

# Diversidad y estructura de la avifauna del Valle de Lagunillas, Parque Nacional Natural El Cocuy, Colombia

Diversity and structure of the avifauna of the Lagunillas Valley, El Cocuy National Park, Colombia

Nubia Suárez-Sanabria<sup>1</sup> & Carlos Daniel Cadena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biología Evolutiva de Vertebrados, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

✉ nubiasuarezs@yahoo.com.co, ccadena@uniandes.edu.co

## Resumen

Existen pocos estudios sobre aves de alta montaña en Colombia. En este trabajo caracterizamos la avifauna de páramo y superpáramo en el sector del valle de Lagunillas del Parque Nacional Natural El Cocuy (Boyacá, Colombia). Registramos la abundancia relativa, densidad, distribución altitudinal y la organización en grupos tróficos de las especies. Hicimos observaciones y censos auditivos en 22 transectos de 1 km, cubriendo un área aproximada de 36 km<sup>2</sup> entre las elevaciones de 3750 y 4075 m. Registramos 45 especies de aves de 15 familias y 14 grupos tróficos. Las familias mejor representadas están asociadas con los recursos más abundantes en este ecosistema: el néctar, las semillas y los insectos. Cuatro especies no habían sido reportadas en el ecosistema de páramo, con lo que se amplían sus distribuciones altitudinales. También observamos dos especies en peligro a nivel nacional, *Cistothorus apolinari* y *Vultur gryphus*.

**Palabras clave:** aves de alta montaña, composición de la comunidad de aves, distribución altitudinal, grupos tróficos, páramo, superpáramo.

## Abstract

There are few studies of high-mountain birds in Colombia. In this study we characterize the avifauna in the páramo and superpáramo in the Lagunillas Valley sector of El Cocuy National Natural Park (Boyacá, Colombia). We obtained data on the relative abundance, density, elevational distribution, and organization in trophic guilds of species during observations and auditory censuses in 22 1-km-long transects, covering an approximate area of 36 km<sup>2</sup> from 3750 to 4075 m elevation. We recorded 45 species of birds distributed in 15 families and 14 trophic guilds. The best-represented families were associated with the most abundant resources in this ecosystem: nectar, seeds and insects. We recorded four species not previously reported in the páramo ecosystem, thereby extending their elevational distributions. We also observed species threatened in Colombia, including *Cistothorus apolinari* and *Vultur gryphus*.

**Key words:** high mountain birds, community bird composition, altitudinal distribution, trophic guilds páramo, superpáramo.

## Introducción

Los Andes tropicales son un centro de alto endemismo y diversidad de especies a nivel global; el 17% de todas las especies de aves en el mundo se han registrado en esta región, que representa sólo el 1.3% de la superficie terrestre (Andrade *et al.* 1993). La cordillera de los Andes comprende una amplia variedad de hábitats gracias a su elevación y heterogeneidad topográfica, lo que ha llevado a una gran

diversificación ecológica y de especies (Terbogh 1971). El páramo es un ecosistema de alta montaña que se encuentra por encima de los 3000 o 3500 m (Rangel-Ch 2000). Es un sistema fragmentado debido a su posición en las montañas y a que ha sido afectado por ciclos climáticos, por lo cual presenta altos niveles de endemismo a nivel de géneros y especies (Sklenár & Ramsay 2001). Sin embargo, la diversidad de estos ecosistemas tiende a ser baja, pues pocas especies pueden soportar las condiciones

adversas del páramo (Cuesta & Bert 2008).

El conocimiento sobre la distribución altitudinal de las especies de alta montaña, así como de la composición de las comunidades de aves en estos ambientes aún es escaso en la cordillera de los Andes, debido a la ubicación de los páramos y a la dificultad en el acceso a estos hábitats. La ausencia de esta información básica sobre las aves de alta montaña es problemática, pues no permite predecir la respuesta de éstas a cambios esperados en el clima e impide hacer estrategias de conservación efectivas y entender sus adaptaciones fisiológicas a extremos ambientales (Gibbons *et al.* 2011).

La cordillera Oriental de Colombia contiene la mayor extensión y la mayor diversidad de páramos del país. Esta cordillera es húmeda en su vertiente oriental y más seca en su vertiente occidental, lo que tiene una fuerte influencia en la fauna y flora presente en cada vertiente (Jaramillo *et al.* 2002). La Sierra Nevada del Cocuy alcanza las mayores elevaciones de la cordillera Oriental. Su vertiente occidental desciende al altiplano Cundiboyacense y al cañón del Chicamocha, por lo cual tiene influencia de corrientes cálidas de aire; por su parte, la vertiente oriental tiene la influencia húmeda de la Orinoquía (Morales *et al.* 2007).

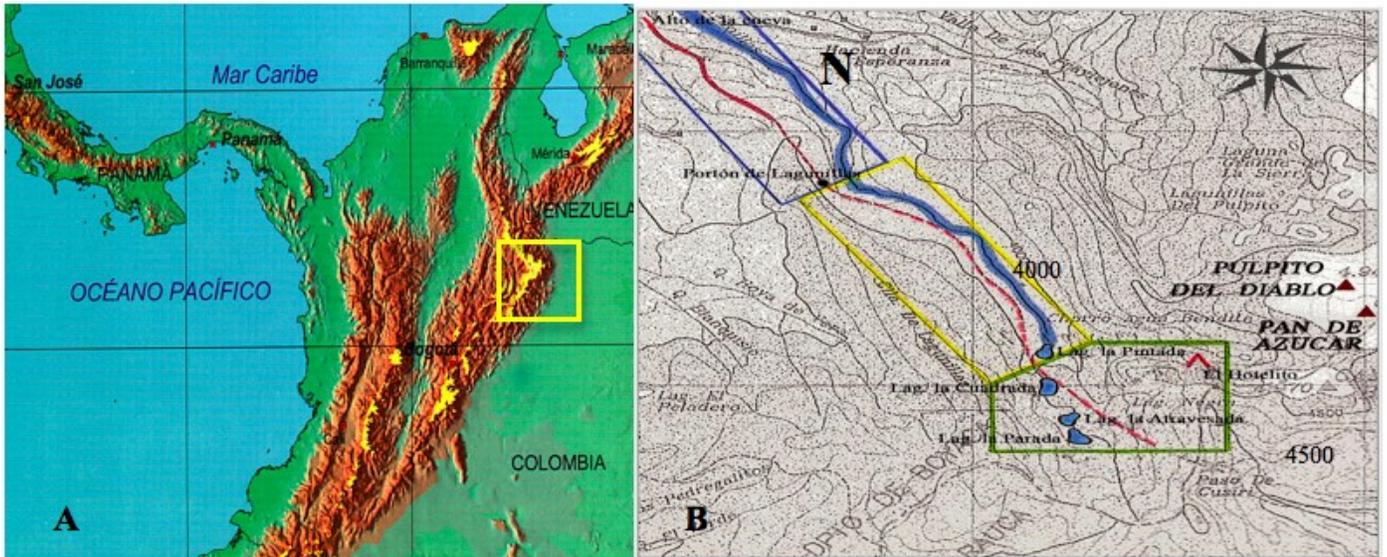
En el Parque Nacional Natural (PNN) El Cocuy se han completado tres inventarios de avifauna. Meyer de Schauensee (1948-1951) reportó para el valle de Lagunillas 16 especies de aves con base en la colección hecha por M. A. Carriker. Vuilleumier (1970), en un estudio sobre la riqueza y distribución de la avifauna en altas cumbres de los Andes del norte, documentó 23 especies de aves con base en la literatura (con seis registros nuevos) aunque no visitó El Cocuy. Luego, Olivares (1973) documentó 42 especies de las cuales 24 fueron registradas por primera vez en la

región mediante la colección hecha por Hernando Romero en 1971-1972, la cual se enfocó en ambientes cercanos a los 3200 m. De acuerdo a los inventarios existentes, la avifauna de la región incluiría 46 especies, pero debido a que ésta no se ha estudiado en los últimos 40 años no se tiene un registro de las posibles consecuencias por cambios en el uso de la tierra o por fenómenos como el cambio climático. Ya que se espera que las zonas altas sean especialmente vulnerables al calentamiento global, es necesario evaluar la diversidad, la organización, la distribución altitudinal y la dinámica de la avifauna de alta montaña en el área (Sekercioglu *et al.* 2008).

En este trabajo evaluamos la riqueza y la composición de la avifauna en páramo y superpáramo, incluyendo caracterizaciones de la densidad, la organización en grupos tróficos y la distribución altitudinal en el sector del valle de Lagunillas de El Cocuy. Además de contribuir a entender la ecología de estas comunidades poco estudiadas, esta información es crucial para proponer planes de manejo y conservación para los hábitats y las especies que los habitan y servirán como base para monitoreos futuros.

## Materiales y métodos

*Área de estudio.* - El PNN El Cocuy está localizado entre los departamentos de Boyacá, Casanare y Arauca (Fig. 1 A). Tiene una extensión de 306.000 ha entre los 600 m (en la vertiente oriental) y 5330 m de elevación (en el Ritacuba Blanco, el pico glaciar más alto), y comprende los ecosistemas de selva basal, bosque andino, bosque altoandino, páramo, superpáramo y nieves perpetuas (Morales *et al.* 2007). El valle de Lagunillas (6°24'N, 75°21'W) está ubicado en el extremo sur de la vertiente occidental del PNN El Cocuy y comprende los pisos térmicos de bosque altoandino, páramo, superpáramo y nieves perpetuas, con elevaciones desde los 3700 hasta



**Figura 1.** (A). Ubicación de la Sierra Nevada del Cocuy al norte de la cordillera Oriental en Colombia (Proyecto Atlas Mundial de Páramos 2002). (B). Mapa del valle de Lagunillas (escala 1:250000; IGAC 2009) . La región azul corresponde a la primera zona de muestreo, la amarilla a la segunda y la verde a la tercera. (C). Primera zona de muestreo. En la parte inferior se observa un cultivo. (D). Segunda zona de muestreo. Páramo y la Laguna La Cuadrada. (E). Tercera zona de muestreo. Cambio en el paisaje a 4075 m de elevación en el sector de “El Hotelito”.

los 5120 m (pico Pan de Azúcar).

La precipitación anual en el valle es de 1500-2000 mm (IDEAM 2009), con picos de lluvia de abril a junio y de septiembre a noviembre. La vegetación del valle es propia del ecosistema de páramo (principalmente Asteraceae, Bromeliaceae,

Crassulaceae, Ericaceae, Fabaceae, Hypericaceae, Iridaceae, Poaceae, Rosaceae, Lomariopsidaceae y Lycopodiaceae), con presencia de bosques de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) entre 3750 y 3900 m en los que se encuentran algunas familias de plantas como Apiaceae, Scrophulariaceae, Lamiaceae y Orobanchaceae.

*Censos de aves.* - Para los muestreos dividimos la región del valle de Lagunillas en tres zonas (Fig. 1 B). La primera comprende desde el alto de La Cueva hasta el Portón de Lagunillas (cabaña de Parques Nacionales Naturales). Por características del terreno y accesibilidad, esta zona presenta las mejores condiciones para el muestreo (Fig. 1C). En esta zona comienza el páramo y cubrimos las elevaciones de 3750 a 3990 m. La segunda zona es la delimitada desde El Portón de Lagunillas hasta la laguna La Pintada en dirección oriental, donde trabajamos en elevaciones de 3790 a 4075 m (Fig. 1D). Finalmente, la tercera zona va desde la laguna La Pintada hacia el oriente hasta la laguna La Parada, limitando hacia el norte con el sector "El Hotelito" y hacia el sur con las cuchillas de Lagunillas, abarcando elevaciones de 3900 a 4075 m. Esta zona es la de más difícil acceso debido a la irregularidad del terreno y a las fuertes pendientes (Fig. 1E). En la primera y tercera zona hicimos muestreos en siete transectos, mientras que en la segunda hicimos muestreos en ocho transectos, para un total de 22. Hicimos los muestreos por quince días cada mes en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2009 y por 10 días al mes en enero y febrero de 2010.

Con el fin de estimar la densidad de las especies de aves en el área de estudio, hicimos los muestreos en transectos lineales ya que en el páramo el espacio es abierto y relativamente uniforme (Bibby *et al.* 1992). El espacio entre transectos fue de mínimo 500 m y cada uno tuvo una longitud total de 1 km. Hicimos censos dos veces al día, en la mañana (7:00 – 10:00) y en la tarde (15:00 – 17:00), con un esfuerzo total de muestreo de 325 horas. Como complemento a las observaciones tuvimos en cuenta registros auditivos (obtenidos mediante grabaciones durante el recorrido de los transectos), de manera que todos los individuos registrados fueron contados e identificados. Para la identificación

visual utilizamos la Guía de Aves de Colombia (Hilty & Brown 1986) y para los registros auditivos, bases de datos como [www.xeno-canto.org](http://www.xeno-canto.org) (2005-2011) y la Guía Sonora de las Aves de los Andes Colombianos (Álvarez *et al.* 2007), siguiendo la taxonomía sugerida por Remsen *et al.* (2013).

Para determinar qué tan representativo fue nuestro muestreo, usamos el programa EstimateS 7.5.1 (Colwell 2009) para construir una curva de acumulación de especies y comparar la riqueza con el estimador basado en abundancia *Chao 1*. La representatividad del muestreo y la riqueza de especies se analizaron gráficamente comparando la curva de especies observadas con la curva obtenida a partir del estimador, al igual que con los *singletons* (especies con un solo individuo durante el muestreo). Cada muestra corresponde a cada transecto censado.

Con el fin de caracterizar la distribución altitudinal de las especies, usamos la información de transectos ubicados a diferentes elevaciones, categorizados en tres intervalos (sin tener en cuenta las tres zonas en las que delimitamos el área de estudio): de 3750 a 3850 m (cuatro transectos), 3850 a 3990 m (12 transectos) y 3990 a 4075 m (seis transectos). La división de los intervalos no es uniforme debido a la heterogeneidad en la topografía existente entre transectos, a pesar de que todos tenían la misma longitud. La primera categoría altitudinal es la que presenta la mayor presión antrópica debido a que se pueden encontrar cultivos y ganado (équidos y bovinos) de campesinos de la región, mientras que las demás cuentan con trochas muy frecuentadas por turistas y caballos.

Para el análisis de las densidades poblacionales excluimos las especies carroñeras y cazadoras como *Vultur gryphus*, *Coragyps atratus* y

*Geranoaetus melanoleucus*, debido a que la escala utilizada en este trabajo es inadecuada para calcular las densidades de este tipo de especies. Calculamos las densidades poblacionales para 41 especies de aves en cada una de las franjas altitudinales evaluadas, promediando los avistamientos entre los transectos que componían cada franja altitudinal en cada una de las réplicas temporales. Luego dividimos estos valores por un área de 0.02 km<sup>2</sup>, que corresponde al ancho efectivo de detección por transecto (una distancia de 10 m a cada lado de éste). Para obtener un estimativo de la abundancia relativa de las aves presentes en el lugar tuvimos en cuenta el número de individuos por especie dividido por el número total de individuos de todas las especies.

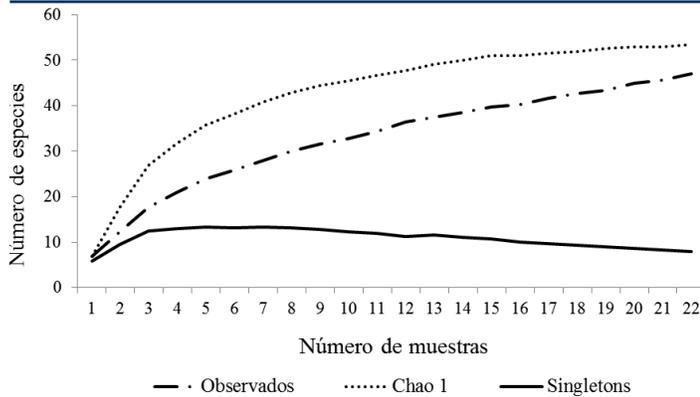
Para estudiar la organización de la avifauna con respecto a los grupos tróficos, clasificamos a las aves observadas de acuerdo a los grupos de dieta a los que pertenecen (teniendo en cuenta el recurso que consumen y el lugar y técnica de explotarlo; Stiles & Rosselli 1998): 1) carroñero aéreo (CAR), 2) cazador (acecho o persecución) de vertebrados grandes (CAV), 3) consumidor de néctar de flores (NEC), 4) insectívoro del follaje y ramas de niveles medios del bosque (IFR), 5) insectívoro aéreo (IA), 6) insectívoro del suelo y del follaje de sotobosque bajo (IS), 7) insectívoro, consumidor de invertebrados y vertebrados pequeños acuáticos o del borde del agua (quebrada, charco, laguna, etc) (IINAC) 8) recogedor de semillas y frutos del suelo (RSFS), 9) consumidor de invertebrados del suelo y asociados a la vegetación (INV) y 10) frugívoro (FRG). En el caso de las especies que se asignaron a un grupo que incluía la explotación del sotobosque se tuvieron en cuenta las especies observadas forrajeando en los bosques de *Polylepis*. Las especies se asignaron a una o varias de estas categorías dependiendo de su actividad al momento de ser registradas y con ayuda de información bibliográfica.

## Resultados

Registramos un total de 45 especies de aves, distribuidas en 15 familias. Las familias más representativas fueron Trochilidae (nueve especies), Thraupidae (siete especies), Tyrannidae (cinco especies) y Furnariidae (cuatro especies). Para las familias Falconidae, Grallariidae, Rhinocryptidae, Turdidae y Parulidae sólo registramos una especie. Las familias con mayor abundancia relativa (Tabla 1) fueron Trochilidae (23%), Thraupidae (16.2%) e Hirundinidae (11.3%); las familias restantes tuvieron una abundancia relativa menor al 7% (la más baja fue de 0.52%, Rhinocryptidae). Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Oxypogon guerinii* (9.2%), *Orochelidon murina* (8.6%), *Phrygilus unicolor* (8.1%), *Sporagra spinescens* (7.3%), *Turdus fuscater* (7.1%), *Colibri coruscans* (5.2%) y *Troglodytes aedon* (5.2%); las especies restantes tuvieron abundancias relativas inferiores a 4%.

La curva de acumulación de especies (Fig. 2) sugiere que el inventario de la región muestreada aún no está completo. Según el estimador de riqueza *Chao 1*, el número de especies esperadas está por encima de 51, mientras que la curva de las especies observadas aún no se encuentra estable en 45 especies. Por otro lado, los *singletons* tienen la tendencia a disminuir a medida que aumenta el número de muestras, pero aún se encuentran en siete especies al completarse los 22 transectos, lo que indica que se debe aumentar el esfuerzo de muestreo. Sin embargo, la curva de especies estimadas parece estar alcanzando una asíntota, de manera que en este estudio habríamos registrado el 92% de las especies esperadas de acuerdo a este análisis.

En el curso de nuestro trabajo, registramos especies de montaña que no habían sido reportadas a elevaciones de páramo según Hilty & Brown (1986). La primera es *Anisognathus*



**Figura 2.** Riqueza de especies estimada para el valle de Lagunillas de acuerdo al programa EstimateS (Colwell 2009). El número de muestras corresponde a cada transecto censado (n=22).

*igniventris*, reportada previamente hasta los 3400 m, pero encontrada a 4040 m tanto en el páramo como en fragmentos de *Polylepis*. *Dubusia taeniata* y *Myioborus ornatus* se conocían previamente sólo hasta los 3600 m y 3400 m, respectivamente; en este estudio fueron observadas en remanentes de *Polylepis* a 3845 m. *Astragalinus psaltria* había sido reportada hasta 3100 m y en el valle de Lagunillas se encontró ampliamente distribuida hasta los 4010 m. También registramos un individuo recién muerto de *Coccyzus americanus*, un ave migratoria reportada sólo hasta los 2600 m, pero encontrada durante este estudio a los 5000 m en el glaciar del pico Pan de Azúcar. Además, tuvimos dos registros que podrían corresponder a las especies *Macroagelaius subalaris* y *Muscisaxicola maculirostris*. Sin embargo, al carecer de evidencia y debido a que el hábitat de estas especies no corresponde al ecosistema de páramo nos abstuvimos de incluirlos en el listado general de especies para el valle de Lagunillas y los consideramos como registros hipotéticos. El ave que presumimos correspondía a *M. subalaris* fue observada en un parche de *Polylepis quadrijuga* a 3845 m, mientras que los registros de esta especie se han hecho en bosques andinos y subandinos con dosel cerrado, en bosques secundarios en buen estado, en bosques de roble y en bosques mixtos, a elevaciones entre los 1950 y 3100 m, con

algunas observaciones a mayores elevaciones asociadas al límite altitudinal superior del roble (*Quercus humboldtii*; Córdoba-Córdoba *et al.* 2014). Los individuos que presumimos que pertenecen a la especie *M. maculirostris* se registraron desde los 3850 hasta los 4000 m. Por otro lado, registramos especies clasificadas en peligro (EN) como *Vultur gryphus* (Rodríguez-Mahecha & Hernando-Orozco 2002) y *Cistothorus apolinari* (Caycedo & Renjifo 2002).

Las densidades poblacionales (individuos/km<sup>2</sup>; Tabla 1) de algunas especies variaron de un intervalo de elevación a otro (entre la segunda y la tercera franja, de 3850 a 4075 m), como es el caso de *Sporagra spinescens* (28 vs 2), *Catamenia homochroa* (3 vs 27) o *Phrygilus unicolor* (26 vs 12). En otras especies, como *Lepthasthenura andicola*, las densidades fueron similares a lo largo del gradiente de elevación. Por otro lado, encontramos especies con altas densidades poblacionales en uno o más intervalos de elevación como *Colibri coruscans*, *Oxypogon guerinii*, *Orochelidon murina*, *Turdus fuscater*, *Sporagra spinescens*, *Catamenia homochroa* y *Myioborus ornatus* (este último tuvo una densidad de 18 ind/km<sup>2</sup>, siendo una de las más altas a pesar de que solamente se encontró en la primera franja de elevación). Algunas especies con las menores densidades fueron *Lafresnaya lafresnayi*, *Lesbia victoriae*, *Scytalopus griseicollis* y *Asthenes wyatti*.

Encontramos variación en los patrones de distribución de las especies entre diferentes intervalos de elevación (teniendo solamente en cuenta la presencia o la ausencia de la especie en cada intervalo; Fig. 3). Por ejemplo, observamos especies que fueron exclusivas de mayores elevaciones, como *Catamenia homochroa* (a partir de los 3905 m) y las especies del género *Cistothorus* (a partir de los 3995 m). A diferencia de *T. fuscater*, que ocupó todo el gradiente de elevación, las demás especies en general tuvieron

**Tabla 1.** Valores de abundancia relativa (expresados en porcentaje) para las especies y las familias de aves observadas y densidades poblacionales en las tres franjas de elevación evaluadas. Las unidades se expresan como número de individuos/km<sup>2</sup>.

Especie	Abundancia Relativa (%)	3750 a 3850	3850 a 3990	3990 a 4075
<b>Anatidae</b>	<b>3.39</b>			
<i>Anas andium</i>	2.61	0	7.29	6.25
<i>Anas discors</i>	0.78	0	0	14.17
<b>Trochilidae</b>	<b>23.03</b>			
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	3.66	3.13	11.46	4.17
<i>Colibri coruscans</i>	5.24	3.13	9.38	20.83
<i>Chalcostigma heteropogon</i>	0.79	0	1.04	4.17
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	0.52	3.13	1.04	0
<i>Lesbia victoriae</i>	0.52	0	1.04	2.08
<i>Metallura tyrianthina</i>	2.35	0	7.29	4.17
<i>Oxyopogon guerinii</i>	9.16	0	19.79	33.33
<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	0.26	0	0	5
<i>Pterophanes cyanopterus</i>	0.52	3.13	0	2.08
<b>Grallariidae</b>	<b>4.19</b>			
<i>Grallaria quitensis</i>	4.19	0	8.33	16.67
<b>Rhinocryptidae</b>	<b>0.52</b>			
<i>Scytalopus griseicollis</i>	0.52	3.13	0	2.08
<b>Furnariidae</b>	<b>7.85</b>			
<i>Asthenes flammulata</i>	2.61	9.38	3.13	8.33
<i>Asthenes wyatti</i>	0.79	0	2.08	2.08
<i>Cinclodes albidiventris</i>	3.14	0	7.29	10.42
<i>Lepthasthenura andicola</i>	1.31	3.13	3.13	2.08
<b>Tyrannidae</b>	<b>5.49</b>			
<i>Muscisaxicola alpinus</i>	0.79	0	0	6.25
<i>Ochthoeca fumicolor</i>	0.79	0	1.04	4.17
<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>	1.56	9.38	3.13	0
<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	0.52	6.25	0	0
<i>Mecocerculus leucophrys</i>	1.83	0	6.25	2.08
<b>Hirundinidae</b>	<b>11.26</b>			
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0.26	0	0	2.08
<i>Orochelidon murina</i>	8.64	6.25	28.13	8.33
<i>Hirundo rustica</i>	2.36	0	9.38	0
<b>Troglodytidae</b>	<b>6.81</b>			
<i>Cistothorus apolinari</i>	0.79	0	0	6.25
<i>Cistothorus platensis</i>	0.79	0	0	6.25
<i>Troglodytes aedon</i>	5.23	0	9.38	12.50
<b>Turdidae</b>	<b>7.07</b>			
<i>Turdus fuscater</i>	7.07	21.88	17.71	6.25

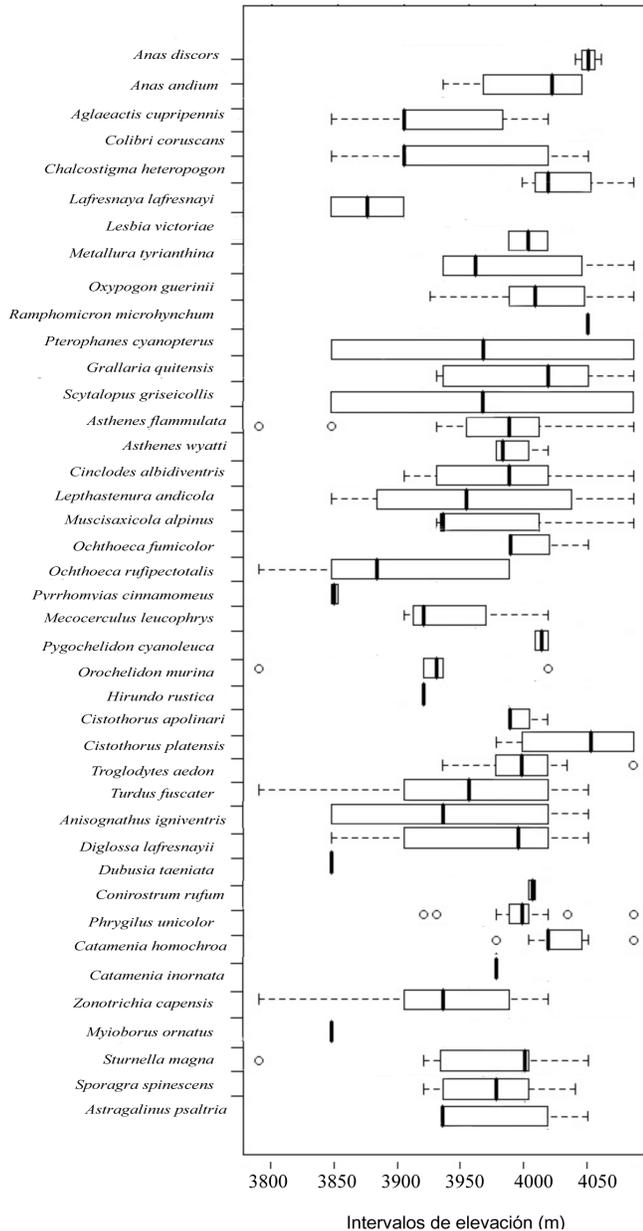
Especie	Abundancia Relativa (%)	3750 a 3850	3850 a 3990	3990 a 4075
<b>Thraupidae</b>	<b>16.23</b>			
<i>Anisognathus igniventris</i>	1.05	6.25	1.04	2.08
<i>Diglossa lafresnayii</i>	2.09	3.13	3.13	8.33
<i>Dubusia taeniata</i>	0.26	3.13	0	0
<i>Conirostrum rufum</i>	0.26	0	3.13	0
<i>Phrygilus unicolor</i>	8.12	0	26.04	12.50
<i>Catamenia homochroa</i>	4.19	0	3.13	27.08
<i>Catamenia inornata</i>	0.26	0	0	3.13
<b>Emberizidae</b>	<b>0.79</b>			
<i>Zonotrichia capensis</i>	0.79	0	2.08	2.08
<b>Parulidae</b>	<b>1.57</b>			
<i>Myioborus ornatus</i>	1.57	18.75	0	0
<b>Icteridae</b>	<b>2.09</b>			
<i>Sturnella magna</i>	2.09	3.13	7.29	0
<b>Fringillidae</b>	<b>9.4</b>			
<i>Sporagra spinescens</i>	7.31	0	28.13	2.08
<i>Astragalinus psaltria</i>	2.09	0	5.21	6.25

una distribución más restringida y algunas como *Anas discors* o *Conirostrum rufum* se registraron de manera exclusiva en una franja de elevación muy limitada. Por otro lado, encontramos a 14 especies en la máxima elevación estudiada (4075 m) y sólo cuatro especies se registraron por debajo de los 3850 m, al ser exclusivas de los bosques de *Polylepis*. La mayoría de las especies se encontró en un intervalo de 3900 a 4000 m (Fig. 3).

Encontramos que la riqueza de especies en la zona estudiada es mayor a elevaciones intermedias y menor en los extremos. El intervalo de elevación con mayor riqueza de aves fue de 3850 a 3990 m con 33 especies registradas y corresponde a una zona de páramo con influencia de lagunas y de parches de bosques de *P. quadrijuga*. La segunda zona en riqueza es la de 3750 a los 3850 m con 26 especies de aves y a pesar de contar con partes afectadas por cultivos, cuenta con la especie *P. quadrijuga*. Para las elevaciones por encima de los 3990 m, esperábamos encontrar considerablemente menos especies, pero debido a que la franja de superpáramo en el valle de Lagunillas esta por

encima de los 4000 m, registramos 22 especies a pesar la alta elevación.

En cuanto a los grupos tróficos (Fig. 4; Anexo 1), el grupo de las especies consumidoras de néctar (NEC) fue el que presentó mayor riqueza de especies, seguido por las recogedoras de semillas y frutos del suelo (RSFS). Las especies poco representadas fueron las cazadoras (CAV), insectívoras de follaje y ramas (IFR) y consumidoras de invertebrados y vertebrados pequeños acuáticos (IINAC). Al analizar las densidades para las especies que componen cada uno de los grupos, encontramos que se mantiene el mismo patrón que con las riquezas, siendo más representativos los grupos conformados por las especies nectarívoras y las recogedoras de semillas y frutos del suelo. Conformamos nuevos grupos a partir de las categorías iniciales, generados para especies de aves con dietas mixtas, a partir de registros y de información bibliográfica. De éstos, el grupo de insectívoros, consumidores de invertebrados y frugívoros (IS, INV, FRG) cuenta con el menor número de especies en comparación con otros grupos, pero tuvo una densidad poblacional mayor a la



**Figura 3.** Especies de aves observadas y sus correspondientes intervalos de elevación (3700 a 4075 m). La línea gruesa en cada caja representa la mediana del conjunto de datos para cada especie, los rectángulos indican los cuartiles del 25% y 75% y las líneas punteadas representan el límite inferior y superior en el conjunto de datos. Los círculos indican datos atípicos.

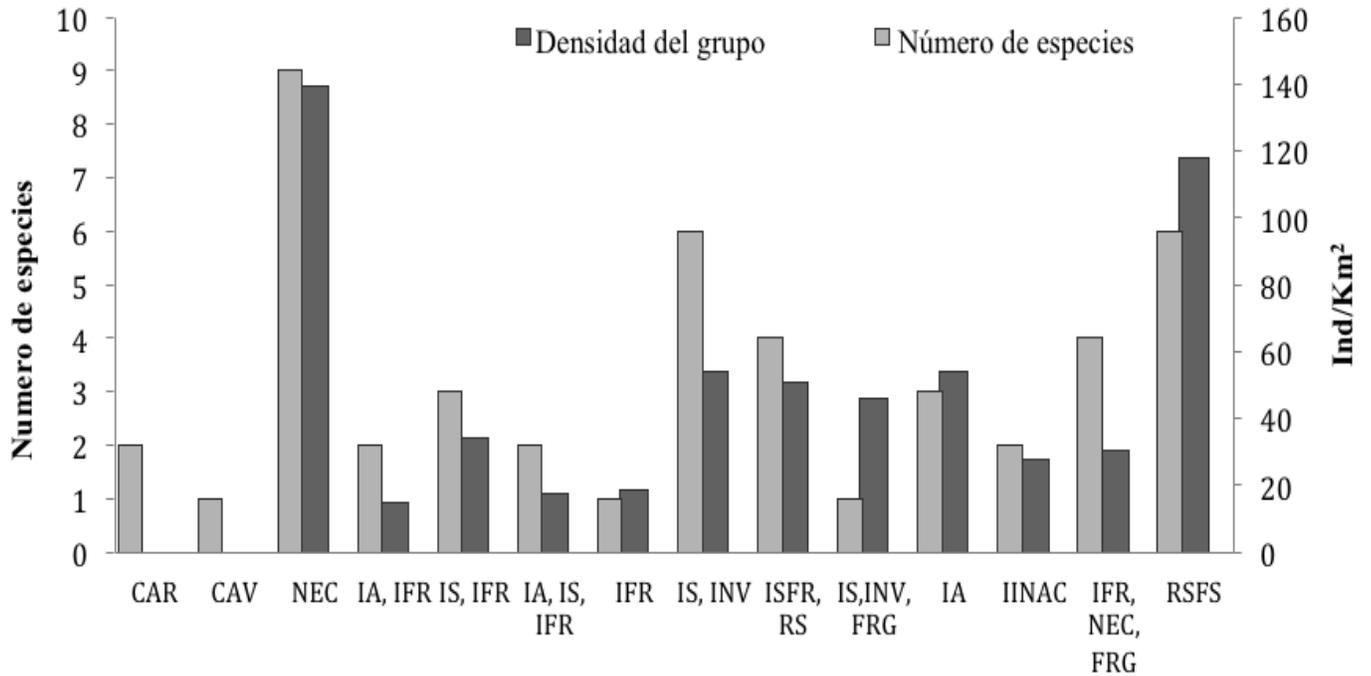
esperada al estar representado por sólo una especie (*Turdus fuscater*: 45 in/km<sup>2</sup>). El grupo que mostró las menores densidades fue el compuesto por insectívoros aéreos e insectívoros de follaje y ramas (IA, IFR), a pesar de estar compuesto por dos especies (*Pyrrhomyias cinnamomeus* y *Mecocerculus leucophrys*).

## Discusión

Las especies de aves encontradas en este estudio complementan los listados reportados por Meyer de Schauensee (1948-1951), Vuilleumier (1970) y Olivares (1973), con 14 nuevos registros de aves para el PNN El Cocuy (Anexo 1) y 31 especies en común con los inventarios anteriores. Con las 15 especies de aves de los estudios previos que no observamos durante esta investigación y los nuevos registros, ha sido registradas un total de 60 especies en el valle de Lagunillas en un intervalo de elevación de 3200 a 4075 m.

En la curva de acumulación, el número de especies observado aún no ha alcanzado la asíntota y el índice *Chao 1* se encuentra por encima de la curva de especies observadas, lo que sugiere que el inventario aún no está completo a pesar de que el número de *singletons* está disminuyendo. De acuerdo al índice utilizado estimamos que se puedan encontrar más de 50 especies de aves en la zona. Es importante anotar que algunas de las especies de los inventarios anteriores que nosotros no registramos se encontraron a menores elevaciones que las evaluadas en esta investigación (Anexo 1).

La ampliación en la distribución altitudinal para las especies reportadas en esta investigación puede estar reflejando la falta de estudios en la zona, ya que hace más de 40 años no se ha investigado la estructura y la composición de esta avifauna. Además, los estudios previos no reportaron con exactitud las elevaciones de los registros de aves. Por otro lado, es posible que las ampliaciones en distribución hacia elevaciones superiores sean consecuencia del cambio climático (Sekercioglu *et al.* 2008). Evidencia del efecto de este fenómeno en El Cocuy es la pérdida del área de los glaciares: en 1850 el área del glaciar en la Sierra era de 148.7 km<sup>2</sup>, en 1956 era de 40 km<sup>2</sup> y en 2012 era sólo de 18 km<sup>2</sup>. La pérdida anual de hielo en la



**Figura 4.** Número de especies y densidad total del grupo para cada uno de los 14 grupos tróficos reportados. Las categorías corresponden a: 1) carroñero aéreo (CAR), 2) cazador de vertebrados grandes (CAV), 3) consumidor de néctar de flores (NEC), 4) insectívoro del follaje y ramas de niveles medios del bosque (IFR), 5) insectívoro aéreo (IA), 6) insectívoro del suelo y del follaje de sotobosque bajo (IS), 7) insectívoro, consumidor de invertebrados y vertebrados pequeños acuáticos o del borde del agua (IINAC) 8) recogedor de semillas y frutos del suelo (RSFS), 9) consumidor de invertebrados del suelo y asociados a la vegetación (INV) y 10) frugívoro (FRG).

década de 1980 fue de 10 a 15 m lineales por año, mientras que para 1990 el deshielo alcanzó entre 15 y 20 m por año, hasta llegar a los 26 m en 2006 (IDEAM 2012). Para validar la hipótesis de que la distribución de las aves de El Cocuy ha variado como consecuencia de cambio climático, sería necesario tener un registro de las elevaciones en las que han sido reportadas las especies en diferentes momentos (*e.g.*, Mortiz *et al.* 2008, Freeman & Class Freeman 2014). Nosotros no contamos con información previa, pero nuestros datos sí podrían representar una base de comparación para estudios futuros.

Encontramos que no todas las especies se encuentran distribuidas uniformemente a través del gradiente de elevación en el páramo, sino que están restringidas a ciertas áreas (*e.g.*, algunas son exclusivas de altas elevaciones o de remanentes de *Polylepis*). Por ejemplo, por encima de los 3950 m se encuentran con mayor frecuencia lagunas y macollas grandes de *Chusquea tessellata*, que son

vitales para especies como *C. apolinari*. Además, a mayores elevaciones, disminuye el efecto antrópico sobre el ecosistema. De hecho, las menores densidades poblacionales las encontramos en la primera franja evaluada (3750 a 3850 m), zona que además ya no se encuentra conectada al bosque altoandino en el valle de Lagunillas. Sin embargo, por la presencia de remanentes de *Polylepis* esta franja presentó mayor riqueza de especies en comparación a la franja de 3990 a 4075 m y obtuvimos registros de especies que no son comunes en el ecosistema de páramo como *Myioborus ornatus* y *Dubusia taeniata*. Es fundamental resaltar la importancia de los bosques de *Polylepis* dentro del ecosistema de páramo en el PNN El Cocuy, pues permiten la presencia de especies que normalmente no se encuentran a estas elevaciones, contribuyendo a aumentar la riqueza en especies de alta montaña.

Los grupos tróficos que dominaron la avifauna en el valle de Lagunillas fueron los nectarívoros,

insectívoros y recogedores de semillas, probablemente debido a la abundancia de plantas que generan los recursos que consumen estas aves, principalmente pertenecientes a familias como Bromeliaceae (néctar), Iridaceae (néctar), Asteraceae (néctar y semillas), Ericaceae (néctar y semillas), Fabaceae (semillas), Poaceae (semillas) y Rosaceae (semillas). También hay una mayor oferta de insectos en el suelo y en especies vegetales como frailejones y senecios o en vegetación rica en flores (Rodríguez 2003).

La avifauna de alta montaña ha sido estudiada en otras áreas de la cordillera Oriental, como la Reserva Carpanta, donde se han registrado 28 especies, de las cuales 17 son compartidas con el valle de Lagunillas en el PNN El Cocuy (Andrade *et al.* 1993). Sin embargo, el inventario en el ecosistema de páramo en Carpanta está incompleto debido a su extensión limitada en la reserva. En Chingaza, la mayoría de la vegetación es típica de páramo y se han registrado 79 especies de aves, de las cuales 22 no han sido observadas en Carpanta (Andrade *et al.* 1993). Es posible que las 11 especies diferentes entre Carpanta y el valle de Lagunillas, así como algunas de las 79 especies registradas en Chingaza, se encuentren en la Sierra Nevada del Cocuy. Es necesario hacer muestreos en otros sectores del parque, especialmente en bosques de *Polylepis quadrijuga*, los cuales cuentan con un área aproximada de 1100 ha en la Sierra Nevada del Cocuy y continúan inexplorados (Valderrama & Verhelst 2009).

## Agradecimientos

Le agradecemos a la familia Suárez-Sanabria por su apoyo y financiación, a Juan Carlos Sandoval por su ayuda en campo y a Oscar Laverde por su ayuda con la identificación de cantos y revisión del manuscrito. F. Gary Stiles, Lauren Raz y Diego Giraldo hicieron valiosos comentarios al

manuscrito. Finalmente, damos las gracias a la unidad de Parques, principalmente a Fabio Muñoz, director del PNN El Cocuy, y a todas las personas de El Cocuy y Güican que nos brindaron su compañía.

## Literatura citada

- ÁLVAREZ, M., V. CARO, O. LAVERDE & A. M. CUERVO. 2007. Guía sonora de las aves de los Andes Colombianos. Instituto Humboldt Colombia & Cornell Lab of Ornithology. Compilación de siete CDs.
- AMAYA-ESPINEL, J. D. & L. M. RENJIFO. 2002. *Macroagelaius subalaris* en: L. M. RENJIFO, A. M. FRANCO-MAYA, J. D. AMAYA-ESPINEL, G. KATTAN, & B. LÓPEZ-LANÚS, (eds.). Libro rojo de las aves de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá.
- ANDRADE, G. I., (ed.). 1993. Carpanta: Selva Nublada y Páramo. Fundación Natura, Bogotá.
- ANÓNIMO. 2002. Proyecto atlas mundial de páramos: basado en información de ESRI, WWF. Proyecto Páramo Ecuador. Universidad de Mérida y The Mountain Institute.
- ANÓNIMO. 2009. Referencias Cartográficas del valle de Lagunillas, PNN Cocuy. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá.
- ANÓNIMO. IDEAM. 2009. Información Climatológica de Colombia. en: <http://www.ideam.gov.co/>.
- ANÓNIMO. IDEAM. 2012. Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo. Bogotá, 344 pp.
- BIBBY, C. J., N. D. BURGESS & D. A. HILL. 1992. Bird census techniques. Academic Press, New York.
- CAYCEDO, P. & L. M. RENJIFO. 2002. *Cistothorus apolinari*. Págs. 379-382 en: L. M. RENJIFO, A. M. FRANCO-MAYA, J. D. AMAYA-ESPINEL, G. KATTAN, & B. LÓPEZ-LANÚS, (eds.). Libro rojo de las aves de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá.
- COLWELL, R. K. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. en: User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateSPages/EstSUsersGuide/EstimateSUsersGuide.htm>.
- CÓRDOBA-CÓRDOBA, S., O. CORTÉS-HERRERA & A. HERNÁNDEZ-JARAMILLO. 2014. *Macroagelaius subalaris*, en RENJIFO, L. M., M. F. GÓMEZ, J. VELÁSQUEZ-TIBATÁ., A. M. AMAYA-VILLARREAL, G. H. KATTAN, J. D. AMAYA-ESPINEL & J. BURBANO-GIRÓN. 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.
- CUESTA, F. & D. B. BERT. 2008. Temperate grasslands of South America. en: CONDESAN, (eds.). The World Temperate Grasslands Conservation Initiative Workshop Hohhot, China - June 28 & 29, 2008.
- FREEMAN, B. G. & A. M. CLASS-FREEMAN. 2014. Rapid upslope shifts in New Guinean birds illustrate strong distributional responses of tropical montane species to global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 111: 4490-4494.
- GIBBONS, R. E., P. M. BENHAM & J. M. MALEY. 2011. Notes on birds of the high Andes of Peru. *Ornitología Colombiana* 11: 76-86.
- HILTY, S. L. & W. L. BROWN. 1986. *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- JARAMILLO, C. A., C. CASTAÑO-URIBE, F. ARJONA-HINCAPIÉ, J. V. RODRÍGUEZ & C. L. DURÁN (eds). 2002. Congreso Mundial de Páramos. Memorias, Tomo II.
- MORTIZ, C., J. L. PATTON., C. J. CONROY., J. L. PARRA., G. C. WHITE & S. R. BEISSINGER. 2008. Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science* 322: 261-264.
- MORALES, M., T. VAN DER HAMMEN, A. TORRES, C. CADENA, C. PEDRAZA, N. RODRÍGUEZ, C. FRANCO, J.C. BETANCOURTH, E. OLAYA, E. POSADA & L. CADENAS. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 208 pp.
- OLIVARES, A. 1973. Aves de la Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 14: 39-48.
- RANGEL-CH., O. J. (ed.). 2000. Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C.
- REMSEN, J. V., C. D. CADENA, A. JARAMILLO, M. NORES, J. F. PACHECHO, J. PÉREZ-EMÁN, M. B. ROBBINS, F. G. STILES, D. F. STOTZ & K. J. ZIMMER. Version [6 de Marzo, 2013]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- RODRÍGUEZ-MAHECHA, J. V. & R. HERNANDEZ-OROZCO. 2002. *Vultur gryphus*. Págs. 77-80 en: RENJIFO, L. M., A. M. FRANCO-MAYA., J. D. AMAYA-ESPINEL., G. KATTAN, & B. LÓPEZ-LANÚS, (eds.). Libro rojo de las aves de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente, Bogotá.
- RODRÍGUEZ, Q. 2003. Estudio de la comunidad aviaria en la reserva natural Semillas de Agua, Páramo de los Valles, Cajamarca, Tolima. Universidad del Tolima, Ibagué.
- SEKERCIOGLU, C. H., S. H. SCHNEIDER., J. P. FAY & S. R. LOARIE. 2008. Climate change, elevational range shifts and bird extinctions. *Conservation Biology* 22: 140-150.
- MEYER DE SCHAUENSEE, R. 1948-1951. The birds of the republic of Colombia: their distribution and keys to their identification. *Caldasia* 5: 251-1214.
- SKLENÁR, P. & P. M. RAMSAY. 2001. Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions* 7:113-124.
- STILES, F. G. & L. ROSSELLI. 1998. Inventario de las aves de un bosque altoandino: Comparación de dos métodos. *Caldasia* 20:29-43.
- TERBORGH, J. 1971. Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Perú. *Ecology* 52:23-40.
- VALDERRAMA, S. V. & J. C. VERHELST. 2009. Avifauna asociada a los bosques de *Polylepis* en Colombia. *Conservación Colombiana* 10:45-66.
- VUILLEUMIER, F. 1970. Insular biogeography in continental regions. I. The northern Andes of South America. *Amer. Nat.* 104: 373-388.
- XENO-CANTO FOUNDATION. (2005-2011). Xeno-Canto, sharing birds' songs from around the world. Recuperado de la página web: <http://www.xeno-canto.org/>

*Recibido:* 22 de Octubre de 2013. *Aceptado:* 02 de Julio de 2014.

**Anexo 1.** Listado de las 60 especies registradas en el valle de Lagunillas según los inventarios previos (Meyer de Schauense 1948-1951, Vuilleumier 1970 y Olivares 1973) y los resultados de esta investigación. Con asterisco (\*) se denotan las especies que no se registraron durante este estudio, pero que fueron reportadas para la zona por los autores anteriores; con NR se resaltan las especies que son nuevos registros para la zona a partir de este trabajo. Los intervalos de elevación correspondientes a 3200 m son registros de Olivares (1973).

Familia	Especie	Intervalo de Elevación (m)	Grupo Trófico
Anatidae	<i>Anas andium</i>	3830-4075	IINAC
	<i>Anas discors</i>	3200-4075	IINAC
	<i>Merganetta armata*</i>	4000	IINAC
Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	-	CAR
	<i>Coragyps atratus (NR)</i>	-	CAR
Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus (NR)</i>	-	CAV
Rallidae	<i>Porphyrio martinicus*</i>	3200	IINAC
Scolopacidae	<i>Gallinago nobilis*</i>	3200	IS, INV
Columbidae	<i>Patagioenas fasciata*</i>	3200	IS, INV
Strigidae	<i>Glaucidium jardiinii*</i>	3200	CAV
Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	3200-4010	NEC
	<i>Lafresnaya lafrenayi (NR)</i>	3780-3930	NEC
	<i>Ramphomicron microrhynchum (NR)</i>	3985-4040	NEC
	<i>Pterophanes cyanopterus (NR)</i>	3780-4075	NEC
	<i>Colibri coruscans</i>	3200-4075	NEC
	<i>Metallura tyrianthina</i>	3200-4075	NEC
	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	3200-4010	NEC
	<i>Chalcostigma heteropogon</i>	3200-4075	NEC
	<i>Oxyopogon guerinii</i>	3830-4075	NEC
Picidae	<i>Colaptes rivolii*</i>	3200	IS, INV
Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	3200-4075	IS, INV
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus griseicollis (NR)</i>	3780-4075	IS, INV
Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	3200-4075	ISFR, FRG
	<i>Leptasthenura andicola</i>	3200-4075	ISFR, FRG
	<i>Asthenes flammulata</i>	3200-4075	ISFR, FRG
	<i>Asthenes wyatti (NR)</i>	3905-4010	ISFR, FRG
	<i>Asthenes fuliginosa*</i>	3200	ISFR, FRG
Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	3200-4040	IA, IFR
	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus (NR)</i>	3780-3845	IA, IFR
	<i>Muscisaxicola alpinus</i>	4000-4075	IS, INV
	<i>Myiotheretes striaticollis*</i>	3200	IA, IFR
	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	3200-4040	IA, ISFR
	<i>Ochthoeca rufipectoralis (NR)</i>	3750-3995	IA, ISFR
Cotingidae	<i>Ampelion rubrocristatus*</i>	3200	IA, FRG
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	3830-3930	IA
	<i>Orochelidon murina</i>	3200-4010	IA
	<i>Pygochelidon cyanoleuca (NR)</i>	3995-4010	IA
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	3200-4075	IS, IFR
	<i>Cistothorus platensis (NR)</i>	3995-4075	IS, IFR
	<i>Cistothorus apolinari</i>	3200-4040	IS, IFR

Familia	Especie	Intervalo de Elevación (m)	Grupo Trófico
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	3200-4040	IINV, FRG
Thraupidae	<i>Anisognathus igniventris</i>	3200-4010	IFR, NEC, FRG
	<i>Dubusia taeniata</i>	3200-3845	IFR, NEC, FRG
	<i>Conirostrum rufum</i>	3200-4040	IFR, NEC, FRG
	<i>Diglossa carbonaria humeralis</i>	3200-4000	IFR, NEC, FRG
	<i>Diglossa lafresnayii</i>	3780-4040	IFR, NEC, FRG
	<i>Hemispingus supercilialis*</i>	3200	IFR
	<i>Phrygilus unicolor</i>	3830-4075	RSFS
	<i>Catamenia analis*</i>	3200	RSFS
	<i>Catamenia inornata</i>	3200-4040	RSFS
	<i>Catamenia homochroa (NR)</i>	3905-4075	RSFS
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	3200-4010	RSFS
	<i>Atlapetes pallidinucha*</i>	3200	RSFS, FRG, IS
Cardinalidae	<i>Piranga rubra*</i>	3200	FRG, IS, INV
	<i>Pheucticus aureoventris*</i>	3200	FRG
Parulidae	<i>Leiothlypis peregrina*</i>	3200	IFR
	<i>Myioborus ornatus (NR)</i>	3750-3845	IFR
Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	3200-3995	IS, INV
Fringillidae	<i>Astragalinus psaltria (NR)</i>	3830-4010	RSFS
	<i>Sporagra spinescens</i>	3200-4075	RSFS