIA**

- Acosta-Rojas, Muñoz, M., Torres, A., Corredor, G., 2012. Dieta y dispersión de semillas: ¿Afecta la guacharaca colombiana (*Ortalis columbiana*) la germinación de las semillas consumidas? *Ornitol. Neotrop.* 23, 439–453.
- Addinsoft, n.d. XLSTAT Software Estadístico para Excel, Versión 2017.6. Addinsoft, Barcelona, España. Véase en. (1995-2018). URL <https://www.xlstat.com/es/> (accessed 3.26.18).
- Aizen, M.A., Vázquez, D.P., Smith-Ramírez, C., 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 75, 79–97.
- Allenspach, N., Dias, M., 2012. Frugivory by birds on *Miconia albicans*

(melastomataceae), in a fragment of cerrado in São Carlos, southeastern Brazil. *Brazilian J. Biol.* 72, 407–413.

Alvear, M., Betancur, J., Rosselli, P., 2010. Floristic diversity and structure of Andean forests remnants near to Los Nevados National Park, Central Colombian Andes TT - Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del parque nacional natural los nev. *Caldasia* 32, 39–63.

Amaya, M., Mosquera, A., Papamija, P., Gaitan, J., Ordoñez, J., Aztaiza, M., Mosquera, E., funcionarios de parque, 2004. Plan De Manejo Parque Nacional Natural.

Amaya, M., Stiles, G., Rangel, O., 2001. Interacción planta-colibrí en Amacayacu (Amazonas, Colombia): una perspectiva palinológica. *Caldasia* 23, 301–322.

Angulo, A., 2011. Dispersión de semillas por aves frugívoras: una revisión de estudios de la región neotropical. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.

Angulo, D., 2016. Caracterización de las interacciones entre las aves frugívoras potenciales dispersoras de semillas y las plantas ornitócoras de un bosque altoandino del suroccidente Colombiano (Totoró-Cauca). Trabajo de grado. Universidad del Cauca.

Argüero, s, Guadarrama, P., 2009. La dispersión de frutos y semillas. *Redalyc* 96, 38–41.

Avendaño, J., Bohórquez, C., Rosselli, L., Arzuza-Buelvas, D., Estela, F., Cuervo, A., Stiles, G., Renjifo, L., 2017. Lista de chequeo de las aves de Colombia: Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty & Brown (1986). *Ornitología Colombiana* 2017.

Bibby, C., Burgess, N., Hill, D., Mustoe, S., 2000. *Bird census techniques*. 2 ed. London: Academic press 302.

Buitrago, J., López, L., 2015. Síndromes de dispersión de diásporas de las especies arbustivo y arbóreas de tres tipos de coberturas del Parque Natural Quininí, municipio de Tibacuy, Cundinamarca, Colombia. Dispersal syndromes of shrub and tree species of three types of plant covers 5, 7–15.

Cajiao, G., Idrobo, E., Julian, C., 1995. Fragmentos de bosque y conservación de aves: un estudio de caso en los Andes de Colombia. *Manejo Fauna Silv. en Amaz. y*

Latinoamérica 178–185.

- Casas, E., 2006. Estructura de la comunidad y uso de recursos alimenticios de las aves frugívoras de sotobosque en la reserva natural Tambito, Trabajo de grado Cauca. Universidad del Cauca.
- Cauca, C.A.R. del V. del, 2011. Planes de manejo para la conservación de 22 especies focales de plantas en el Departamento del Valle del Cauca.
- Cortés, J., Cornejo, G., Ibarra, G., 2011. Fenología reproductiva de las especies arbóreas de un bosque neotropical. *redalyc* 36, 608–613.
- Cottam, G. y Curtis, J., 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451- 460.
- Cuatrecasas, J., 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.*
- Cuesta, F., Peralvo, M., Valarezo, N., 2009. Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. *Serie investigación y sistematización #5.*
- DANE, 2018. Geoportal DANE - cartografía MGN. Vease en. URL <https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoDescargaMGN> (accessed 5.6.18).
- Esteban, B., Juan, M., 2011. Consumo de hojas en folívoros facultativos y aves no folívoras: ampliando el conocimiento sobre la dieta de *Saltator maximus* (Thraupidae) y *Elanus leucurus* (Accipitridae). *SAO* 20.
- Feinsinger, P., Spears, E., Poole, R., 1981. A Simple Measure of Niche Breadth. *Ecology* 62, 27–32.
- Finegan, B., Hayes, J., Delgado, D., Gretzinger, S., 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo : Una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de alto valor para la conservación.
- Hernández, I., Rojas, O., López, F., Puebla, F., Díaz, C., 2012. Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: Su

- papel en la restauración pasiva. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 85, 89–100.
- Herrera, C., Pellemyr, O., 2002. *Plant Animal Interactions: An Evolutionary Approach*, Blackwell. ed.
- Herrera, C.M., 2004. Ecología de los pájaros frugívoros ibéricos, in: Tallería, J.L. (Ed.), *La Ornitología Hoy. Homenaje Al Profesor Francisco Bernis Madrazo*. Madrid, pp. 127–153.
- Herrera, M., 1984. A study of avian frugivores, bird-dispersed plants, and their interaction in mediterranean scrublands. *Ecol. Monogr.* 54, 1–23.
- Hilty, L., Brown, W., 2001. *Guía de aves de Colombia*. American bird conservancy ABC, Colombia.
- Holdridge, L., 1967. *Life zone ecology*. Tropical Science Center, San Jose.
- Horn, H.S., 1966. Measurement of "Overlap" in *Comparative Ecological Studies*. *Am. Nat.* 100, 419–424.
- Hotelling, H., 1936. Relation Between two sets of variates. *Biometrika* 28, 321–377.
- Howe, H., Smallwood, J., 1982. Ecology of Seed Dispersal. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13, 201–228.
- Howe, H.F., 1990. Seed dispersal by birds and mammals: implications for seedling demography. *Reprod. Ecol. Trop. For. plants. Man Biosph. Ser. vol. 7.* 191–218.
- Izquierdo, M., 2007. Composición de la comunidad de aves frugívoras y su relación con la oferta estacional de frutos en la reserva natural El Charmolán-vereda Hatotongosoy, municipio de Buesaco, Nariño. Trabajo de grado. Universidad de Nariño.
- Jordano, P., 1994. Spatial and Temporal Variation in the Avian-Frugivore Assemblage of *Prunus Mahaleb* - Patterns and Consequences. *Oikos* 71, 479–491.
- Jordano, P., 1987. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. *Am. Nat.*
- Jordano, P., 1986. Frugivory, external morphology and digestive system in Mediterranean sylviid warblers *Sylvia* spp. *Ibis (Lond. 1859)*. 129, 175–189.
- Jordano, P., 1983. Fig-Seed Predation and Dispersal by Birds. *Biotropica* volume 15.

- Jordano, P., Garcia, C., Godoy, J., Garcia, L., 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104, 3278–3282.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J., Tovar, A., 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolív. Colomb. Ecuador, Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.
- Kazuya, N., 2013. The relative importance of arthropods and fruits in foraging behavior of omnivorous tanagers (thraupidae): the comparison of three methods. *Condor* 105, 135–139.
- Krebs, C., 1999. *Ecological Methodology*, 2nd Edition University of British Columbia, Vancouver. URL <https://www.pearsonhighered.com/program/Krebs-Ecological-Methodology-2nd-Edition/PGM26048.html>
- León, O., Jiménez, D., Marín, C., 2015. Marco conceptual para la identificación de la zona de transición entre el bosque altoandino y páramo, Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos.
- Link, A., Stevenson, P., 2004. Fruit dispersal syndromes in animal disseminated plants at Tinigua National Park, Colombia. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 77, 319–334.
- Loiselle, B.A., Blake, J.G., 1991. Temporal Variation in Birds and Fruits Along an Elevational Gradient in Costa Rica. *Ecology* 72, 180–193.
- Loiselle, B., Blake, J., 1992. Population Variation in a Tropical Bird Community. *Bioscience* 42, 838–845.
- Marín, C., Parra, S., 2015. Páramos vivos, Bitácora de flora, Instituto. ed. Bogotá, Bogotá.
- McMullan, M., Donegan, T., Quevedo, A., 2011. Guía de Campo de las Aves de Colombia. Fundación Pro aves, Bogotá.
- Medellín, R y Gaona, O., 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica* 31, 478–485.

- Medina, W., Macana García, D., Sánchez, F., 2015. Aves y mamíferos de bosque altoandino-páramo en el páramo de Rabanal (Boyacá-Colombia). *Rev. Cienc. en Desarro.* 6, 185–198.
- Molinari, J., 1993. - El mutualismo entre frugívoros y plantas en las selvas tropicales: Aspectos paleobiológicos, autoecológicos, papel comunitario. *Acta Biol. Venez.* 14, 1–44.
- Montaldo, N.H., 2000. Exito reproductivo de plantas ornitócoras en un relicto de selva subtropical en Argentina. *Rev. Chil. Hist. Nat.* v.73 n.3 Santiago set. 2000
- Morales, M., Amenteras, D., 2013. Estado de conservación de los bosques de niebla de los andes colombianos, un análisis multiescalar. *Boletín Cient. Cent. Museos Mus. Hist. Nat.* 17, 64–72.
- Moreno, J., 2010. Aves Dispersoras de Semillas en un Remanente de Bosque Seco Tropical en la Finca Betanci- Guacamayas (Cordoba). Trabajo de grado. Pontifica Javeriana.
- Ojeda, D., Barbosa, C., Olarte, C., Cardona, M., Torre, L., Pinto, J., Gonzalez, Y., Consultores FAO, 2002. Estado de la información forestal en Colombia. Fao, Comisión Europea, Santiago, Chile.
- Ojeda, D., Barbosa, C., Pinto, J., Cardona, M., Cuéllar, M., Cruz, S., De la torre, L., Castañeda, J., Barrera, C., González, Y., Alarcon, J., 2001. Ecosistemas, El medio Ambiente en Colombia.
- Olson, D., Dinerstein, E., 2002. The Global 200 : Priority Ecoregions for Global 199–224.
- Ortiz-Pulido, R., 2000. Abundance of frugivorous birds and richness of fruit resource: is there a temporal relationship? *Caldasia* 22, 93–107.
- Ortiz-Pulido, R., Laborde, J., Guevara, S., 2000. Frugivoría por Aves en un Paisaje Fragmentado: Consecuencias en la Dispersión de Semillas<sup>1</sup>. *Biotropica* 32, 473.
- Palacio, R., 2104. Estructura de la red de interacciones entre plantas y aves frugívoras en el bosque nublado de San Antonio-Km 18, Trabajo de grado. Valle del Cauca. Universidad ICESI.
- Palmeirim, J., Gorchoy, D., Stoleson, S., 1989. Trophic structure of a neotropical

- frugivore community: is there competition between birds and bats? *Oecologia* 79, 403–411.
- Parrado-Rosselli, A., 2005. Fruit availability and seed dispersal in terra firme rain forests of colombian amazonia. Tropenbos-International, Wageningen, the Netherlands Printed.
- Pavajeau, L., 1993. Características morfológicas y oferta de frutos para el consumo de las aves del bosque andino de Carpanta, in: Andrade, G. (Ed.), Carpanta: Ecología Y Conservación de Un Ecosistema Altoandino. Fundación Natura, Santafé de Bogotá, pp. 97–125.
- Peña, E., Rojas, A., Triana, E., Daza, L., 2011. Registros de actividad frugívora de aves en *Miconia* sp.(Melastomataceae) en el borde de bosque secundario en el parque Nacional Natural Serranía de Los Yariguíes (Santer, Colombia). *Semilleros Investig.* 3.
- Pizo, M., Galetti, M., 2010. Métodos e Perspectivas da Frugivoria e Dispersão de Sementes por Aves Métodos e Perspectivas da Frugivoria e Dispersão de Sementes por Aves 1–12.
- Ponce, A., Grilli, G., Galetto, L., 2012. Frugivoría y remoción de frutos ornitócoros en fragmentos del bosque chaqueño de Córdoba (Argentina). *Bosque (Valdivia)* 33, 07–08.
- Purificação, K., Pascotto, M., Pedroni, F., Mayara, J., Pereira, N., Lima, N., 2014. Interactions between frugivorous birds and plants in savanna and forest formations of the Cerrado. *Biota Neotrop.* 14, 1–14.
- Quintero, E., Benavides, A., Moreno, N., González, S., 2018. Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia. Medellín.
- R Development Core Team, 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ralph, C.J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., Desante, D., Milá, B., 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- Pacific Southwest Res. Stn. 46.

- Remsen, J., Mary, H., Angela, C., 1993. The diets of neotropical trogons, motmots, barbets and toucans. *Condor* 95, 178–192.
- Rosenzweig, M., 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press.
- Schupp, E., Jordano, P., 2010. Tansley review Seed dispersal effectiveness revisited : *New Phytol.* 333–353.
- Silva, W., Júnior, M., Hasui, E., Gomes, V.S.M., Levey, D.J., Galetti, M., others, 2002. Patterns of fruit-frugivore interactions in two Atlantic Forest bird communities of South-eastern Brazil: implications for conservation. *Seed dispersal frugivory Ecol. Evol. Conserv. Third Int. Symp. Frugivores Seed Dispersal* 423–435.
- Snow, B., Snow, D., 1971. the Feeding Ecology of Tanagers and Honeycreepers in Trinidad. *Auk* 88, 291–322.
- Snow, W., 1971. Evolutionary aspects of fruit eating by birds. *Ibis* 113, 194–202.
- Snow, W., 1981. *Tropical Frugivorous Birds and Their Food Plants: A World Survey*. *Biotropica* 1, 1–14.
- Stattersfield, A., Crosby, M., Long, A., Wege, D., 2005. *Endemic bird areas of world: Priorities for biodiversity conservation*. BirdLife International. Cambridge.
- Stevens, G., 1992. The Elevational Gradient in Altitudinal Range: An Extension of Rapoport's Latitudinal Rule to. *Source Am. Nat.* 140, 893–911.
- Stevenson, P., 2004. Phenological patterns of woody vegetation at Tinigua Park, Colombia: Methodological comparisons with emphasis on fruit production. *Caldasia* 26, 125–150.
- Stiles Hurd, F.G., Rosselli Sanmartin, L., 1998. Inventario de las Aves del Bosque Altoandino: Comparación de Dos Métodos. *Caldasia* 20, 29–43.
- Terborgh, J., 1971. Distribution on Environmental Gradients : Theory and a Preliminary Interpretation of Distributional Patterns in the Avifauna of the Cordillera Vilcabamba , Peru. *Ecology* 52, 23–40.
- Traveset, A., 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 1, 151–190.
- Tropicos, 2016. Missouri botanical garden V]. URL <http://www.tropical.org>

- Van Houtan, K., Stuart, P., Halley, J., Bierregaard, R., Lovejoy, T., 2007. Dispersal of Amazonian birds in continuous and fragmented forest. *Ecol. Lett.* 10, 219–229.
- Verónica, R., 2009. Aspectos del comportamiento de forrajeo de *Phibalura flavirostris* boliviana (Cotingidae, Passeriformes). *Ecol. en Bolív.* 44.
- Victorino, A.R., 2012. Bosques para las personas, memorias del año internacional de los Bosques, 2011, Instituto. ed. Bogotá, D.C.
- Vilchez, B., Chazdon, R., Redondo y Á., 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. *Kurú Rev. For.* 1, 1–10.
- Villareal, E., 2014. Estrategias de forrajeo y recursos florales utilizados. Trabajo de grado. Universidad de Nariño.
- Wenny, D., Devault, T., Johnson, M., Dave, K., Sekercioglu, C., Tomback, D., Whelan, C., 2011. The Need to Quantify Ecosystem Services Provided By Birds Perspectives in ornithology — 1 —. *Source Auk* 128, 1–14.
- Wheelwright, T., 1985. Fruit-size, gape width, and the diets of fruit-eating birds 66, 808–818.
- Williams-Linera, G., Meave, J., 2002. Patrones fenológicos, in: Guariguata, M. (ed. ., Kattan, G. (coed. ., Kandler, M. (tr. ., Guariguata, M. (cotr. . (Eds.), *Ecología Y Conservación de Bosques Neotropicales*. Costa Rica, pp. 407–431.
- Yamamoto, L., Kinoshita, L., Martins, F., 2007. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídúda Montana, SP, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 21, 553–573.
- Zuluaga, J., Espinosa, A., 2005. Las aves como dispersoras de semillas en la sucesión secundaria de un sector quemado del S.F.F Iguaque, Boyacá. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia .

## **Anexos**

**Anexo A. Coordenadas geográficas de los puntos de observación de aves, Sector Valencia, Sendero La Variante, PNN Puracé.**

<b>Punto de observación No.</b>	<b>Latitud (N)</b>	<b>Longitud (W)</b>	<b>Altitud</b>
1	1°55'06.9"	76°37'06.4"	3286
2	1°55'08.4"	76°37'03.9"	3306
3	1°55'08.9"	76°37'02.6"	3302
4	1°55'10.1"	76°36'59.7"	3317
5	1°55'12.6"	76°36'57.8"	3327
6	1°55'15.2"	76°36'55.7"	3367
7	1°55'16.2"	76°36'52.7"	3398
8	1°55'18.1"	76°36'50.5"	3382
9	1°55'20.2"	76°36'47.9"	3377

**Anexo B. Coordenadas geográficas de las 10 parcelas para conteo de frutos, Sector Valencia, Sendero La Variante, PNN Puracé.**

<b>Parcela</b>	<b>Latitud (N)</b>	<b>Longitud (W)</b>	<b>Altitud</b>
1	o'''	o'''	
	1°55'06.9"	76°37'05.3"	3105
2	1°55'07.3"	76°37'05.5"	3306
	1°55'07.6"	76°37'05.3"	3306
3	1°55'08.7"	76°37'03.1"	3307
	1°55'08.8"	76°37'02.5"	3315
4	1°55'08.7"	76°37'01.2"	3327
	1°55'09.1"	76°37'00.9"	3332
5	1°55'09.5"	76°37'00.3"	3330
	1°55'09.9"	76°37'00.0"	3338

6	1°55'11.6"	76°36'58.8"	3345
	1°55'12.7"	76°36'58.0"	3345
7	1°55'13.6"	76°36'56.5"	3353
	1°55'14.4"	76°36'56.4"	3361
8	1°55'16.2"	76°36'52.5"	3371
	1°55'16.9"	76°36'51.7"	3372
9	1°55'18.0"	76°36'50.6"	3374
	1°55'18.9"	76°36'49.5"	3376
10	1°55'20.4"	76°36'47.7"	3379
	1°55'21.0"	76°36'47.0"	3379

Anexo C: Valores de la correlación de Spearman

<b>Correlación</b>	<b>p- value</b>	<b>s</b>	<b>Rho</b>
Eventos de consumo – Especies de plantas	0.4474	75.3653	-0.3458
Eventos de consumo- Individuos de plantas	0.4694	74.4962	-0.3302
Eventos de consumo- Numero de frutos maduros	0.1106	19.3394	0.6546

Especies de aves- Especies de plantas	0.5851	70.1315	-0.2523
Especies de aves- Individuos de plantas	0.3227	80.6616	-0.4403
Especies de aves- Numero de frutos maduro	0.2053	25.4495	0.5455