

**RIQUEZA DE AVES EN RELICTOS DE BOSQUE DE LA CUENCA DEL  
RÍO PALACÉ, MESETA DE POPAYÁN, CAUCA**



**JUAN NICOLÁS DIAGO MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN, DICIEMBRE 2016**

**RIQUEZA DE AVES EN RELICTOS DE BOSQUE DE LA CUENCA DEL RÍO  
PALACÉ, MESETA DE POPAYÁN, CAUCA.**

**JUAN NICOLÁS DIAGO MUÑOZ**

**Trabajo de grado para optar al título de biólogo**

**Director:**

**Dr. LUIS GERMÁN GÓMEZ BERNAL**

**Asesor:**

**Fernando Ayerbe Quiñones**

**Biólogo**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN, DICIEMBRE 2016  
*NOTA DE ACEPTACIÓN***

NOTA DE ACEPTACIÓN

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Director:** \_\_\_\_\_  
Dr. Luis Germán Gómez Bernal

**Jurado:** \_\_\_\_\_  
Dra. María Patricia Torres Hernández

**Jurado:** \_\_\_\_\_  
Biol. Ana María Maya Girón

**Lugar y fecha de sustentación: Popayán, 12 de Diciembre de 2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios que me ha dado todo y ha permitido que todos los eventos de mi vida ocurran en el tiempo y lugar exacto donde deben ocurrir.

A mis padres Alberto Diago Muñoz y Blanca Betty Muñoz Bolaños, por su amor, cariño, dedicación, responsabilidad, apoyo, enseñanzas y la sincera amistad que me han transmitido en el transcurrir de mi vida y esta hermosa carrera, de verdad que soy afortunado de tenerlos como padres.

A Lina María Salazar Hoyos quien me ha dado lo más bello de mi vida que es Martina, que dejó su vida en Medellín para venir a apoyarme en terminar mis estudios y cumplir su deseo firme de formar una familia junto a mí, una mejor pareja, amiga y compañera incondicional no habría podido darme Dios.

A todos mis profesores de biología, química, matemáticas, antropología y deportes que aportaron a mi conocimiento y formación como biólogo, en especial a Marisaura Valdivieso, Silvio Carvajal, Nelson Rojas, José Beltrán, Diego Macías, Bernardo Ramírez, Hildier Zamora, Leonidas Zambrano y mucho más especial a los de zoología Patricia Torres, Giselle Zambrano, German Gómez y Pilar Rivas quienes me ayudaron a reconfirmar mi gusto por la zoología.

A mi director de trabajo de grado Luis German Gómez Bernal por su completo acompañamiento durante la elaboración de este documento, la paciencia en la redacción y todos los conocimientos que me brindó, además por todas las charlas amigables tanto en campo como en la universidad en las cuales siempre hacía ver las cosas positivas de cualquier tema, así fuera el hecho más simple y cotidiano de la vida.

A los ornitólogos que sentaron las bases de la ornitología de mí amado Departamento del Cauca y le aportaron un conocimiento incalculable a esta región: Frank Chapman, Federico Carlos Lehmann, Álvaro José Negret.

Al biólogo y ornitólogo Fernando Ayerbe Quiñones quien me ha enseñado sin egoísmo alguno lo que sé en ornitología, desde la primera salida a ver tucanes en Quintana en el 2009, hasta el largo recorrido de 24 km en un día en la bota Caucana en el 2015.

A mi padre quien desde pequeño veía todo el esfuerzo que hacía para fotografiar los quindes, me llevaba a ver pájaros y me inculcó el amor por la naturaleza.

A todos mis bastantes amigos de biología y la universidad, a todo el ATP por los partidos de futbol disfrutados en especial a Jorge Zúñiga con quien repetimos matemáticas y calculo durante casi 5 años pero nunca abandonamos el sueño de la biología y Cristian Vidal por la compañía en las salidas de campo de esta investigación y todas las salidas a pajarear.

A la gente de las fincas y veredas por la amabilidad y buena disposición para ayudarme en éste trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2. JUSTIFICACIÓN.....	5
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Estudios de aves en el Departamento del Cauca.....	7
3.2 Comunidad, riqueza, similaridad.....	7
3.3 Fragmentación y herramientas para la conservación de la biodiversidad.....	8
3.4 Características de los fragmentos a escala espacial.....	9
4. OBJETIVOS.....	11
4.1 Objetivo general.....	11
4.2 Objetivos específicos.....	11
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1 Área de estudio.....	12
5.2 Épocas y sitios de muestreo.....	14
5.3 Ubicación y selección de los relictos de bosque.....	15
5.4 Registro de las aves.....	16
5.5 Análisis de la información.....	17
5.5.1 Caracterización espacial de los relictos.....	17
5.5.2 Composición, riqueza de la avifauna.....	18

5.5.3 Relictos de bosque y conectividad.....	19
6. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	20
6.1 Relictos de bosque identificados, distancia a la vía panamericana, características espaciales.....	20
6.2 Tamaño de los fragmentos.....	21
6.3 Índice de borde.....	21
6.4 Forma de los fragmentos.....	22
6.5 Distancia entre fragmentos.....	22
6.6 Composición de la avifauna.....	25
6.6.1 Representatividad del muestreo.....	26
6.6.2 Riqueza en relictos.....	30
6.6.3 Especies migratorias y endémicas.....	32
6.6.4 Riqueza entre fragmentos.....	34
6.7 Fragmentos de bosque y conectividad.....	36
7 CONCLUSIONES.....	42
8. RECOMENDACIONES.....	45
9. BIBLIOGRAFÍA.....	46
10. ANEXOS.....	55

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación del área de estudio en el Departamento del Cauca y la Meseta de Popayán (Popayán, Cajibío, El Tambo, Timbío, Totoró, Piendamó, Caldono, Suárez, Sotaró, y Morales). (Adaptado de C.R.C. 2008). ..... 12
- Figura 2.** Ubicación de la cuenca hidrográfica del río Palacé en el área de estudio con sus principales tributarios (río Cofre y río Blanco) (Adaptado de IGAC 2016). 13
- Figura 3.** Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río Palacé 1: Ecoaldea 2: Rayos del Sol 3: Clarete 4: La María 5: Tetilla 6: La viuda 7: Los Naranjos 8: Sueños Verdes 9: El Oasis 10: Los Camayos T: Cerro Tetilla (11: Barranquilla 12: El Manzanal 13: Sendero Mágico, son relictos de comparación) (Adaptado de Google Earth 2016)..... 15
- Figura 4.** Riqueza de aves por sitio de muestreo en la cuenca del río Palacé. La mayor riqueza se registró en La María con 132 especies en 20 Ha y la menor en El Manzanal con 91 especies en 4 Ha. .... 31
- Figura 5.** Similaridad en la composición de aves por fragmentos en la cuenca del río Palacé en la Meseta de Popayán..... 35

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Características espaciales de los 13 fragmentos.....	23
<b>Tabla 2:</b> Listado de las 194 especies registradas en los 13 fragmentos de bosque en la cuenca del río Palacé, utilizando los 3 métodos de muestreo.....	27
<b>Tabla 3:</b> Listado de especies migratorias (13), endémicas (3), casi endémicas (2) registradas en los 13 puntos de muestreo.....	34
<b>Tabla 4:</b> Matriz con los resultados del índice de complementariedad.....	36

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1:</b> Características de los 13 relictos de investigación.....	56
<b>ANEXO 2:</b> Curva de acumulación de especies de aves reportadas en el área de estudio.....	57
<b>ANEXO 3:</b> Algunas de las especies de aves registradas en el estudio.....	58

## RESUMEN

La pérdida de cobertura vegetal constituye una de las principales amenazas para la avifauna. Procesos como la fragmentación de bosques en la Meseta de Popayán se han intensificado de manera notoria en los últimos 30 años, sin que se haya estudiado el efecto que este proceso podría traer sobre la avifauna.

Con el propósito de ganar información al respecto, en este proyecto se identificaron los relictos de bosque asociados a la cuenca del río Palacé en la Meseta de Popayán que pueden ofrecer importantes recursos para las aves; estos relictos tienen en promedio 23.3 Ha y una distancia media entre fragmentos de 8.2 km, también se estimó la riqueza de las aves en los fragmentos utilizando tres métodos de muestreo que consistieron en registro visual y auditivo principalmente, además de captura con redes de niebla, logrando registrar 194 especies pertenecientes a 19 órdenes, 44 familias y 137 géneros. El promedio de riqueza de los fragmentos fue de 109 especies destacándose la presencia de tres especies endémicas (*Habia cristata*, *Myiarchus apicalis* y *Picumnus granadensis*). Finalmente se empleó un índice de similaridad y otro de complementariedad para tratar de saber qué papel pueden estar cumpliendo los fragmentos con la conectividad en la Meseta de Popayán.

## INTRODUCCIÓN

Las presiones ejercidas en la actualidad por la descontrolada expansión urbana sobre las áreas naturales son cada vez mayores, siendo una amenaza directa para la integridad ecosistémica de esas áreas y para el suministro de bienes y servicios ambientales. A pesar de ello, la gran mayoría de ciudades alrededor del mundo han dado muy poca importancia a un esquema de planeación del territorio que incluya la conservación de la biodiversidad y en particular de la fauna como un asunto urgente y relevante (Sierra y Vélez 2012, Pérez 2016).

Popayán no es ajena a esta situación, la ciudad experimentó un momento de expansión urbana no planificada después del terremoto de 1983, expansión que afectó, fragmentó o eliminó relictos de bosque secundario (como en las Tres Cruces y Caballo de Copas), vegetación riberina (en quebrada Pubús, río Molino y Cauca) y colmató humedales (como el que se hallaba en el sector de las tiendas Olímpica y Centro Comercial Campanario); todo esto sin la construcción de zonas verdes, la implementación de programas de restauración ecológica, ni la creación de áreas urbanas de conservación. Estos cambios intensificaron problemas relacionados con la regulación del clima (calentamiento climático), el suministro de agua para los sectores urbano y rural, además que causó el alejamiento de la fauna silvestre antes común en la ciudad, como es el caso del chico ( *Icterus chrysater* ).

Actualmente, Popayán está enfrentada a otro momento de expansión urbana siendo el sector Norte un importante foco de construcción, afectando la cuenca del río Palacé. Puesto que dicho proceso está comenzando, es importante conocer elementos de la fauna silvestre, que como las aves, aún persisten en el área e identificar los relictos de bosque que les sirven de hábitat. En el Neotrópico las aves cumplen un papel importante en el funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas (Renjifo 1999) y son consideradas importantes indicadores del estado del ecosistema. Por ello es necesario evaluar la influencia del hombre sobre los

ecosistemas con el fin de proponer alternativas de conservación (Nates-Parra 2006).

En este trabajo se estimó la riqueza de aves en los relictos de bosque asociados a la cuenca del río Palacé en la Meseta de Popayán y se identificaron los fragmentos con mayor importancia para su conservación al funcionar como posibles estructuras de movilidad. Esta información es básica para el diseño e implementación de estrategias para la protección de las aves y del bosque incluyendo a las comunidades humanas y fortaleciendo iniciativas ecológicamente amigables, como la del aviturismo.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fragmentación es un fenómeno derivado de la presencia del hombre e íntimamente ligado a la implementación de sus sistemas productivos, como la agricultura, la ganadería y más recientemente la expansión urbana.

En Colombia la región Andina estuvo cubierta por bosques andinos, pero al ofrecer las mejores condiciones de habitabilidad (buen clima, bajo nivel de plagas, suelos fértiles y agua potable en abundancia) (Fandiño y Wyngaarden 2003), ha venido soportando una población cada vez más grande siendo actualmente la región más poblada del país, hecho que ha traído como consecuencia la remoción de más del 70% de la cobertura vegetal.

A excepción de otras ciudades andinas de Colombia, Popayán ciudad fundada en 1537 y ubicada en la planicie conocida como “Meseta de Popayán”, permaneció con una baja densidad poblacional hasta el terremoto de 1983, tras el cual la ciudad ha experimentado una notable expansión urbanística (Mancuacé y Cortes 2008). Esta expansión se ha llevado a cabo sin un plan de conservación de los relictos de bosque y de los sistemas de humedales, lo que hace suponer que la diversidad de aves en la meseta podría haberse afectado.

Los efectos de estos cambios sobre la diversidad de aves no han sido evaluados por lo que el propósito de este trabajo es evaluar el estado actual de la riqueza de aves en la Meseta de Popayán además de aportar información sobre los relictos con prioridad de conservación por su importancia para las aves.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El Departamento del Cauca es una de las regiones con mayor concentración de avifauna debido a la presencia de las cinco regiones naturales existentes en Colombia, registrando 22 ordenes, 81 familias y 1142 especies de aves, (Ayerbe- Quiñones *et al.* 2008).

Para la Meseta de Popayán y localidades en 5 municipios aledaños se han reportado 338 especies de aves (Ayerbe *et al.* 2009), representando cerca del 18% de la avifauna nacional, una cifra impresionante para un área tan pequeña hecho que denota la existencia de una gran variabilidad ecosistémica, ambientes en los que aves residentes y migratorias encuentran alimento y refugio. Además de ser elementos ecológicos importantes para el funcionamiento de los ecosistemas, y ser claves para la supervivencia de otros organismos (Gill 2000, Podulka *et al.* 2004), la observación de aves se ha venido consolidando como fuente de empleo y de generación de recursos económicos para la región, con iniciativas como la de aviturismo.

Las aves requieren diferentes tipos de coberturas naturales interconectadas para poder mantener sus poblaciones; a este hecho se contrapone que por ejemplo, en el Departamento del Cauca la mayoría de los bosques nativos han sido transformados, calculándose que 70% del área departamental (2'135.630 Ha) son de vocación forestal y que un 30% del departamento (1'617.000 Ha) está cubierta por bosques (CRC 2005). El reemplazo de bosque nativo por la plantación extensiva de especies exóticas, como pino y eucalipto fue una tendencia que se consolidó durante el siglo pasado en América Latina (Toro y Gessel 1999, Granda 2006), situación que no es diferente en la Meseta de Popayán.

La situación anterior pone de manifiesto la necesidad de obtener información sobre los efectos que la pérdida de conectividad puede haber generado sobre la riqueza de aves en la Meseta, evaluar la disponibilidad de hábitats e identificar las posibilidades de conectividad entre los relictos con cobertura natural. Esta información, además de generar conocimiento básico sobre la ecología de las aves, es fundamental para la toma de decisiones que favorezcan la conservación

de las aves y sus ambientes en los planes futuros de crecimiento urbano en la Meseta de Popayán.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Estudios de aves en el Departamento del Cauca

Las aves en el Departamento del Cauca han sido objeto de estudio desde principios del siglo XIX, teniendo a mediados y finales de siglo un mayor auge. Éstos se iniciaron con Chapman (1917), Carriker (1959), von Sneidern (1954, 1955), Lehmann (1957, 1959, 1960, 1961); en fechas más recientes estudios realizados por Negret (1991, 1992, 1994, 1997 a, 1997 b), con una serie de investigaciones en el PNN Munchique y el Valle Alto del río Patía; Donegan y Davalos (1999) aportaron un listado de las aves de la Reserva Natural Tambito, Salaman *et al.* (1999) estudiaron la Serranía de los Churumbelos, Gómez *et al.* (2002) y Ayerbe-Quiñones *et al.* (2009) la cuenca del río Caquetá y distintos inventarios y estudios ecológicos incluida la Meseta de Popayán y alrededores; Olives-Peña (2000), Jiménez (2003), Ramírez (2004), Muñoz (2011), Maya (2012) aportaron valiosos conocimientos de la avifauna en el Cauca. Vidal (2012) estudió la avifauna de Puracé y Totoró en relación con la fragmentación e Idrobo y Gallo (2004) realizaron un estudio de movilidad de aves en relictos de bosque en el municipio de Popayán.

#### 3.2. Comunidad, riqueza, diversidad beta

La comunidad se define como el conjunto de poblaciones de organismos silvestres que coexisten e interactúan en un tiempo y lugar determinados (Harvey y Sáenz 2008).

El estudio de las comunidades es importante porque su conocimiento permite mantener la mayor parte de la diversidad biológica conservando las especies, sus hábitats y los procesos ecosistémicos (Moreno 2000).

El análisis puntual de la diversidad de la comunidad -o diversidad alfa- se puede enfocar desde la perspectiva de la riqueza específica o desde su estructura (Moreno 2000, Villarreal *et al.* 2006). El grado de cambio o reemplazo en la

composición de especies -o diversidad beta- permite analizar las similitudes y diferencias entre comunidades en un paisaje (Moreno 2000, Villarreal *et al.* 2006).

### **3.3. Fragmentación y herramientas para la conservación de la biodiversidad**

En Colombia los bosques nativos han sido modificados por actividades de origen antrópico, tales como preparación de terrenos para actividades agropecuarias, ganaderas, cultivos de uso ilegal y erosión de tipo extractivo sin acciones de mitigación o restauración tales como la extracción y comercialización de madera (CRC 2005). Como consecuencia se pierde la cobertura natural dando lugar al proceso denominado fragmentación.

La fragmentación implica la división de las masas de bosque produciendo relictos de diferente tamaño, forma y distancia a otros fragmentos (Saunders *et al.* 1991, Andrén 1994; Fahrig y Merriam 1994, Lawrence 1997), haciendo que se pierda la conectividad física del bosque (Simberloff y Abele 1982, Wilcove y Dobson 1986, Saunders *et al.* 1991). Los bosques son vulnerables a estos procesos ya que experimentan cambios estructurales que afectan su capacidad para preservar la biodiversidad (Laurance *et al.* 2002; Santos *et al.* 2002).

La fragmentación de hábitat, representa una de las principales amenazas para la avifauna en el Neotrópico, pues aumenta las tasas de parasitismo, depredación de nidos e individuos, reduce la cantidad de alimento y espacio, al mismo tiempo que disminuye las probabilidades de dispersión, entre otros factores (Leck 1979; Renjifo 1999; Stratford y Stouffer 1999).

Mantener la cobertura vegetal, así sean de naturaleza mixta (relictos + cultivos) juegan un papel importante en la conservación de la avifauna local, siendo hábitat tanto para especies asociadas a bosques naturales como para aquellas con menores requerimientos de hábitat (Castaño *et al.* 2008). Por ejemplo, donde el paisaje cafetero es predominante, se ha demostrado que la protección de los pequeños fragmentos localizados en sitios escarpados o a lo largo de ríos y cañadas constituye una estrategia favorable para la conservación de las aves. Estos fragmentos en cañadas y ríos ofrecen beneficios aparte de actuar como

refugio, proveen fuentes de alimento para las aves, ayudan a la protección de los cuerpos de agua y funcionan como corredores biológicos (López y Torres 2006).

### **3.4. Caracterización espacial de los fragmentos**

Los fragmentos, al ser el resultado de una desconexión estructural de bosques más grandes y continuos, se ven rodeados y afectados por una matriz de vegetación. Esta matriz por lo general no boscosa puede alterar con el tiempo la biota de los fragmentos debido a interacciones con la matriz e interferencia humana reflejando las presiones derivadas del efecto de borde (Renjifo 1999, Idrobo y Gallo 2004). Esta desconexión estructural genera fragmentos de diferente forma, tamaño y ubicación, variables que van a incidir en la persistencia de las comunidades de aves (Andren 1994, Idrobo y Gallo 2004).

En ecología del paisaje las variables (forma, tamaño, efecto de borde y aislamiento) están ligadas y se han propuesto unos parámetros que favorecen la conservación de la biodiversidad contenida en los fragmentos. Teniendo en cuenta estos parámetros, es mejor un fragmento grande a uno pequeño, o varios pequeños pero interconectados. Dado que el efecto de borde consiste en una ruptura abrupta en el paisaje y la separación de un hábitat del otro adyacente, cuanto menor es el fragmento mayor el área expuesta a efectos negativos de borde (insolación, radiación térmica, aumento en la tasa de mortalidad, invasión de especies generalistas) (Andrén 1994).

La forma del fragmento debe ser lo menos alargada posible, esto para evitar que el efecto de borde actúe con mayor fuerza en el interior/margen alterando factores espaciales que provoquen restricciones para mantener poblaciones. La forma ideal del fragmento debe ser circular y sus bordes deben ser compactos o lisos evitando fragmentos sinuosos o dendríticos que vendrían siendo los fragmentos alargados. El grado de aislamiento de los fragmentos es otro aspecto fundamental; derivado de la teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson 1967), es importante que los fragmentos estén cercanos entre sí y principalmente a

fragmentos grandes que puedan proporcionar inmigrantes; entre más aislado el relicto mayor será la probabilidad extinción para la poblaciones locales.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general:**

- Estimar la riqueza de aves que habitan en los relictos de bosque de la cuenca del río Palacé en la Meseta de Popayán.

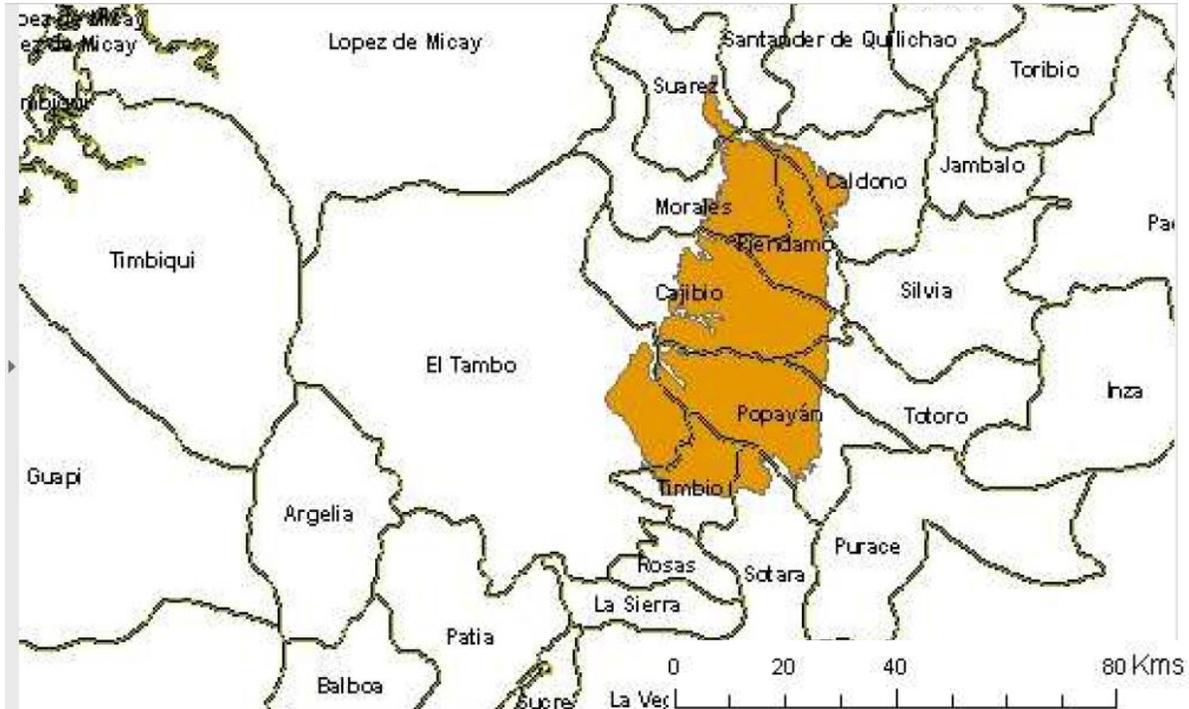
### **4.2 Objetivos específicos:**

- Identificar los relictos de bosque importantes para las aves en la cuenca media del río Palacé.
- Estimar la riqueza de aves en los relictos de bosque en el área de estudio.
- Evaluar el papel de los relictos de bosque como estructuras de movilidad importante para las aves en el área de estudio.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la Meseta de Popayán en el Departamento del Cauca y corresponde a la cuenca del río Palacé entre los municipios de Popayán y Cajibío (Figura 1).

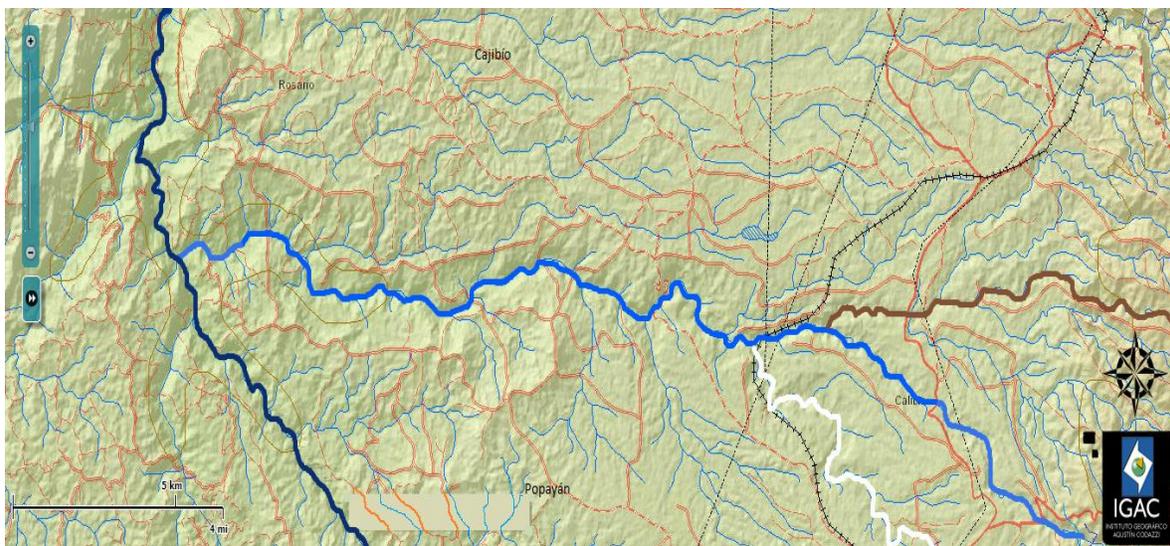


**Figura 1.** Ubicación del área de estudio en el Departamento del Cauca y la Meseta de Popayán (Popayán, Cajibío, El Tambo, Timbío, Totoró, Piendamó, Caldono, Suárez, Sotará, y Morales). (Adaptado de C.R.C. 2008).

La meseta comprende un área de 90.503 Ha a una elevación de 1600 m.s.n.m; presenta una temperatura promedio de 17°C y una precipitación de 2070mm; el régimen de lluvias es bimodal con las temporadas de lluvias entre marzo-mayo y octubre-noviembre, mientras que las secas o de menor precipitación ocurren entre junio-septiembre y diciembre-febrero (CRC 2008); la zona de vida corresponde al bosque húmedo tropical/bosque muy húmedo tropical pre-Montano (bh/bmh-PM) (Holdridge 1967).

La subcuenca hidrográfica del río Palacé comprende un área total de 64.532 Ha entre los municipios de Totoró, Cajibío, Silvia, Puracé y Popayán y se sitúa en la parte central y nororiental del Departamento del Cauca.

Los afluentes o tributarios más importantes del río Palacé en la Meseta de Popayán son los ríos Cofre y Blanco (Figura 2). Sobre estos afluentes se mantienen hilos de vegetación arbórea y relictos de bosque que posiblemente sean fundamentales para la movilidad de las aves.



**Figura 2.** Ubicación de la cuenca hidrográfica del río Palacé en el área de estudio con sus principales tributarios (río Cofre y río Blanco) (Adaptado de IGAC 2016).

Río Palacé — Río Cofre — Río Blanco — Río Cauca —

El uso del suelo de la cuenca en la meseta está representado por cafetales con sombrío, cafetales a libre exposición, monocultivos de caña (Cajibío se caracteriza por la producción de panela), pastoreo, ganadería extensiva, producción de madera con sistemas productivos de extracción industrial, supervivencia de flora y fauna, paisajístico y reservorio, cría de peces para consumo humano y pesca deportiva y agricultura tradicional (CRC 2008).

Los suelos van desde medianamente ácidos hasta extremadamente ácidos, característica que se le atribuye a las altas concentraciones de aluminio intercambiable, con niveles limitantes para cultivos tolerables y tóxicos para la mayoría de cultivos. La capacidad de intercambio catiónica es alta, con muy altas cantidades de carbono orgánico lo que favorece en algún grado el desarrollo de cultivos y la sostenibilidad de los pastos y herbáceas, con bajas a muy bajas cantidades de bases totales (Acueducto de Popayán 2008).

Las coberturas que se distribuyen en la subcuenca son las siguientes: vegetación de páramo, bosque denso, bosque abierto, bosque de galería, lagunas, ciénagas, construcciones rurales, cultivos anuales, tierras en transición, pastos naturales, pastos naturales con rastrojos, asociaciones de pastos naturales con árboles, bosque plantado y suelos desnudos (Acueducto de Popayán 2008). En esta cobertura predomina la vegetación leñosa, en la cuenca el 33,7 % corresponde a este tipo de cobertura, donde el 21.6 % corresponde a bosque natural denso, el 4,3 % a bosque natural abierto, el 2,1 % a bosque natural de galería y el 5,8 % a matorral (Acueducto de Popayán 2008).

La cobertura de origen natural ocupa el 58,4 % del área de la cuenca y es la responsable del equilibrio ecológico, hídrico, climático, edáfico de la región. El restante 41,5 % del área está transformado por las actividades antrópicas (Acueducto de Popayán 2008).

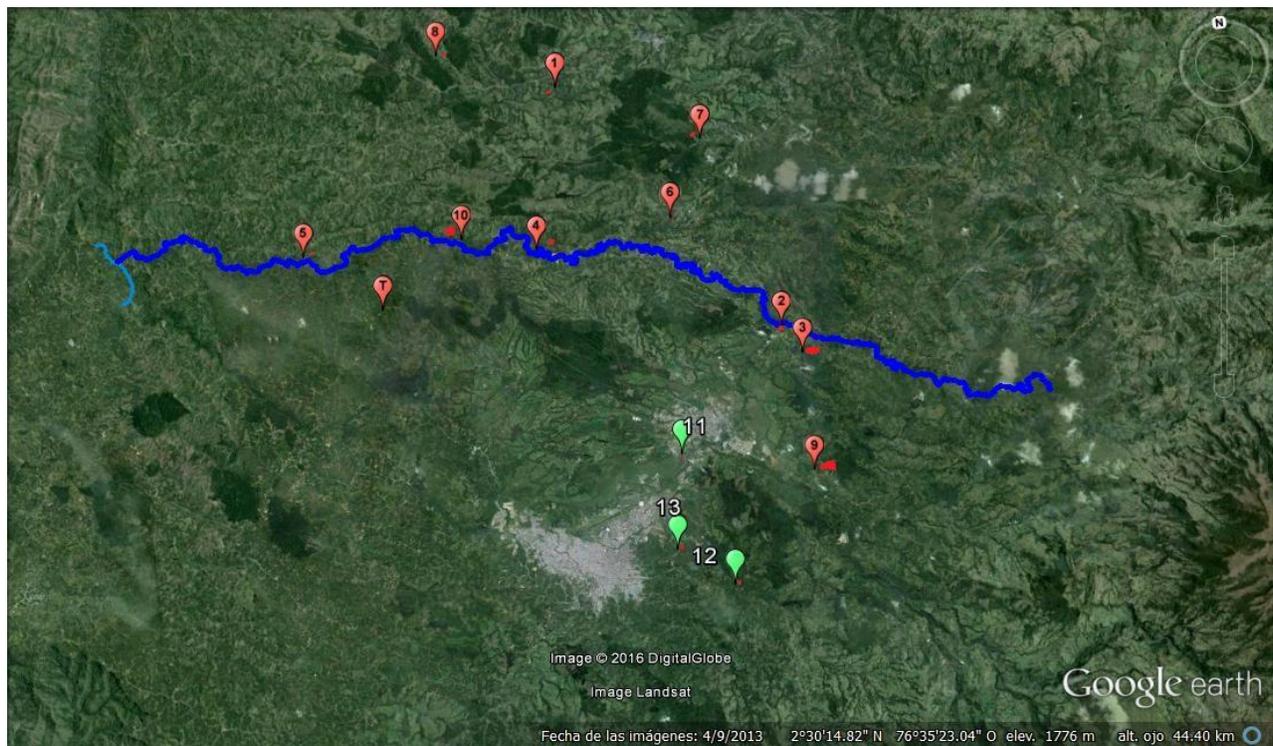
## **5.2. Épocas y sitios de muestreo**

Los muestreos se realizaron entre febrero y agosto de 2015 en la Meseta de Popayán en jurisdicción de los municipios de Cajibío y Popayán. Los puntos de muestreo fueron escogidos entre los identificados por el proyecto “*Estudio de identificación de la avifauna, que fortalezca la actividad de aviturismo del Departamento del Cauca, propiciando una nueva alternativa económica y de sostenibilidad ambiental para el Departamento*” (CRC 2015). Para la elección final de los sitios se hizo énfasis en la identificación de relictos de bosque importantes para la conservación de las aves pensando en la expansión urbana de los

municipios Popayán y Cajibío; se escogieron sitios cerca (4 Km al oriente) y lejos (25 Km al occidente) de la carretera panamericana, para evidenciar algún efecto de la vía sobre la distribución actual de las especies de aves y alteraciones futuras que podría traer la implementación de la doble calzada Popayán – Santander de Quilichao. Se escogieron además tres puntos complementarios que no pertenecen a la cuenca del río Palacé pero hacen parte de la Meseta de Popayán con una altitud similar y se utilizaron para verificar que especies se comparten estando lejanas de la cuenca.

### 5.3. Ubicación y selección de los relictos de bosque

Para la ubicación de los relictos de bosque se hizo una visita previa en cada finca postulada al proyecto de aviturismo de la C.R.C. Luego se realizó un reconocimiento de campo de los relictos escogidos (Figura 3) y se determinó la ubicación geopolítica, altitud y generalidades sobre la cobertura vegetal (Anexo 1).



**Figura 3.** Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río Palacé 1: Ecoaldea 2: Rayos del Sol 3: Clarete 4: La María 5: Tetilla 6: La viuda 7: Los

Naranjos 8: Sueños Verdes 9: El Oasis 10: Los Camayos T: Cerro Tetilla (11: Barranquilla 12: El Manzanal 13: Sendero Mágico, son relictos de comparación) (Adaptado de Google Earth 2016).

#### **5.4. Registro de las aves**

Para el registro de las aves se visitaron dos sitios por mes; cada sitio se visitó una única vez durante el estudio, dado el alto número de sitios. El registro *in situ* de la información se llevó a cabo durante tres días consecutivos de muestreo en cada sitio; para ello se empleó la siguiente metodología:

-Registros en transectos: En cada sitio de muestreo se eligió uno o dos recorridos de longitud variable (500 – 1000 m), dependiendo de la facilidad de tránsito y acceso a los relictos, procurando incluir los hábitats presentes en cada sitio. Los transectos se recorrieron dos veces cada uno (en la mañana y en la tarde) donde se anotó la especie registrada, tipo de registro (audio/visual), estrato y dieta (ajustado de Ralph *et al.* 1996).

-Registros en puntos de conteo: Se ubicaron entre 2 y 4 puntos ventajosos para el registro de aves; cada punto estratégico se visitó dos veces, uno a la madrugada (5:30 – 7:30) y el otro en la tarde (16:00 – 18:30); los registros (audio/visuales) se hicieron durante 30 min, anotando la misma información de los transectos (ajustado de Ralph *et al.* 1996).

-Capturas con redes de niebla: Se instalaron 5 redes de niebla (10x2, 5 m c/u); éstas se abrieron al amanecer (6:30–10:00) y al atardecer (17:00-18:30), siendo revisadas cada 15 minutos después de abierta la última red.

## 5.5. Análisis de la información

### 5.5.1. Caracterización espacial de los relictos

La caracterización de los relictos se llevó a cabo empleando el programa informático Google Earth ver. 7.1 (Google 2016). Con base en la cartografía del programa y cartografía de la zona facilitada por Smurfit cartón de Colombia se ubicaron los relictos para calcular el tamaño de la ventana de estudio; una vez procesada esta información se georefenció con el programa Global Mapper ver. 11.2 (Blue Marble Geographics 2016) y se aplicaron los análisis espaciales de cada relicto con el programa FRAGSTATS v.4 (McGarigal y Cushman 2012) y ArcGis ver 9.3. (Environmental Systems Research Institute 2011). Para realizar los análisis espaciales se calcularon los siguientes índices:

**Índice de parche mayor (IPM):** Hace referencia al tamaño de los parches de bosque y está relacionado con el área boscosa de cada sitio de muestreo, a mayor área, mayor IPM.

**Índice de borde total (IBT):** Indica la cantidad del efecto de borde de cada fragmento, generalmente los fragmentos pequeños en área tienden a presentar mayor efecto de borde, los valores se toman a partir de 0.000 que indicaría un fragmento sin efecto negativo.

**Índice de forma (IF):** Este índice analiza la forma de los fragmentos, entre más irregular en forma, más susceptible a efecto de borde, igualmente los valores se toman desde 0.000 indicando una forma ideal (Circular y borde liso).

**Distancia media entre fragmentos (DF):** Hace referencia a las distancias promedio de los fragmentos, entre sí.

### 5.5.2. Composición, riqueza de la avifauna

Con los registros obtenidos se construyó una base de datos en la que se consignaron los datos en secuencia del sitio de muestreo, fecha y hora en que se registró el ave y distancia del registro además de la distancia del sitio de muestreo respecto a la vía Panamericana. Finalizadas las salidas de campo se procesó la información para obtener la composición de la avifauna para el área de estudio y por sitio. La organización taxonómica sigue la nomenclatura de Remsen *et al.* (2016). Se comparó la riqueza por sitio y se representó con un histograma. Se elaboraron tablas mostrando las aves endémicas y casi endémicas (Stiles 1998, Chaparro-Herrera *et al.* 2013), así como las especies amenazadas (IUCN 2016 -1, Renjifo *et al.* 2014).

Para estimar la representatividad de los muestreos se emplearon curvas de acumulación elaboradas con el programa EstimateS ver. 8.0 (Colwell *et al.* 2012) con los estimadores (Ace Mean, Chao 1 mean, y MMMMeans).

Para analizar el recambio de especies entre sitios de muestreo se empleó el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis 1957, Villareal *et al.* 2006).

$$B = \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^s [X_{ij} + X_{ik}]}$$

Donde:

B = Similitud de Bray-Curtis entre las muestras  $X_{ij}$  y  $X_{ik}$  = número de individuos de la especie i en la muestra j y en la muestra K.

### 5.5.3. Relictos de bosque y conectividad

Un porcentaje alto de las aves de la meseta depende de la presencia de cobertura arbórea para sobrevivir pues ésta les aporta recursos como percha, protección, sitios de anidación, rutas de desplazamiento. Esta cobertura la pueden obtener tanto de relictos de bosque nativo, vegetación secundaria y cultivos. Si la matriz de potreros y cultivos representa barreras que impiden la movilidad de las aves es de esperar que haya diferencias apreciables en la riqueza de especies entre los sitios de muestreo. Otra opción es que la matriz no sea una barrera para el desplazamiento de las aves y entonces las diferencias observadas se podrían atribuir a las características espaciales de los relictos.

Bajo esos supuestos, en esta investigación se tomó la presencia como criterio de conectividad. La presencia de una misma especie entre fragmentos podría indicar conectividad funcional alta para esa especie, en caso contrario tendrían conectividad funcional baja. Para analizar las diferencias en la composición de especies entre relictos y evaluar el grado de complementariedad entre sitios de muestreo se empleó el índice propuesto por Colwell y Coddington (1994). Este índice se calcula mediante la expresión:

$$ICC = (a+b-2j)/(a+b-j)$$

Donde a: número de especies en una zona, b: número de especies en otra zona, j: número de especies compartidas entre ambas zonas.

Este índice oscila entre 0 (ambos sitios son idénticos en composición) y 1 (los sitios son totalmente diferentes en composición).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Relictos de bosques identificados, distancia a la vía Panamericana, características espaciales

Se identificaron 13 relictos de bosque (Figura 3), que son importantes para la conservación de las aves en este sector de la Meseta de Popayán y que también podrían usarse para el monitoreo de los cambios que obras civiles en curso (como la ampliación de la vía Popayán-Cali y expansión urbana) podrían causar en la comunidad de aves.

Dos de los fragmentos identificados (2 y 11) están ubicados muy cerca de la vía 0.4 y 0.07 km, cuatro más (3, 6, 7, 13) a menos de 2.5 km, cinco más (1, 4, 9, 10, 12) están entre 4 y 8.5 km y los dos restantes son los más alejados (5 y 8) entre 13 y 15 km (Figura 3, Tabla 1).

Es importante mencionar que los fragmentos (12 y 13) están más afectados por la vía Popayán – Coconuco distantes a ella solo (0.3 km) que por la vía panamericana.

Estudios como el de (Pavlova *et al.* 2012, Rytwinsky y Fahrig 2012) demuestran cómo la presencia de caminos (5-7 m ancho) ha generado respuesta negativa de la avifauna en zonas de bosque continuo y que dieron paso a conglomerados urbanos.

Es de esperarse que haya una relación directa y negativa en el tamaño y la distancia entre fragmentos con respecto a la distancia de estos a las vías de comunicación, pues las aves buscan sitios tranquilos, lejos del ruido de las carreteras y ciudades especialmente las de baja frecuencia en su canto ya que el ruido se superpone (Pavlova *et al.* 2012).

El Cauca se prepara para la ampliación de la vía Popayán – Santander de Quilichao, esto sin duda puede generar efectos negativos en la movilidad de las aves, pues cinco sitios de muestreo se encuentran a menos de 5 km de la vía

panamericana, con todo y esto sumado al crecimiento desordenado en el noroccidente de Popayán el panorama no es muy alentador.

## **6.2. Tamaño de los fragmentos**

El área de los fragmentos osciló entre las 2 y 74 Ha, teniendo 10 de ellos una extensión mucho menor a 50 Ha. Los fragmentos más representativos por su extensión fueron El Oasis (74,5 Ha), Clarete (64 Ha), Los Camayos (52,5 Ha), Eco Parque Rayos del Sol (22,65 Ha) y La María (20,2 Ha) (Tabla 1). Los otros 8 relictos tienen área entre 2-14 Ha (Tabla 1). El IPM, índice que básicamente categoriza los relictos de mayor a menor con base en su extensión, corrobora esos resultados (Tabla 1).

Es oportuno resaltar que la ventana de estudio usada en este trabajo es de escala grande y permite analizar fragmentos de menor tamaño; éstos fragmentos, sin embargo, pierden representatividad cuando se usa una escala más pequeña (departamental o nacional) y se compara su avifauna con la de áreas de conservación grandes como el PNN Puracé o el PNN Munchique (con 83.000, 47.000 Ha, respectivamente).

## **6.3. Índice de Borde Total (IBT)**

Los fragmentos que presentaron mayor IBT y en consecuencia mayor efecto de borde fueron El Oasis (0.4960), Clarete (0.3200), Rayos del Sol (0.2560) y Los Camayos (0.2240), a pesar de ser los fragmentos con mayor área no están exentos de este efecto (Tabla 1).

En el caso de El Oasis su alto IBT podría deberse a que si bien es una finca extensa y que pertenece al proyecto “*Fundación Procuena río Las Piedras*” los predios a su alrededor son potrero en su mayoría en sucesión secundaria; una situación similar ocurre con Los Camayos, en cuyo alrededor hay monocultivos de caña y potreros. En Clarete y Rayos del Sol la presión se podría derivar de la urbanización acelerada y sin control.

#### **6.4. Forma de los fragmentos (IF)**

Los fragmentos con mayor IF fueron El Oasis (1.6316), Rayos del Sol (1.4545), Manzanal y Barranquilla (1.4000) (Tabla 1). Aunque en general todos los fragmentos tienen IF similar, estos valores indican que los de mayor IF están siendo más afectados por el efecto de borde.

Para contrarrestar esta situación lo recomendable es buscar que los fragmentos sean más redondeados y de borde liso. Sin embargo, teniendo en cuenta que algunos relictos están rodeados de potreros (El Oasis), también sometidos a procesos de tala en su vecindad (Rayos del Sol) o incluso inmersos en áreas urbanas (Barranquilla), debe plantearse una estrategia de ordenamiento del territorio que permita mantener la productividad pero mejorando las características de los fragmentos.

Vale la pena anotar que aunque se pensaría que los fragmentos pequeños son los que más efecto de borde pueden presentar, en este caso el efecto de borde fue menor en pequeños fragmentos, Por ejemplo, La Viuda con solo 2.4 Ha fue el que menor IF e IBT presentó (Tabla 1).

#### **6.5. Distancia entre fragmentos (DF)**

La distancia promedio entre los fragmentos fue de 8,2 km, la máxima distancia la presentan La Tetilla y Oasis a 21 km, la menor se da entre Rayos del Sol y Clarete 1,9 km.

El grado de aislamiento que exista entre fragmentos y las consecuencias generales de discontinuidad pueden generar un cambio significativo en índices como la riqueza (Grashof-Bokdam *et al.* 2009, León-Lleras 2013), pero muy poco se sabe específicamente acerca de que distancias son críticas entre dos fragmentos para restringir el movimiento. En general las tasas de movilidad de las aves en paisajes fragmentados puede disminuir a partir de distancias superiores a 200 m (Ibarra-Macías *et al.* 2012, Pavlova *et al.* 2012).

Sin embargo, algunas aves pueden atravesar distancias de 800 m, siempre y cuando haya al menos coberturas de pastizal (León-Lleras 2013). En la Meseta de Popayán Idrobo y Gallo (2004) registraron que un individuo se movilizó 2,73 Km pasando por matriz de potrero y atravesando la vía panamericana.

La capacidad de movilidad varía entre especies de aves por variables como historia de vida y patrones fisiológicos, una buena oferta de recursos ayudará a que no sufran algún tipo de estrés ontogénico, permitiendo un óptimo desarrollo corporal de las crías, ventaja que les podrá asegurar un éxito de apareamiento, fecundidad, sobrevivencia y eficiencia aerodinámica. Beneficios claves para colonizar mayor cantidad de hábitats (DeCoster *et al.* 2013).

**Tabla 1.** Características espaciales de los 13 fragmentos de bosque estudiados en la cuenca del río Palacé, IPM: índice de parche mayor, IBT: índice de borde total, IF: índice de forma DV: Distancia a la vía panamericana.

Nro.	Nombre	Área (Ha)	IPM	IBT	IF	DV (Km)
9	El Oasis	74,5	26.5432	0.4960	1.6316	4,2
3	Clarete	63,9	21.9136	0.3200	1.1765	1,3
10	Los Camayos	52,5	11.1111	0.2240	1.1667	8,8
2	Rayos de sol	22,65	8.0247	0.2560	1.4545	0,4
4	La María	20,2	6.7901	0.1920	1.2000	6,2
7	Los Naranjos	14,61	4.6296	0.1760	1.3750	1,3
8	Sueños Verdes	13,72	4.6296	0.1600	1.2500	13,6
1	Ecoaldea	12,91	4.9383	0.1440	1.1250	8,7
13	Send. mágico	11,37	3.7037	0.1440	1.2857	2,5
5	La Tetilla	8,93	3.3951	0.1280	1.1429	15,3
12	El Manzanal	3,639	1.5432	0.1120	1.4000	5,5

Nro.	Nombre	Área (Ha)	IPM	IBT	IF	DV (Km)
11	Barranquilla	2,612	1.8519	0.1120	1.4000	0,07
6	La Viuda	2,406	0.9259	0.0640	1.0000	1,0

Una configuración del paisaje más propicia para las aves debe considerar la reducción del borde de sinuoso a liso, evitar las formas alargadas procurando las circulares y reducir la distancia entre fragmentos de manera que se incremente la conectividad funcional (León-Lleras 2013).

El tamaño mínimo ideal teórico de un fragmento apropiado para la conservación debe ser mayor a 100 Ha (Lovejoy *et al.* 1986). Los mismos autores plantean que en fragmentos de 10 Ha o menos los cambios microclimáticos afectan a todo el fragmento debido al efecto de borde.

En el bosque seco de la cuenca alta del río Cauca reportaron fragmentos de 6,03 Ha tamaño promedio; formas irregulares y amplias distancias entre fragmentos. A pesar de los efectos negativos los autores afirman que dichos relictos albergan una sorprendente riqueza de plantas, hormigas, coleópteros y aves (Arcila-Cardona *et al.* 2012).

En esta investigación el área de la mayoría de fragmentos fue muy inferior 100 Ha (23 Ha, en promedio), presentan borde sinuoso, forma alargada y amplias distancias de separación (8.2 Km distancia media), además, están siendo presionados por agroecosistemas (cultivos tradicionales, café, ganadería, plantaciones de pino y eucalipto) y por la invasión del terreno, incluso en las zonas de inundación por expansión urbana legal o ilegal. A pesar de los inconvenientes, entidades como Cenicafé han identificado parcelas de monitoreo porque tienen evidencia de su importancia para la conservación de la aves, a pesar de que estas no sean de más de 100 Ha.

Por lo anteriormente expresado se hace necesario que los fragmentos de la cuenca del río Palacé se conserven sin importar que su área no supere las 100 Ha, pues no toda la cuenca tiene un mecanismo de protección.

## **6.6. Composición de la avifauna**

Incluyendo los registros en los 13 puntos de muestreo se registraron 194 especies de aves, pertenecientes a 19 órdenes, 44 familias y 137 géneros (Tabla 2). Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae y Tyrannidae con 31 especies cada una que corresponden al 32.2%, seguidas de Trochilidae con 16 (8.3%), Parulidae 12 (6.2%), Turdidae y Columbidae con 7 (3.6%). El mayor número de especies en estas familias se debe a su diversidad de especies y amplios rangos de distribución en América, encontrándose representadas a lo largo de toda Colombia desde partes bajas hasta los páramos (Hilty y Brown 2001).

Un total de 75 especies estuvieron presentes en todos los relictos algunas son especies de hábitat abierto y otras son especies de hábitat boscoso flexibles a hábitats modificados.

El número similar de especies entre las familias Thraupidae y Tyrannidae reportado en este estudio, puede deberse a que suelen desplazarse en un amplio rango de distribución buscando alimento y protegiéndose de los depredadores (Álvarez 1979). Adicionalmente, la presencia de árboles con flores y frutos que atraen invertebrados, así como la presencia de rastrojos altos en los cuales encontraban sitios aptos para nidificación, podrían ser variables que ayudan a la supervivencia de estas especies (Corporación SINU HISCA 2003, Hilty y Brown 2001).

Se debe destacar además, que la familia Trochilidae presenta un elevado número de especies, considerando que la Meseta de Popayán está ubicada a una elevación sobre el nivel del mar mayor (entre los 1500 y 1800 msnm) del rango altitudinal al cual los colibríes muestran su máxima diversidad, que es entre los 500 y los 1500 msnm (Ayerbe-Quiñones 2015).

### **6.6.1. Representatividad del muestreo**

La representatividad del muestreo fue del 94%, con 206 especies esperadas y 194 registradas; puesto que el nivel de representatividad se considera óptimo cuando supera el 84% (Villareal *et al.* 2006), estos resultados son representativos en cuanto al registro de la mayoría de las especies en la comunidad de aves en el área de estudio y puede ser resultado de la efectividad de los 3 métodos de muestreo, acorde a lo sugerido por Stiles y Rosselli (1998). Es probable el registro de 12 especies adicionales, aunque la curva de acumulación tiene una tendencia casi estable (Anexo 2).

**Tabla 2.** Listado de las 194 especies registradas en los 13 fragmentos de bosque en la cuenca del río Palacé, utilizando los 3 métodos de muestreo en 13 fragmentos de bosque en la cuenca del río Palacé 1: Ecoaldea 2: Eco Rayos del sol 3: Clarete 4: La María 5: La Tetilla 6: La Viuda 7: Naranjos 8: Sueños Verdes 9: Oasis 10: Los Camayos 11: Barranquilla 12: Manzanal 13: Sendero Mágico.

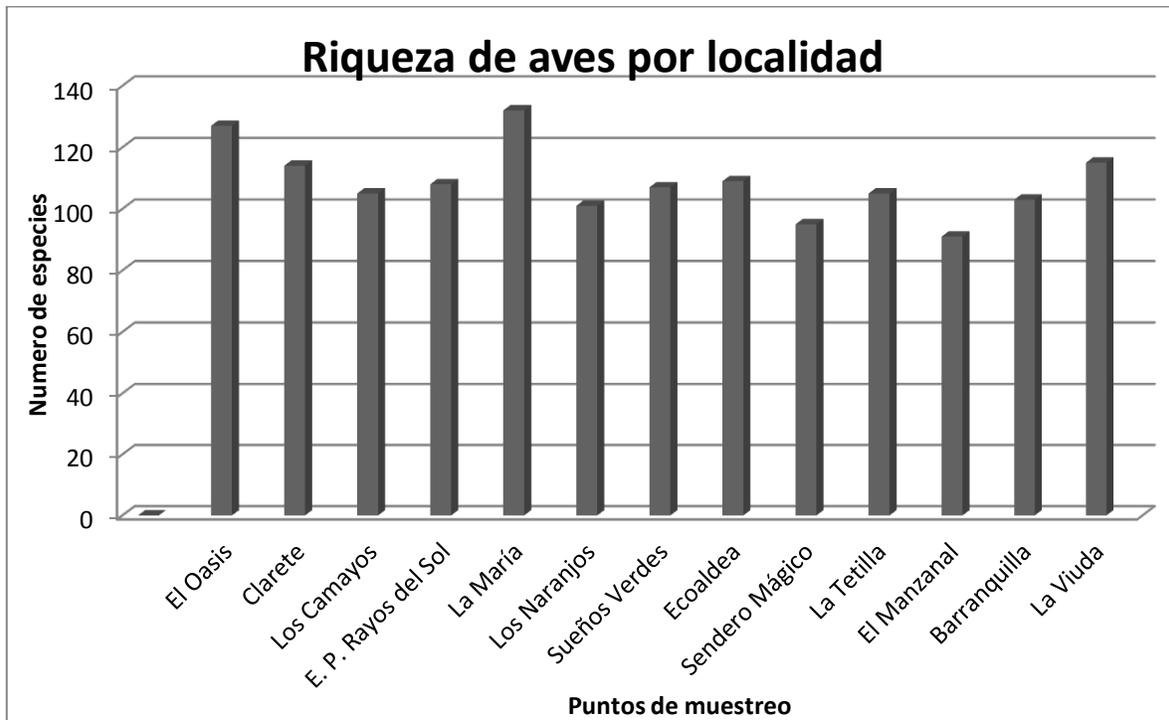
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Puntos de muestreo												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>								X		X			
Anseriformes	Anatidae	<i>Merganetta armata</i>		X		X									
Galliformes	Cracidae	<i>Chamaepetes goudotii</i>			X	X			X		X			X	
Galliformes	Odontophoridae	<i>Colinus cristatus</i>		X	X	X			X						X
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>				X									
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides striata</i>		X	X										
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Phimosus infuscatus</i>		X					X				X		X
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>		X	X	X	X		X		X		X	X	X
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	X										X		
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter striatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>				X			X				X		
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo platypterus</i>							X		X		X	X	
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>												X	
Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides cajaneus</i>		X		X	X	X	X	X	X	X			X
Gruiformes	Rallidae	<i>Laterallus albigularis</i>								X					
Gruiformes	Rallidae	<i>Pardirallus nigricans</i>		X		X				X					
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>		X	X	X		X	X	X	X	X		X	X
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas cayennensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Columbiformes	Columbidae	<i>Geotrygon montana</i>	X			X		X		X		X			
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila plumbeiceps</i>	X			X				X					
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	X	X	X		X	X					X		
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Tapera naevia</i>	X		X		X			X					
Strigiformes	Strigidae	<i>Megascops choliba</i>		X	X	X	X	X		X	X	X	X		X
Strigiformes	Strigidae	<i>Ciccaba virgata</i>				X				X	X				
Caprimulgiformes	Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i>			X	X		X			X	X		X	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>								X					
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>				X	X	X	X	X	X	X		X	X
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne rutila</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apodiformes	Trochilidae	<i>Phaetornis guy</i>				X	X								X
Apodiformes	Trochilidae	<i>Doryfera ludovicae</i>				X									
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>									X				
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>									X		X		
Apodiformes	Trochilidae	<i>Anthracothorax nigricollis</i>		X		X							X		X
Apodiformes	Trochilidae	<i>Adelomyia melanogenys</i>			X						X			X	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaiocercus kingi</i>			X						X			X	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Coeligena coeligena</i>		X	X	X	X	X	X		X		X	X	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Ocreatus underwoodii</i>			X			X			X			X	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Heliomaster longirostris</i>				X							X		X
Apodiformes	Trochilidae	<i>Chaetocercus mulsant</i>			X						X		X	X	

Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon melanorhynchus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>		X	X		X							X		
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia franciae</i>			X	X				X						
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia saucerrottei</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apodiformes	Trochilidae	<i>Hylocharis grayi</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>			X						X					
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>				X				X				X		X
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>				X										
Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus aequatorialis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Piciformes	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>									X					X
Piciformes	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus haematopygus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X				
Piciformes	Picidae	<i>Picumnus granadensis</i>		X		X		X	X	X			X	X		X
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Piciformes	Picidae	<i>Picoides fumigatus</i>	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rubiginosus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>		X	X	X					X			X		
Falconiformes	Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Pionus chalcopterus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X				
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Forpus conspicillatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus multistriatus</i>	X	X	X	X	X	X	X				X	X		X
Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Dysithamnus mentalis</i>							X	X			X			
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria ruficapilla</i>			X						X				X	X
Passeriformes	Grallariidae	<i>Xiphocolaptes promeropyrhynchus</i>			X						X				X	
Passeriformes	Grallariidae	<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>			X	X	X	X	X		X	X			X	
Passeriformes	Grallariidae	<i>Xenops rutilans</i>						X	X	X	X	X				
Passeriformes	Grallariidae	<i>Anabacerthia striaticollis</i>										X				X
Passeriformes	Grallariidae	<i>Thripadectes melanorhynchus</i>										X				
Passeriformes	Grallariidae	<i>Synallaxis azarae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Phyllomyias griseiceps</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia chiriquensis</i>	X													
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia pallatangae</i>	X	X	X		X				X				X	X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Campostoma obsoletum</i>	X			X	X			X				X		X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mecocerculus stictopterus</i>			X			X								
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Serpophaga cinerea</i>		X	X	X					X					
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Zimmerius chrysops</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mionectes striaticollis</i>										X				
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	X	X	X	X	X	X			X	X	X			X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Platyrinchus mystaceus</i>				X										
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiophobus fasciatus</i>	X								X					
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax virescens</i>									X				X	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus cooperi</i>							X							X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	X													
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	X							X						
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sp.</i>				X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>				X		X			X	X				X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>				X	X	X								

Passeriformes	Tyrannidae	<i>Knipolegus poecilurus</i>		X		X					X								
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Legatus leucophaeus</i>	X	X	X	X		X	X		X	X							
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes cayanensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes chrysocephalus</i>				X						X						X	X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus tyrannus</i>	X					X					X	X					
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	X			X	X	X	X	X			X	X	X				
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus apicalis</i>	X			X													X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus cephalotes</i>		X	X	X		X				X	X					X	X
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus crinitus</i>	X			X												X	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pachyrhamphus polychopterus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis nigrirostris</i>	X	X	X		X				X	X							X
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>				X				X	X								X
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Progne tapera</i>						X											X
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>						X	X										X
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>				X	X	X						X	X				
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Pheugopedius mystacalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>				X		X				X							
Passeriformes	Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>		X										X					X
Passeriformes	Turdidae	<i>Myadestes ralloides</i>	X	X		X		X	X	X	X	X	X						X
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus aurantiirostris</i>	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus leucops</i>		X	X				X	X	X	X	X						
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus ignobilis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	X	X	X		X	X				X							X
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>		X	X								X						X
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	X			X					X								
Passeriformes	Thraupidae	<i>Schistochlamys melanopsis</i>	X																
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tachyphonus rufus</i>	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X				X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Ramphocelus flammigerus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Anisognathus somptuosus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis palmarum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis cyanocephala</i>	X		X								X						X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Pipraeidea melanonota</i>	X			X	X	X		X	X	X	X	X					X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara heinei</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara vitriolina</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara cyanicollis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara labradorides</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara gyrola</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara xanthocephala</i>												X					
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara arthus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tersina viridis</i>	X								X								
Passeriformes	Thraupidae	<i>Chlorophanes spiza</i>	X			X					X								



El fragmento La María a pesar de no tener un área tan representativa (20 Ha), ha mantenido conectado el bosque con otros fragmentos cercanos incluido el bosque ripario, este factor de conexión de los bosques podría permitir la movilidad de las aves y sería una razón importante para que el índice de riqueza sea el más alto.



**Figura 4.** Riqueza de aves por sitio de muestreo en la cuenca del río Palacé. La mayor riqueza se registró en La María con 132 especies en 20 Ha y la menor en El Manzanal con 91 especies en 4 Ha.

La riqueza promedio fue de 109 especies, este dato indica que la fragmentación ha afectado a las aves, pero estas han logrado responder positivamente a la oferta de recursos para mantener estos valores de riqueza.

Un caso similar presentan los estudios llevados a cabo por el Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé, donde los índices de riqueza de aves fueron cercanos, los estudios se desarrollaron en cuatro paisajes cafeteros y reportaron 114, 110, 112, 105 especies de aves, los bosques y cafetales con sombra en su

mayoría no superaban las 4 Ha (Sánchez-Clavijo *et al.* 2008, Sánchez-Clavijo *et al.* 2009, Botero *et al.* 2010, Sánchez-Clavijo *et al.* 2010).

Por otra parte aunque se ha considerado que los ambientes maduros son muy diversos, no siempre es el caso pues (Muñoz 2011) estudió el subnúcleo Primavera de Smurfit Kappa, un bosque maduro de 248,4 Ha, en el que se presentó un índice de riqueza de 86 especies de aves, número muy por debajo del promedio de riqueza de esta investigación; la única especie que no se reportó para esta investigación fue *Nothocercus julius*, esta es una ave de tamaño considerable que dependerá más del tamaño y los recursos que de la forma del bosque (Winter *et al.* 2006).

Aspectos como la riqueza, diversidad y abundancia de las especies son muy similares en etapas de sucesión tempranas derivadas de un proceso de fragmentación, incluso se ha determinado que la riqueza de organismos no solo se mantiene si no que tiende a aumentar aprovechando la oferta de recursos (Petit *et al.* 1999, León-Lleras 2013).

Estos factores pueden ser la principal razón para que los índices de riqueza sean similares, y se puede concluir que probablemente los 10 fragmentos de la cuenca del río Palacé más los 3 de comparación hicieron parte de un bosque continuo, que por factores antrópicos se han ido aislando pero que aun así mantienen patrones de vegetación similar, conservando una cantidad de hábitat suficiente y una oferta mínima necesaria de recursos para lograr mantener un buen número de comunidad de aves.

### **6.6.3 Especies migratorias y endémicas**

En este estudio se registraron en total 14 especies migratorias entre Neárticas-Neotropicales y Australes, 3 especies endémicas y 2 casi endémicas (Tabla 3).

Durante los muestreos se observó una amplia presencia de individuos de especies migratorias, el 87 % de estas especies reportadas en Colombia han sido registradas en agroecosistemas y en los últimos 50 años se ha detectado la

disminución poblacional de varias especies migratorias Neárticas-neotropicales atribuido tanto a la deforestación como al incremento en las áreas agrícolas (Petit *et al.* 1999, Díaz-Bohórquez *et al.* 2014).

Las especies *Catharus ustulatus*, *Piranga rubra*, *Setophaga fusca*, *Mniotilta varia*, al ser abundantes durante su migración (Díaz-Bohórquez *et al.* 2014), lograron ser reportadas en todos los fragmentos, estas utilizan una gran gama de hábitats y debido a su alta movilidad y capacidad para conseguir recursos se las pudo observar utilizando con frecuencia los bosques riparios en búsqueda de alimento factor que les facilitó la movilidad por la cuenca para conseguir recursos.

En algunos estudios se han reportado números similares de especies migratorias (Botero *et al.* 2010, Sánchez-Clavijo *et al.* 2010), corroborando así que los relictos de la cuenca del río Palacé también están ofreciendo recursos y sirviendo como refugio para estas especies visitantes.

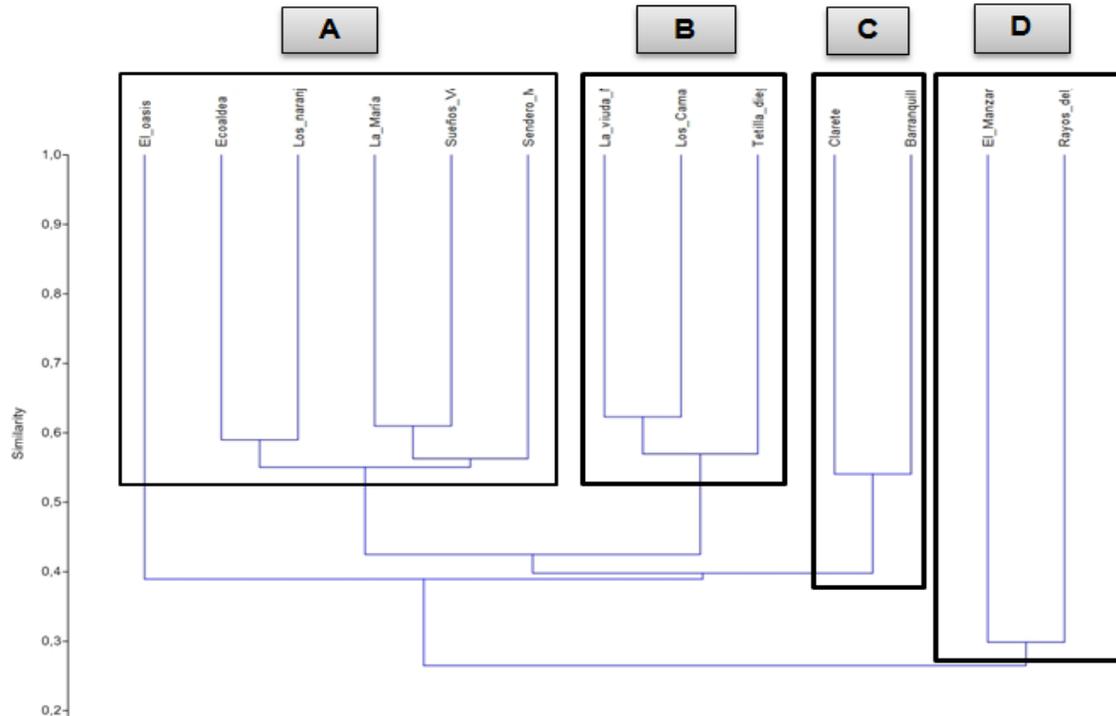
Respecto a las especies endémicas el número no es alto, pero aporta suficientes razones para conservar estos fragmentos, ya que a pesar de que su rango es menor a 50.000 Ha estas están presentes en el área de estudio y además representan un alto valor turístico para los avistadores.

**Tabla 3.** Listado de especies migratorias (13), endémicas (3), casi endémicas (2) registradas en los 13 puntos de muestreo. B: Boreal A: Austral E: Endémica CE: Casi Endémica.

Especie	B	A	E	C. E
<i>Cardellina canadensis</i>	X			
<i>Setophaga ruticilla</i>	X			
<i>Setophaga fusca</i>	X			
<i>Accipiter striatus</i>	X			
<i>Buteo platypterus</i>	X			
<i>Buteo albigula</i>	X			
<i>Empidonax virescens</i>	X			
<i>Tyrannus tyrannus</i>		X		
<i>Myiarchus crinitus</i>	X			
<i>Contopus cooperi</i>	X			
<i>Contopus sordidulus</i>	X			
<i>Contopus virens</i>	X			
<i>Catharus ustulatus</i>	X			
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	X			
<i>Habia cristata</i>			X	
<i>Myiarchus apicalis</i>			X	
<i>Picumnus granadensis</i>			X	
<i>Forpus conspicillatus</i>				X
<i>Thamnophilus multistriatus</i>				X

#### 6.6.4. Riqueza entre fragmentos

Los relictos más similares fueron La Viuda y Los Camayos con el 62% (grupo B en figura 5) y los menos similares fueron El Manzanar y Rayos del Sol 30% (grupo D en la figura 5).



**Figura 5.** Similaridad en la composición de aves por fragmentos en la cuenca del río Palacé en la Meseta de Popayán.

Los porcentajes de similitud entre La Viuda, Los Camayos, La María, Sueños Verdes, Ecoaldea y Los Naranjos puede deberse a que son cercanos entre sí todos ellos presentes en el municipio de Cajibío, donde se presentan prácticamente los mismos usos de suelo (agroecosistemas); La Viuda, La María, Los Camayos están junto al río Palacé hecho que también facilita que sean muy similares entre sí. El Manzanar tiene una elevación altitudinal mayor respecto a los otros relictos de la meseta razón por la cual presentan un porcentaje menor de similitud.

Rayos del Sol tiene una elevación altitudinal cercana al promedio de la meseta (anexo 1) y se encuentra muy cerca al relicto de Clarete pero viene soportando mucha presión por ampliación urbana que para la fecha de los muestreos se estaba incrementando, esta puede ser una razón por la cual el porcentaje de similaridad respecto a los otros relictos sea menor.

El Oasis es similar en 39% respecto al subgrupo A, y a pesar de estar prácticamente a la misma altitud de El Manzanal, esto no le impide tener un porcentaje mayor de similaridad respecto a los subgrupos A, B, C (Figura 5).

### **6.7 Fragmentos de bosque y conectividad**

La complementariedad promedio entre fragmentos fue próxima a 0,5; el 56% de los fragmentos tienen una complementariedad igual o menor a 0,4; un 37% está entre 0,5 y 0,7 cifra alta para tener en consideración, y el 7% restante presenta 0,8 (Tabla 4).

De los 10 relictos que hacen parte de la cuenca del río Palacé ninguno supera el 60% de complementariedad respecto a los otros.

**Tabla 4.** Matriz con los resultados del índice de complementariedad, los fragmentos presentes en la cuenca del río Palacé no superan el 50%, los fragmentos Sendero Mágico y Manzanal que no hacen parte de la cuenca, en su mayoría superan el 60%.

	Oasis	Clarete	Camayos	Rayos de sol	La María	Naranjos	Sueños verdes	Ecoaldea	Send. Magic.	La Tetilla	Manzanal	Barranquilla	La viuda
Oasis	0	0,32	0,40	0,57	0,41	0,43	0,32	0,4	0,54	0,44	0,68	0,28	0,36
Clarete		0	0,47	0,26	0,48	0,45	0,40	0,52	0,51	0,53	0,58	0,39	0,41
Camayos			0	0,35	0,19	0,32	0,29	0,46	0,58	0,29	0,92	0,45	0,25
Rayos de sol				0	0,34	0,40	0,31	0,38	0,58	0,42	0,67	0,20	0,37
La María					0	0,26	0,30	0,49	0,60	0,30	0,78	0,46	0,26
Naranjos						0	0,36	0,43	0,57	0,34	0,69	0,35	0,25
Sueños Verdes							0	0,29	0,65	0,48	0,87	0,30	0,27
Ecoaldea								0	0,66	0,47	0,82	0,51	0,31
Send Mágic									0	0,64	1	0,71	0,59
La Tetilla										0	1	0,48	0,32
Manzanal											0	0,22	0,62
Barranquilla												0	0,39
La Viuda													0

Los fragmentos ubicados al oriente de la vía (Oasis, Clarete y Rayos de Sol) promedian 40%, al estar cercanos entre si se esperaría que la complementariedad fuera menor, pero incluso Rayos de Sol y Oasis se complementan en 57%, este resultado para estos tres fragmentos indica que la cercanía de los fragmentos no es un factor que determine una baja complementariedad. El rango altitudinal puede ser determinante ya que por ejemplo El Oasis tendrá especies que solo estén a partir de esa altitud, y basados en eso puede ser la razón por la cual Clarete y Rayos de Sol que tienen altitud similar se complementan en 32%.

Otro grupo cercano entre sí (La Viuda, La María y Camayos), todos en Cajibío y al occidente de la vía panamericana, promedian un complemento de 23%, en este caso la cercanía si influyó en el resultado ya que por ejemplo, los Camayos y La María distantes por 3 km presentan un complemento de solo 19%, resultado que

indica que estos dos fragmentos son prácticamente iguales en composición de avifauna.

El grupo (Sueños Verdes, Naranjos y Ecoaldea) son los que más al norte se encuentran respecto a los otros fragmentos y también están hacia el occidente de la vía panamericana, entre ellos promedian un 36%, dato que también refleja una composición de avifauna muy similar.

La Tetilla y Clarete se complementan en 53% en cada una se reportó una especie que no estuvo en ningún otro fragmento (*Habia cristata* y *Trogon collaris* respectivamente) la distancia entre si es de 16 km, este resultado indica que un fragmento puede tener su composición particular y que para conservar se debe tratar cada fragmento por separado pues aporta especies que otros no tienen.

Respecto a los otros 3 relictos escogidos para comparar (Barranquilla, El Manzanal y Sendero Mágico), el promedio fue de 64%, porcentaje alto incluida la complementariedad de (Sendero Mágico y Manzanal) que alcanza un 100%, estos tres fragmentos como grupo se están complementando muy bien con respecto a los otros de la meseta, y es importante destacar El Manzanal ya que supera en más del 60% la mayoría de resultados incluso llegando al 100% también con La Tetilla (Tabla 4).

Si Tetilla y Manzanal lograron un 100% de complementariedad, era de esperarse que Tetilla y Oasis también reportaran algo similar ya que son los fragmentos en la cuenca más distantes, pero no fue así, su complementariedad fue de 44%.

El factor que más contribuye a que El Manzanal sea el relicto con la complementariedad más alta, se debe a que este se encuentra en un mayor rango altitudinal respecto a los relictos de la cuenca y es de esperarse que las especies varíen drásticamente a pesar de ser el relicto con la riqueza más baja del total.

Como el promedio de complementariedad de la avifauna es prácticamente del 50%, se puede concluir que la mitad (50%) de las aves logra movilizarse a través de la cuenca.

Por otra parte también se puede concluir que sí fue correcta la elección tanto de Sendero Mágico como de Manzanal para comparar la avifauna con el resto de los fragmentos de la cuenca, Barranquilla por su parte arrojó valores de complementariedad similares respecto a los de la cuenca debido, claro está, a que su rango altitudinal está en el promedio, pero aporta datos interesantes ya que a pesar de estar inmersa en un sitio urbano presenta un porcentaje similar.

La similaridad puede dar una idea de que las aves están manteniendo sus comunidades en buen estado, 75 especies que equivalen al 39% se encuentran en todos los relictos y es un buen punto de partida ya que a partir de este trabajo de investigación se aporta información importante para proponer la cuenca del río Palacé como estructura de movilidad para las aves en la meseta. Igualmente se podría enfocar esfuerzos para estudiar otras cuencas como la de los ríos Cajibío y Piendamó para comparar resultados y proponerlas también como estructuras de movilidad.

Es muy probable que en la Meseta de Popayán haya existido un bosque continuo y aunque haya sido fragmentado, las comunidades de aves conservan muestras de riqueza similares a la original, estas reservas de avifauna logran mantenerse móviles entre fragmentos ayudados por arbustos, rastrojos, bosques riparios, cafetales con sombra entre otros, que hacen que las aves logren aumentar su ámbito de hogar o “home range” cuando hay disminución de recursos (León-Lleras 2013).

Que la avifauna se mantenga en buenas condiciones depende de los recursos que ofrezcan los fragmentos de bosque y que estos se logren mantener a través del tiempo.

Proteger los bosques riparios es de interés prioritario ya que por lo expuesto en esta investigación funcionaran como refugio y fuente de recursos, además serán los que puedan mantener funcionando la cuenca como un sistema de conectividad y movilidad ayudando a mejorar la estabilidad de las comunidades de aves y los fragmentos.

Por último en la Meseta de Popayán hay varios humedales, algunos autores han determinado que ciertos hábitats como los sistemas hídricos son de gran importancia pues pueden minimizar la heterogeneidad de la matriz y proveer zonas apropiadas para algunas especies (León-Lleras 2013); como ya se dijo anteriormente la Meseta de Popayán comprende un área de 90.503 Ha aproximadamente; se han identificado 115 humedales que cubren un área total de 293 ha, entre urbanos y rurales hay 78 para Popayán y 25 para Cajibío (C.R.C. 2008), este alto porcentaje no puede pasar desapercibido y la conservación de estos y su entorno es muy importante ya que varias especies reportadas en esta investigación son asociadas a hábitats acuáticos y es así como los humedales pueden jugar un papel clave en la movilidad y conectividad de la Meseta de Popayán.

## 7. CONCLUSIONES

-Para la cuenca del río Palacé, en la Meseta de Popayán, se identificaron 13 relictos de bosque que son importantes para la conservación de las aves.

-Las aves podrían verse afectadas por la cercanía de los fragmentos a la vía panamericana pues la mitad de estos se encuentran a menos de 2.5 km y el promedio de distancia es de 5.3 km.

-El área de los fragmentos osciló entre las 2 y 74 Ha, con un promedio de 23,3 Ha para los 13 fragmentos, La Viuda fue el de menor área con 2.4 Ha y El Oasis fue el de mayor con 74.5 Ha.

-Los índices IBT e IF fueron similares para todos los fragmentos, El Oasis fue el que mayor valor obtuvo para ambos índices (0.4960 y 1.6316 respectivamente).

-En general los fragmentos presentan borde sinuoso, forma alargada y amplias distancias de separación (8.2 Km promedio), están siendo presionados por agroecosistemas y por la invasión del terreno (incluso en las zonas de inundación), aun así las aves mantienen altos índices de riqueza, concluyendo que no se están afectando drásticamente por el efecto de borde.

-La distancia promedio entre los fragmentos fue de 8,2 km, la máxima distancia la presentan La Tetilla y Oasis a 21 km, la menor se da entre Rayos del Sol y Clarete 1,9 km, se puede concluir que a pesar de las grandes distancias, los índices de riqueza demuestran que las aves se logran movilizar entre fragmentos y gozan de ventajas fisiológicas para colonizar distintos hábitats además de mantener un equilibrio en la natalidad y mortalidad.

-Se registraron 194 especies pertenecientes a 19 órdenes, 44 familias y 137 géneros, las familias más representativas en número de especies fueron Thraupidae y Tyrannidae con 31, seguidas de Trochilidae 16, y de las 194 especies, 75 se reportaron en todos los fragmentos que equivalen al 39%.

-Los tres métodos para el registro de las aves fueron efectivos ya que se logró una representatividad de 94%, se considera óptimo cuando supera el 84%. Se esperaban 206 especies y fueron registradas 194, es posible el registro de 12 especies adicionales aunque la curva de acumulación tiene una tendencia casi estable.

-En total 14 especies migratorias y 3 endémicas (*Habia cristata*, *Myiarchus apicalis* y *Picumnus granadensis*) fueron registradas. El área de estudio hace parte de las 50.000 Ha de distribución de un ave endémica, razón suficiente y muy importante para conservar los fragmentos, sumado a que sus poblaciones se considera tienden a decrecer.

-El promedio de riqueza de los fragmentos fue de 109 especies, los de mayor valor fueron La María (132), El Oasis (127), La Viuda (115) y Clarete (114). El resto tuvieron riquezas entre 91 y 109 especies, estos valores también ayudan a concluir que las aves soportan altos efectos negativos de borde al logra mantener altos valores de riquezas.

-Los relictos más similares fueron La Viuda y Los Camayos con el 62%, seguido por La María y Sueños Verdes 61%; El Manzanal y Rayos del Sol presentan la menor similaridad con 30%.

-La complementariedad promedio entre fragmentos fue próxima a 0,5; el 56% de los fragmentos tienen una complementariedad igual o menor a 0,4; un 37% está entre 0,5 y 0,7 cifra alta para tener en consideración, y el 7% restante presenta 0,8 valor alto teniendo en cuenta que el valor máximo es 1; de los 10 relictos que hacen parte de la cuenca del río Palacé ninguno supera el 60% de complementariedad respecto a los otros.

-El Manzanal supera en más del 60% la mayoría de resultados entre fragmentos incluso llegando al 100% con La Tetilla y Sendero Mágico.

-Se puede concluir que cerca de un 50% de la avifauna logra moverse a través de la cuenca y los fragmentos de comparación (Manzanal, Sendero Mágico y Barranquilla) si aportaron datos importantes para comparar la avifauna.

-Los fragmentos aunque alejados de la forma ideal, están ofreciendo buenos recursos, cumpliendo un papel importante en el mantenimiento de las comunidades de aves con aspectos como las tasas de reproducción exitosas y la movilidad entre la matriz por medio de potreros con rastrojos altos, cercas vivas, bosques riparios y cultivos con sombra.

## 8. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar monitoreos de las aves en los 13 relictos identificados en este estudio, realizando al menos un muestreo por año, de manera que se puedan evaluar cambios en la riqueza, abundancia y distribución de las especies.

Es muy importante poder realizar estudios en toda la cuenca con métodos de anillamiento y captura/recaptura de varias especies para saber cuáles logran moverse con mayor facilidad, además poder utilizar aparatos de localización para saber con exactitud que rutas utilizan las aves para moverse en medio de la cuenca.

Se recomienda ampliar el estudio en la mayor cantidad de relictos posibles de la cuenca del río Palacé en la Meseta de Popayán, principalmente desde el fragmento La Tetilla hasta la desembocadura en el río Cauca en el occidente, y con eso saber cómo se está comportando la avifauna en ese sector.

Es importante proponer no solo la protección de los fragmentos si no también estudiar la posibilidad de mejorarlos en cuanto a tamaño, forma y distancia.

En lo posible, sería muy importante proponer estudios en otras cuencas (ríos Cajibío y Piendamó) que atraviesen la meseta, comparar resultados y saber cómo le aportan a la conectividad de la avifauna.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ACUEDUCTO DE POPAYÁN. (2008). Gestión Ambiental Fundación Procuencia río las Piedras cuenca-Palacé, Fundación Procuencia río las Piedras Sitio web: <http://www.acueductopopayan.com.co/>
- ARCILA-CARDONA, A. M., VALDERRAMA-ARDILA, C., CHACÓN DE ULLOA, P. (2012). Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 13: 87-103.
- ALCALDÍA MAYOR DE POPAYÁN. (1993). Diagnóstico para la implementación del plan ambiental municipal. Municipio de Popayán. p. 25.
- ALVAREZ – LOPEZ, H. (1979). Introducción a las aves de Colombia. Biblioteca Banco Popular, Bogotá. pp. 50
- ANDRÉN, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: A review. *Oikos* 71: 355–366.
- AYERBE-QUIÑONES F, LÓPEZ-ORDOÑEZ J.P, GONZALEZ – ROJAS M. F, ESTELA F, RAMIREZ-BURBANO M. B, SANDOVAL-SIERRA J. V Y GOMEZ-BERNAL L. G. (2008). Aves del Departamento del Cauca – Colombia. *Biota Colombiana* 9 (1): 77 – 132.
- AYERBE-QUIÑONES F, GOMEZ-BERNAL L. G, LÓPEZ-ORDOÑEZ J.P, GONZALEZ – ROJAS M. F, ESTELA F, RAMIREZ-BURBANO M. B, SANDOVAL-SIERRA J. V. (2009). Avifauna de Popayán y municipios aledaños. *Novedades Colombianas* 9 (1): 25
- AYERBE-QUIÑONES, F. (2015). *Colibríes de Colombia*. Serie: Avifauna Colombiana. Wildlife Conservation Society. 352 pp.
- BRAY, J.R. y J.T. CURTIS. (1957). An ordination of upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.

- BONILLA, MA. (2004). Ecología de poblaciones. notas de clase. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. *Unibiblos*, Bogotá, Colombia. p. 123
- BOTERO J, LÓPEZ M A, ESPINOSA R, CASAS C. (2010). Aves de zonas cafeteras del sur del Huila. Cenicafé. pp. 45.
- CARRIKER, M. A., JR. (1959). New records of rare birds from Nariño and Cauca and notes on others. *Novedades Colombianas*. 1: 196-199.
- CHAPARRO-HERRERA, SERGIO., ECHEVERRY-GALVIS, MARÍA ANGELA., CÓRDOBA-CÓRDOBA, SERGIO., SUA-BECERRA, ADRIANA. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia *Biota Colombiana*, vol. 14, núm. 2: 235-272. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” Bogotá, Colombia.
- CHAPMAN, F. M. (1917). The distribution of birdlife in Colombia. *Bull. Amer. Mus. Nat.Hist.* 36: 1169.
- CASTAÑO. G, MORALES. J, BEDOYA. M. (2008). Aportes de una plantación forestal mixta a la conservación de la avifauna en el cañón del río Cauca, Departamento de Caldas, Colombia. Universidad de caldas. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín.* 61 (1): 4358-4365.
- CHERKAOUI, I., SELMI, S., BOUKHRISS, J., HAMID, RL., y MOHAMMED, D. (2009). Factors affecting bird richness in a fragmented cork oak forest in Morocco. *Acta Oecologica* 35: 197-105.
- COLWELL, R. K. y J. A. CODDINGTON. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* 345: 101 – 118.
- COLWELL, R. K., A. CHAO, N. J. GOTELLI, S.-Y. LIN, C. X. MAO, R. L. CHAZDON, AND J. T. LONGINO. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3-21.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C., CORPOCAUCA ACIF CAUCA (2005). Diagnostico forestal del Departamento del Cauca. Popayán: p. 95.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C. (2008). Plan de manejo del complejo de humedales de la Meseta de Popayán. pp. 235

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C. (2015). Estudio de identificación de la avifauna, que fortalezca la actividad de aviturismo del Departamento del Cauca, propiciando una nueva alternativa económica y de sostenibilidad ambiental para el Departamento. pp. 45

CORPORACIÓN SINU HISCA (2003). Componente biofísico plantaciones de especies forestales. Parque ecológico distrital de montaña entre nubes Bogotá.

DÍAZ-BOHÓQUEZ A., BAYLY N., BOTERO J., GOMEZ C., (2014). Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana* 14: 3-27.

DONEGAN, T. M. Y DÁVALOS, L. M. (1999). Ornithological observations from reserva natural Tambito, Cauca, South-West Colombia. *Cotinga*. 12: 48-55.

FAHRIG, L., MERRIAM, G., (1994). Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology*. 8: 50–59.

FANDIÑO, M. Y WYNGAARDEN, W. (2003). Rol de la fauna en la selección de áreas de conservación biológica en Colombia. Manejo de fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica. Vol. 1: 205 – 209.

GILL, F. B (2000). Ornithology W. H. freeman and company. Segunda Edición. Sexta reimpresión. New York.

GÓMEZ L. G., AYERBE-QUIÑONES, F. y RAMÍREZ, J. (2002). Avifauna de los sectores el Zarzal, Mocoa, Putumayo y Diamante Alto, Santa Rosa, Cauca. Evaluación de la biodiversidad dentro del plan de ordenamiento y manejo ambiental de corredor biológico serranía de los Churumbelos - Cueva de los

guácharos y su área de influencia en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca. Informe técnico presentado a Corpoamazonía - Universidad del Cauca. pp. 20.

GRANDA, P. (2006). Monoculture tree plantations in Ecuador. World rainforest Movement, Montevideo, Uruguay.

GRASHOF-BOKDAM, C.J. VERBOOM, J., BAVECO, JM., JOCHEM, R., MEEUWSEN, HAM. Y VAN ADRICHEM, MHC. (2009). Sacrificing patches for lineal habitat elements enhances metapopulation performance of woodland birds in fragmented landscapes. *Landscapes Ecology*. Vol. 24: 1123 – 1133.

HARVEY, C.A. Y SÁENZ J.C. (2008). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Heredia, Costa Rica. Ed. INBio. pp. 511-547.

HILTY S.L., BROWN W.L. (2001). Guía de la aves de Colombia. American Bird Conservancy. *Imprelibros s.a. Princeton Polychrome Press*.

HOLDRIGDE, L.R. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. pp. 206.

IDROBO, C. J, y GALLO E. (2004). Movilidad de aves de sotobosque en un paisaje fragmentado de bosque subandino al norte de Popayán, Colombia. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 74.

IBARRA-MACIAS, A., DOUGLAS ROBINSON, W. Y GAINES, M.S. (2011). Experimental evaluation of bird movements in a fragmented neotropical landscape. *Biological Conservation* vol. 144: 703-712.

IUCN (2016). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1*. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 30 June 2016.

JIMÉNEZ, A. (2003). Abundancia relativa y diversidad de aves en el Parque Nacional Natural Munchique en el sector la Romelia y 20 de julio. Trabajo de

grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 105

KATTAN, G. H. y MURCIA, C. (2003). A review and synthesis of conceptual frameworks for the study of forest fragmentation. In *how landscapes change: human disturbance and ecosystem disruption in the Americas*, Eds. G.A. Bradshaw, P.A. Marquet y H.A. Mooney. Springer-Verlag, USA, pp. 183-200.

LAWRENCE, W. F. (1997). Physical processes and edge effects. In: *tropical forest remnants. Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities*. Ed. The University of Chicago Press. Chicago y Londres. Sección II: 29-31.

LECK, C. F. (1979). Avian extinctions in an isolated tropical wet forest preserve, Ecuador. *AUK*, 96: 343-352.

LEHMANN, F. C. (1957). Contribuciones al estudio de la fauna de Colombia XIII. *Novedades Colombianas*. 3: 101-156.

LEHMANN, F. C. (1959). Contribuciones al estudio de la fauna Colombiana XIV: nuevas observaciones sobre *Oroeatius isidori* (desmurs). *Novedades Colombianas*. 1 (4): 169-195.

LEHMANN, F. C. (1960). Contribuciones al estudio de la fauna colombiana XV. *Novedades Colombianas*. 1 (5): 256-276.

LEHMANN, F. C. (1961). Notas generales. *Novedades Colombianas*. 1 (6): 523-526.

LEÓN-LLERAS, J. S. (2013). Efecto de la forma de los fragmentos de un bosque andino transformado sobre una comunidad de aves, Suesca, Cundinamarca, Colombia. pp. 62.

LÓPEZ, A. M. y TORRES, G. (2006). Conectividad de las cañadas arborizadas para las aves de los remanentes de bosque de las zonas cafeteras colombianas. Manizales, Universidad de Caldas – Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. pp. 105.

LOVEJOY, T.E., R.O. BIERREGAARD, JR., A. B. RYLANDS, J.R. MALCOM, C.E., QUINTELA, L. H., HARPER, K.S., BROWN, JR., A. H. POWELL, G. V. N.

POWELL, H.O.R. SCHUBART y M. B. HAYS. (1986). Edge and other effects of isolation on amazon forest fragments. The science of scarcity and diversity. En: Soulé, M.E. (ed.). *Conservation Biology*. Sinauer associates publishers, Sunderland, Massachusetts. Chapter 12: 257-285.

MAYA, A. (2012). Estructura trófica de la aves del orden passeriformes en un ecosistema fragmentado de bosque seco tropical en la hacienda piedra de moler, municipio de Patía, Cauca. Tesis de grado. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. pp. 68.

MCGARIGAL, K. Y CUSHMAN S.A. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site:

<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

MANCUACÉ, R. y CORTÉS, R. (2008). Popayán: Una referente de inercia o involución regional. pp. 62.

MACARTHUR, R.H. Y WILSON, E. O. (1967). La teoría de la biogeografía de la isla. Princeton University Press, New Jersey. pp. 224.

MORENO, C.E. (2000). Métodos para medir la biodiversidad. MYT-Manuales y Tesis. Zaragoza. SEA. Vol. 1: 84.

MUÑOZ, L. (2011). Composición de la comunidad de aves, en bosque natural en el área de influencia de plantaciones de Smurfit Kappa, Cartón Colombia s.a., en los municipios de Popayán y Cajibío, Cauca, Colombia. Tesis de Biología, Facultad de Ciencias, Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 58.

NATES-PARRA, G. PARRA, A. RODRIGUEZ, P. VELEZ, D. (2006). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. *Revista Colombiana de Entomología* 32 (1): 77-84.

- NEGRET, A. J. (1991). Reportes recientes en el parque nacional Munchique de aves consideradas raras o amenazadas de extinción. *Novedades Colombianas Nueva Época*. 3: 39-46.
- NEGRET, A. J. (1992). La avifauna del Valle del Patía. *Novedades Colombianas Nueva Época*. 5: 45-65.
- NEGRET, A. J. (1994). Lista de aves registradas en el Parque Nacional de Munchique, Cauca. *Novedades Colombianas Nueva Época*. 6: 69-83.
- NEGRET, A. J. (1997). Notas sobre la avifauna del Suroccidente Colombiano. *Novedades Colombianas Nueva Época*. 7: 45-50.
- NEGRET, A. J. (1997). Adiciones a la avifauna del Parque Nacional Natural Munchique, Cauca. *Novedades Colombianas Nueva Época*. 7: 88.
- OLIVES-PEÑA, M. (2000). Caracterización del hábitat y abundancia del colibrí de zamarros blancos (*Eriocnemis Mirabilis*), P.N.N. Munchique, El Tambo, Cauca. Trabajo de grado. Programa de Ecología, Facultad de Ciencias Naturales. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán, Colombia. pp. 94.
- PAVLOVA, A., AMOS, JN., GORETSKAIA, MI., BEME, IR., BUCHANAN, KL., TAKEUCHI, N., RADFORD, JQ. y SUNNUNCKS, P. (2012). Genes and song: genetic and social connections in fragmented hábitat in a woodland bird with limited dispersal. *Ecology*. Vol. 93: 1717-1727.
- PÉREZ, M. (2016). Comunidad de abejas silvestres (hymenoptera: apoidea) en el área urbana de la ciudad de Popayán, Cauca. Tesis de grado. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. pp 63.
- PETIT, L. J., D. R. PETIT, D. G. CHRISTIAN y H. D. W. POWELL. (1999). Bird communities of natural and modified habitats in Panama. *Ecography*. 22: 292–304.
- PODULKA, S., M. E. ECKHARDT y D. OTIS. (2004). Birds and humans. A historical perspective. In: *Handbook of bird biology*. Ed. The Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, N. Y. pp. 55
- RALPH, C. JOHN., GEUPEL, GEOFFREY R., PYLE, PETER., MARTIN, THOMAS E., DESANTE, DAVID F. y MILÁ, BORJA. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. Psw-gtr-159. Albany, CA.:

Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. pp. 50.

RAMÍREZ, M. (2004). Patrones de uso de los recursos florales por la comunidad de colibríes (aves: Trochilidae) del sector Charguayaco, P.N.N. Munchique, el Tambo, Cauca. Trabajo de grado. Departamento de biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 100.

REMSEN, J. V., JR., J. I. ARETA, C. D. CADENA, S. CLARAMUNT, A. JARAMILLO, J. F. PACHECO, J. PÉREZ-EMÁN, M. B. ROBBINS, F. G. STILES, D. F. STOTZ, AND K. J. ZIMMER. Version (2016). A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~remsen/saccbaseline.html>.

RENJIFO, L. (1999). Composition changes in a subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology* 13(5): 1124-1139.

RENJIFO, L. M., GOMEZ, M. F., VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J., AMAYA-VILLAREAL, A., KATTAN, G. H., AMAYA-ESPINEL, J. D., Y BURBANO-GIRÓN, J., (2014). Libro rojo de aves de Colombia, volumen I: Bosques húmedos de los andes y la costa pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

RYTWINSKI, T. Y FAHRIG, L. (2012). Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation* Vol. 147: 87-98.

SALAMAN, P. G. W., DONEGAN, T. M. y CUERVO, A. M. (1999). Ornithological surveys in Serranía de los Churumbelos, Southern, Colombia. *Cotinga*. 12: 29-39.

SÁNCHEZ-CLAVIJO, L., VÉLEZ J., DURÁN, S. M. y GARCÍA R, BOTERO J. (2008). Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Santander. Cenicafé pp. 64.

SÁNCHEZ-CLAVIJO, L., BOTERO, J., VÉLEZ, J., DURÁN, S. M. y GARCÍA R. (2009). Estudio de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de el Cairo, Valle Del Cauca. CENICAFÉ pp. 62.

- SÁNCHEZ-CLAVIJO, L., VÉLEZ, J., DURÁN, S. M., GARCÍA, R. y BOTERO J. (2010). Estudio de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Támesis, Antioquia. *Cenicafé*. pp. 59.
- SANTOS, T., TELLERÍA, J.L. y CARBONELL, R. (2002). Bird conservation in fragmented mediterranean forest of Spain: effects of geographical location, habitat and landscape degradation. *Biological Conservation* 105: 113-125.
- SAUNDERS, D. A., R. J. HOBBS y CH. R. MARGULES. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation. A Review. *Conservation Biology* 5 (1): 18-32.
- SIERRA, M. y VELEZ, L. (2012). Ciudad y fauna urbana. Un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín. pp. 68.
- SIMBERLOFF, D. S. y L. G. (1982). Refuge design and island biogeographic theory: effects of fragmentation. *American Naturalist*. 120: 41-50.
- STILES, F.G. (1998). Aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. ME. Chaves, N. Arango (eds.), informe nacional del estado de la biodiversidad 1997, Instituto. Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 378–385.
- STILES, F.G. y ROSSELLI, L. (1998). Inventario de las aves de un bosque alto andino: Comparación de dos métodos. *Caldasia*. Vol. 20: 29-43.
- STRATFORD, J. A. y STOUFFER, P. C. (1999). Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology*. 13: 1416-1423.
- TORO, J. y S. GESSEL. (1999). Radiate pine plantations in Chile. *New Forests*. 18: 33-44.
- VIDAL, C. (2012). Relación de procesos de fragmentación ecosistémica con la diversidad de aves frugívoras e insectívoras en dos sectores de la cordillera Central en el Departamento del Cauca. Tesis de grado, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. pp. 76.

VILLAREAL, H. ÁLVAREZ, M. CÓRDOBA, S. ESCOBAR, F. FAGUA, G. GAST, F. MENDOZA, H. OSPINA, M. UMAÑA, A.M. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá*, pp. 236.

VON SNEIDERN, K. (1954). Notas sobre algunas aves del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. *Novedades Colombianas*. 1: 3-13.

VON SNEIDERN, K. (1955). Notas ornitológicas sobre la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca. *Novedades Colombianas*. 2: 35-44.

WILCOVE D. y DOBSON A. (1986). Habitat fragmentation in the temperate zone. In M. E. Soulé. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates, Inc., Ed. *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. pp. 237 – 256.

WINTER, M., JOHNSON, DH. y SHAFFER J.A. (2006). Does body size affect a bird's sensitivity to patch size and landscape structure? *The Condor*. Vol. 108: 808-816.

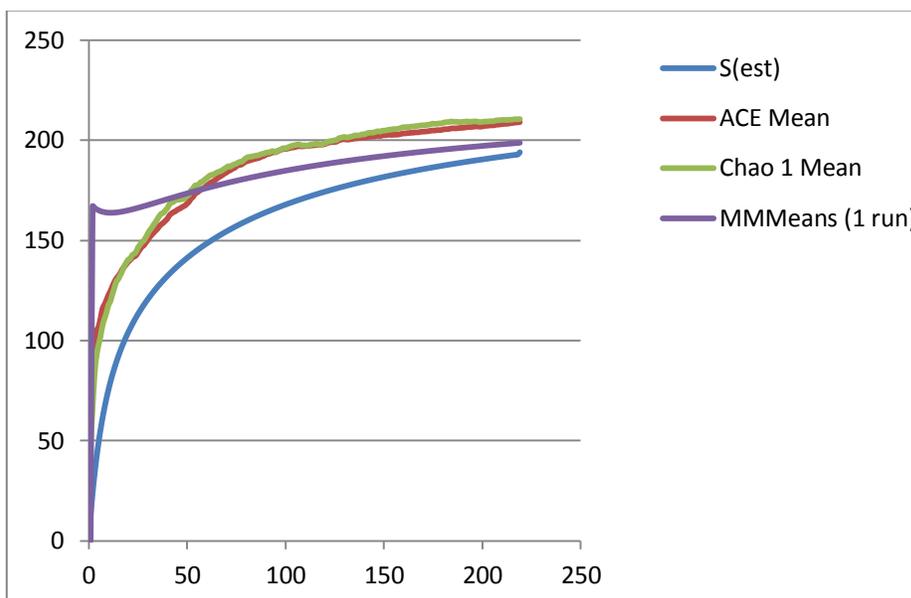
## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Características de los 13 relictos de investigación.

Nombre	# relicto	Municipio	Ubicación	Altitud (M)	Descripción cobertura
Ecoaldea Atlántida	R-1	Cajibío	2°36'47.28"N 76°36'16.81"O	1774	Relictos en buen estado y recuperación rodeados de potreros y cultivos.
Ecoparque Rayos del Sol	R-2	Popayán	2°30'59.42"N 76°32'17.70"O	1812	Relictos en buen estado con cercanía al río, rodeado de construcciones urbanas en marcha.
Vereda Clarete	R-3	Popayán	2°30'24.71"N 76°32'1.29"O	1851	Relicto en muy buen estado.
La María	R-4	Cajibío	2°33'2.68"N 76°36'1.31"O	1652	Relicto en recuperación con cercanía al río, rodeado de cultivos y potreros.
La Tetilla	R-5	Cajibío	2°33'43.00"N 76°42'3.21"O	1560	Relicto adyacente al río en buen estado de difícil acceso rodeado de cultivos y potreros.
La Viuda	R-6	Cajibío	2°33'39.42"N 76°35'11.34"O	1645	Relicto en buen estado con cultivos de café con cercanía al río.
Los Naranjos	R-7	Cajibío	2°35'4.04"N 76°32'56.48"O	1760	Relicto de gran tamaño rodeado por cultivo de café y plantación de Cartón Colombia.
Sueños Verdes (AICA)	R-8	Cajibío	2°37'45.45"N 76°41'50.54"O	1768	Relicto de entre 10-13 ha. En muy buen estado rodeado de potreros y

					cultivos.
El Oasis	R-9	Popayán	2°27'47.67"N 76°32'17.76"O	1995	Relicto de gran tamaño en muy buen estado.
Los Camayos	R-10	Cajibío	2°33'7.34"N 76°36'48.28"O	1610	Relicto en muy buen estado y de gran tamaño 15-20 ha. Con cercanía al río.
Loma Barranquilla	R-11	Popayán	2°28'31.54"N 76°34'45.08"O	1780	Relicto complementario en la ciudad de Popayán.
El Manzanal	R-12	Popayán	2°25'28.40"N 76°33'51.95"O	1900	Relicto complementario en recuperación rodeado de plantaciones de pino, cultivos y potreros.
Sendero Mágico	R-13	Popayán	2°26'29.01"N 76°34'54.50"O	1855	Relicto complementario, en estado aceptable en las afueras de la ciudad de Popayán.

**Anexo 2.** Curva de acumulación de especies de aves reportadas en el área de estudio.



**Anexo 3.** Algunas de las especies de aves registradas en el estudio

- 1) *Aulacorhynchus haematopygus* (Foto: Fernando Ayerbe) 2) *Myiarchus crinitus* (Foto: Fernando Ayerbe) 3) *Buteo platypterus* (Foto: Nicolás Diago) 4) *Dryocopus lineatus* (Foto: Nicolás Diago) 5) *Pheucticus ludovicianus* (Foto: Fernando Ayerbe) 6) *Tangara cyanicollis* (Foto: Nicolás Diago) 7) *Myiarchus apicalis* (Foto: Nicolás Diago) 8) *Habia cristata* (Foto: Nicolás Diago) 9) *Psarocolius decumanus* (Foto: Nicolás Diago) 10) *Merganetta armata* (Foto: Fernando Ayerbe).

1)



2)



3)



4)



5)



6)



7)



8)



9)



10)

